



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

**MONTAJE, DESARROLLO DE PROCESOS E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO PARA EL BENEFICIO HÚMEDO DE UNA FINCA CAFETALERA  
UBICADA EN ACATENANGO, CHIMALTENANGO**

**Sergio Alejandro Zepeda Solórzano**  
Asesorado por el Ing. Byron Estuardo Ixpatá Reyes

Guatemala, septiembre de 2011



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE, DESARROLLO DE PROCESOS E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO PARA EL BENEFICIO HÚMEDO DE UNA FINCA CAFETALERA  
UBICADA EN ACATENANGO, CHIMALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**SERGIO ALEJANDRO ZEPEDA SOLÓRZANO**

ASESORADO POR EL ING. BYRON ESTUARDO IXPATÁ REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2011



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Leonel Estuardo GodínezAlquijay
EXAMINADOR	Ing. Ismael Homero Jerez González
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
SECRETARIA	Inga. Marcia IvónneVéliz Vargas



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:**

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

**MONTAJE, DESARROLLO DE PROCESOS E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE  
MANTENIMIENTO PARA EL BENEFICIO HÚMEDO DE UNA FINCA CAFETALERA  
UBICADA EN ACATENANGO, CHIMALTENANGO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha febrero de 2010.

Sergio Alejandro Zepeda Solórzano



## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Dios**

Por haberme dado la vida y seguir vivo, por la libertad, la capacidad y las condiciones necesarias para obtener mi título profesional.

### **Mi núcleo familiar**

Papá, mamá, Álvaro: son el tesoro más grande que un ser humano puede tener, gracias por darme todo su apoyo y los ánimos, los amo. No hubiera podido hacer esto sin ustedes.

### **Mi familia**

Mi abuela Ady, abuelos, tíos, tías, primos, primas: ¡los amo a todos! Gracias por hacerme porras cuando lo necesitaba, por apoyarme cuando pudieron, por hacerme reír, por ser una parte tan importante de mi vida.

**Mis amigos**

A mis amigos de carrera, Mario Alarcón, Manuel Ríos, Karla Orozco, Ángel de León, Julio Velásquez, Juan Pablo López, Carlos Fagiani, Manolo Orantes, José Juan Santos. Mil gracias por ser un grupo tan solidario, nunca me faltó un hombro donde apoyarme. A mis amigos de la vida, mis hermanos de corazón, Ricardo Sánchez, Diego Coronado, Mercedes Escobar, Andrea Morales, Manuel Juárez, Juan José Estrada, Carlos Durán, Roberto Way, gracias por ser los mejores amigos.

**Más amigos**

A Mario Alarcón, Erica Méndez de Alarcón, Carlos Ríos, Marta Elvira Rivas de Ríos, Carlos Enrique Orozco y Rosa Lopez de Orozco.



1.3.2.	Localización .....	13
1.3.3.	Historia y procesos.....	14
1.4.	Introducción al mantenimiento.....	14
1.4.1.	Mantenimiento.....	15
1.4.1.1.	Preventivo .....	15
1.4.1.2.	Correctivo.....	16
1.4.1.3.	Predictivo .....	16
1.4.1.4.	Proactivo .....	16
1.4.2.	Funciones del mantenimiento .....	17
1.5.	Legislación nacional de referencia.....	18
1.5.1.	Legislación ambiental.....	18
1.5.1.1.	Aspectos importantes.....	19
1.5.2.	Legislación en materia de seguridad industrial .....	19
1.5.2.1.	Aspectos a considerar.....	23
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	25
2.1.	Situación actual.....	25
2.1.1.	Proceso de beneficiado actual .....	26
2.1.2.	La finca.....	27
2.1.2.1.	Disponibilidad de espacio e infraestructura....	28
2.2.	Información económica.....	28
2.2.1.	Nueva maquinaria y equipo.....	28
2.2.1.1.	Costos de maquinaria principal .....	29
2.2.1.2.	Infraestructura .....	29
2.2.2.	Otra información.....	30
2.3.	Información técnica.....	32
2.3.1.	Maquinaria y equipo.....	32
2.3.1.1.	Equipo auxiliar.....	32
2.3.2.	Infraestructura necesaria.....	33

2.3.3.	Proceso de beneficiado .....	34
3.	BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ .....	35
3.1.	Beneficiado de café.....	35
3.1.1.	Diseño .....	35
3.1.1.1.	Diseño del proceso.....	36
3.1.1.2.	Distribución de maquinaria y equipo.....	40
3.1.1.3.	Líneas auxiliares.....	42
3.2.	Maquinaria y Equipo .....	43
3.2.1.	Descripción de procesos .....	43
3.2.2.	Descripción de maquinaria utilizada .....	44
3.2.2.1.	Funciones .....	47
3.2.2.2.	Funcionamiento .....	48
3.3.	Aspectos económicos .....	48
3.3.1.	Flujos de Efectivo .....	49
3.3.1.1.	Costos de operación y mantenimiento.....	49
3.3.1.2.	Ingresos anuales .....	52
3.3.1.3.	Inversión inicial .....	53
3.3.1.4.	Diferencial de rendimiento .....	55
3.3.1.5.	Café de segundas .....	55
3.3.1.6.	Flete.....	56
3.3.2.	Evaluación económica.....	56
4.	IMPLEMENTACIÓN.....	63
4.1.	Montaje e instalación.....	63
4.1.1.	Aspectos importantes de obra civil .....	63
4.1.1.1.	Cimentaciones de maquinaria .....	64
4.1.1.2.	Patios de secado .....	67
4.1.1.3.	Movimientos de tierra .....	68



5.2.4.	Otras observaciones.....	110
5.3.	Seguridad en mantenimiento .....	111
5.3.1.	Consideraciones generales .....	111
5.4.	Tratamiento de aguas .....	112
5.4.1.	Sedimentación.....	112
5.4.2.	Tratamiento de PH.....	115
5.4.3.	Fosas de absorción .....	116
CONCLUSIONES.....		119
RECOMENDACIONES .....		123
BIBLIOGRAFÍA .....		125
APÉNDICES .....		129



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Cafeto en época de cosecha .....	2
2. Valle de Acatenango.....	5
3. Café en cereza .....	7
4. Café pergamino .....	8
5. Pulpero vertical .....	11
6. Bazuca o tornillo acoplado.....	11
7. Desmuciladora.....	12
8. Organigrama.....	13
9. Flujograma del proceso .....	37
10. Plano vista de planta de beneficio .....	41
11. Flujo de efectivo de opción de inversión .....	60
12. Flujo de efectivo de opción de no inversión .....	62
13. Cimentaciones de maquinaria .....	65
14. Esquema de ensamble de P.V. ....	71
15. Ajuste de canales y rueda mamilada .....	72
16. Bomba sumergible para efluentes .....	73
17. Tornillo acoplado interior.....	75
18. Tornillo acoplado exterior.....	75
19. Tornillo acoplado accionamiento .....	76
20. Instalaciones eléctricas.....	80
21. Patios de secado .....	83
22. Diagrama de flujo 1.....	85
23. Diagrama de flujo 2.....	86

24. Diagrama de flujo 3 .....	87
25. Diagrama de recorrido del proceso .....	88
26. Formato de orden de trabajo .....	92
27. Señalización de seguridad .....	109
28. Biodigestor de flujo continuo .....	114

## TABLAS

I. Costos de maquinaria principal .....	29
II. Costos fijos de operación de plantación .....	50
III. Costos variables de operación de plantación .....	50
IV. Costos fijos de operación de beneficio .....	51
V. Costos variables de operación de beneficio .....	51
VI. Costos de mantenimiento .....	52
VII. Inversión inicial .....	54
VIII. Costos de fletes .....	56
IX. Flujo de efectivo y V.P.N. de opción de inversión.....	59
X. Flujo de efectivo y V.P.N. de opción de no inversión.....	61
XI. Lista de cotejo antes de operación diaria .....	95
XII. Lista de cotejo después de operación diaria.....	96
XIII. Programación de mantenimiento periódico diario.....	99
XIV. Inventario de repuestos .....	102
XV. Costos de mano de obra .....	103
XVI. Costos previstos de mantenimiento diario .....	104
XVII. Costos previstos de mantenimiento periódico .....	104
XVIII. Costos estimados del mantenimiento pre y post cosecha .....	105
XIX. Costos por repuestos.....	106

## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Inspección
	Operación
$f$	Tasa de inflación
$i$	Tasa de interés
	Transporte



## GLOSARIO

<b>Beneficiado</b>	Proceso de transformación físico-química de los granos vegetales que tiene como finalidad llevar al grano a un estado óptimo para su almacenamiento.
<b>Pulpa</b>	Parte blanda y carnosa del fruto de café, se encuentra protegiendo al grano.
<b>Café cereza</b>	Forma física del café que se obtiene de cortar el fruto de la planta.
<b>Café pergamino</b>	Forma física de los granos de café resultante del proceso de beneficiado. Consiste en el grano con un contenido de humedad bajo y una membrana llamada pergamino protegiéndolo.
<b>OIT</b>	Organización Internacional del Trabajo.
<b>OSHA</b>	Administración de Seguridad e Higiene Ocupacional –siglas en inglés–.
<b>ISO</b>	Organización Internacional de Estandarización – siglas en inglés–.



## RESUMEN

El presente trabajo de graduación es una guía de implementación y herramienta informativa para un beneficio de café. El eje central del documento es el valor agregado. Está estructurado en cinco capítulos que están relacionados con las fases de desarrollo del proyecto de inversión.

En el primer capítulo, se brinda información general acerca del panorama mundial y local del café. Se esbozan, la historia de la finca y la situación actual en materia productiva y de mercado.

El segundo capítulo describe de manera detallada la situación actual tanto a nivel interno –finca– como a nivel externo –mercado–. En esta sección se recopila información económica actual relacionada con la inversión.

En el tercer capítulo, se aborda el diseño del proceso, se contempla la maquinaria y equipo que se va a utilizar y se realiza un análisis económico detallado. En el análisis económico se determina la factibilidad del proyecto de beneficiado de café, el monto de inversión inicial, los costos de operación y mantenimiento.

El cuarto capítulo trata de la implementación del beneficio. En este capítulo, se proporcionan los lineamientos para el montaje de maquinaria, instalación de otros elementos del beneficio como los patios de secado, tuberías y otras instalaciones mecánicas. También en este capítulo se crea el manual de procedimientos para la operación del beneficio, que busca mantener

la calidad en el proceso como un aspecto fundamental de agregar valor al producto.

El quinto capítulo es el capítulo donde se detallan las consideraciones que se deben tener mientras el beneficio está en operación. En este capítulo se encuentra el programa de mantenimiento de la maquinaria y otras instalaciones del beneficio. Consideraciones de seguridad e higiene industrial y medidas ambientales.

# OBJETIVOS

## General

Establecer lineamientos para el montaje, mantenimiento y elaboración de procedimientos de un beneficio húmedo de café por medio de herramientas de ingeniería con miras a la implementación exitosa y el buen funcionamiento del mismo.

## Específicos

1. Evaluar la situación actual de la empresa referente a aspectos productivos y económicos.
2. Determinar la distribución adecuada de la maquinaria, proceso, almacenamiento y otros equipos.
3. Proporcionar a la empresa la información técnica necesaria para la instalación y operación de la maquinaria necesaria para el beneficiado de café.
4. Realizar un análisis económico donde se compare la opción de inversión versus la situación actual y determinar las implicaciones económicas más relevantes para el proyecto.

5. Diseñar los diagramas de procesos necesarios para el beneficiado de café de manera que sea un proceso eficiente y eficaz.
6. Documentar el procedimiento de beneficiado de café para futuras consultas y la buena realización de estos procedimientos.
7. Elaborar un programa de mantenimiento para la maquinaria del beneficio.

## INTRODUCCIÓN

El café ha sido por décadas uno de los principales productos de exportación de Guatemala y en años recientes ha tomado una gran importancia en el mercado internacional por su alta calidad. El café de Guatemala es considerado actualmente uno de los mejores cafés del mundo y se estima que el 80% de la producción total es de alta calidad<sup>1</sup>. El año pasado un café guatemalteco alcanzó el precio record a nivel mundial.

La industria del café guatemalteco se encuentra en crecimiento debido a: la pujante demanda de café de calidad a nivel mundial, al prestigio que este ha adquirido con el tiempo y a su producción de calidad mundial.

La forma final de consumo de este producto, es el café en taza. Para llegar a esto, el grano pasa por un largo proceso de transformación físico-química. Generalmente el proceso de transformación del café se maneja por varios intermediarios tanto a nivel operativo como a nivel comercial. Es decir, la cadena de valor de este producto es manejada por varias entidades; organizadas de manera vertical en la cadena productiva, lo cual hace que el ingreso por el valor total del producto, en su forma final, se distribuya entre las mismas, tendiendo a perjudicar al productor primario y a beneficiar a los últimos intermediarios (comerciales) que son los que menos invierten en el proceso.

El proyecto que se presenta en este trabajo de graduación es de una empresa productora y distribuidora de café, que desea principalmente, ofrecer

---

<sup>1</sup>Prensa Libre, edición 25 de marzo de 2004

un producto de una mayor calidad y realizar el proceso de beneficiado de café dentro de sus propias instalaciones y sustituir el maquilado.

El beneficiado de café consiste en una transformación físico-químico primaria de los granos de café. Las materias primas son: café maduro de la cosecha, y agua. El producto final del beneficiado es el café pergamino. Es importante resaltar que todo proceso que sufre el café desde su corte hasta su preparación final en taza, es determinante para su calidad, pero muy especialmente, el beneficiado.

Con la realización de este documento, se pretende asistir a la empresa en el diseño, revisión y documentación del proceso de beneficiado de café aportando las herramientas de ingeniería para hacer del mismo un proceso que garantice la calidad.

En los aspectos de ingeniería mecánica, se establecerá un programa de mantenimiento preventivo para el beneficio. Esto con el fin de mantener a la maquinaria prestando un servicio rentable, maximizar su vida útil y permitir que no se pierda la calidad en el proceso por fallos o mal funcionamiento en la misma. También como otro aporte, se describirán aspectos importantes del funcionamiento de la maquinaria; principalmente para hacer una idea clara al lector de la operación de la misma, de una manera sintetizada. Se prevé que esta descripción apoye en la resolución de posibles problemas que presente la maquinaria para la toma de precauciones y decisiones correctas basadas en el conocimiento de la misma.

# 1. GENERALIDADES

## 1.1. El café

El café es, actualmente, el cuarto producto de exportación más importante del país, representa cerca del 9,88% del comercio exterior del país (en exportaciones del 2010)<sup>2</sup>. Históricamente está fuertemente arraigado al país desde la segunda mitad del siglo XIX.

Es una bebida obtenida por la infusión de las semillas de los frutos del cafeto (*Coffea*). La infusión se elabora a partir de la semilla tostada y molida. El café contiene una sustancia estimulante llamada cafeína. Para llegar a su forma final de consumo, el fruto debe pasar por un proceso de transformación físico químico que consiste, principalmente, en estos tres sub-procesos: beneficiado húmedo, tostado y molido.

El cultivo del cafeto se da de manera propicia en países tropicales. El mayor productor de café a nivel mundial es Brasil, responsable de la tercera parte de la producción mundial de café. Guatemala es un país caracterizado por producir café de calidad y su geografía diversa y montañosa le da la ventaja de poder producir varios tipos de café de especialidad.

---

<sup>2</sup> Banco de Guatemala, 2009. Sección de Comercio Exterior. Datos hasta noviembre de 2010

**Figura 1. Cafeto en época de cosecha**



Fuente: Acatenango, Chimaltenango.

### **1.1.1. Historia**

Actualmente, el origen del cafeto no se conoce con exactitud. Se cree que es originario de Etiopía, específicamente, de la región de Kala. Con el fruto del cafeto, algunas tribus africanas preparaban pastas estimulantes para animales y guerreros.

El café antes de ser difundido mundialmente, su especie “Arabica” era consumida en países del medio oriente e India. Se cree que los peregrinos musulmanes llevaron el café de Etiopía a Arabia y a India, de donde fue difundido para el resto del mundo.

El café se introdujo en Guatemala alrededor del año 1760 para uso como planta ornamental. Este hecho se le atribuye a los jesuitas. Las primeras

plantaciones formales de café fueron registradas a principios del siglo XXIX en el oriente del país.

En la primera mitad de ese siglo, se comienza a impulsar fuertemente el cultivo de café en el país por medio de políticas de incentivos de producción y exención de impuestos. Esto logró que varios finqueros comenzaran a producir café. En la segunda mitad de ese siglo, comenzaron a surgir las grandes fincas dedicadas exclusivamente al cultivo de café en los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Zacapa, Alta Verapaz y algunos en departamentos de la costa Sur. El café, en la segunda mitad de este siglo llegó a consolidarse como el primer renglón de la economía de la nación.

Es importante destacar que en la segunda mitad del siglo XIX, la llegada de alemanes, principalmente al área de las Verapaces, fue una influencia importante para el desarrollo de la industria cafetalera del país, debido a que, con su llegada, trajeron a Guatemala tecnología y métodos que en la actualidad se siguen utilizando. Fue hasta finales de la segunda guerra mundial, que los cafetaleros alemanes, asentados en la región de las Verapaces, dejaron de producir la mayoría del café de Guatemala debido a la declaración de guerra de Guatemala a Alemania.

A principios del siglo XX, la implementación del ferrocarril interoceánico, 1908, impulsó fuertemente el negocio del café. Se crean las asociaciones cafetaleras del oriente y occidente de la república, las cuales trabajan paralelamente con la Asociación Nacional de Agricultores. Esta alianza y el trabajo de varios años, dieron como fruto para 1960, la creación de la Asociación Nacional del Café (ANACAFE).

Guatemala, aparte de ser un país destacado en la producción de café también vio nacer varios inventos como: la secadora de café, (actualmente conocidas como Guardiolas) inventadas por José Guardiola e implementada por primera vez en una finca cafetalera en Colomba Costa Cuca; y el café soluble en 1909 por Federico Lenhoff, Guatemalteco. Además de los inventos, los pioneros del café en Guatemala han dejado un legado de conocimientos, experiencias y técnicas dignas de admirar, y que hoy hacen del café de Guatemala, uno de los mejores del mundo.

### **1.1.2. El café de Guatemala**

Guatemala es un país con una topografía montañosa. Aproximadamente dos terceras partes del país están formadas por montañas<sup>3</sup>. Tiene una altura sobre el nivel del mar máxima de 4 220m sobre el nivel del mar. Es un país ubicado cerca de la franja ecuatorial, con el suelo fértil como principal recurso y constante actividad volcánica. Todas estas condiciones favorecen al cultivo de café. No es coincidencia que el café de Guatemala sea considerado uno de los mejores cafés del mundo.

El país cuenta con 8 regiones de café de especialidad según la clasificación actual de ANACAFÉ. Estas regiones son: Acatenango, Alta Verapaz (Cobán), Huehuetenango, San Marcos, Fraijanes, Atitlán, Oriente y Antigua. El café de Guatemala se caracteriza por su crecimiento bajo la sombra que propicia la maduración lenta del grano y a su vez favorece las características de acidez y cuerpo.

---

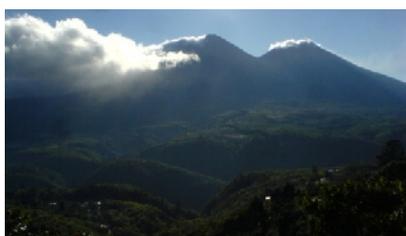
<sup>3</sup><http://es.wikipedia.org/wiki/Guatemala#Geograf.C3.ADa>

### **1.1.2.1. El café de Acatenango**

El Valle de Acatenango goza de prestigio como productor de café desde mediados del siglo XIX, principalmente por el microclima de la región, su altitud, y su localización (cerca de los volcanes de "Acatenango" y "Fuego"). Las fincas cafetaleras de la región son llevadas por antiguas tradiciones familiares. Durante 150 años, aproximadamente, el café de Acatenango se transportaba después de la cosecha a la cercana ciudad colonial de Antigua Guatemala para ser procesado y comercializado bajo la "etiqueta" de café de Antigua. Los productores de la región de Acatenango comenzaron a procesar su propio café en 1970. Y en el año 2006, la Asociación Nacional del Café (ANACAFE) reconoció a Acatenango como una de las ocho regiones productoras de café de especialidad.

El café de Acatenango, descrito por ANACAFE, es un café con una marcada acidez, cuerpo balanceado y un final limpio y prolongado. Es un café que crece bajo la sombra de los volcanes –el café que crece a la sombra tiene mejores características- Acatenango y Fuego, generalmente secado al sol y marcado por las constantes erupciones del volcán de Fuego que aportan minerales esenciales al suelo.

**Figura 2. Valle de Acatenango**



Fuente: Acatenango, Chimaltenango.

### **1.1.3. Café de alta calidad**

La calidad del café es una medida que se ha tratado de universalizar, pero es una variable que depende principalmente de los gustos del mercado consumidor. Sin embargo, existen variables que miden, en conjunto, la calidad del café. ANACAFE utiliza siete variables principales obtenidas por catación: acidez, cuerpo, balance, sabor, dejo (sabor de segunda etapa), aroma y calificación general.

Existen varios factores que influyen en la calidad del café. Estos factores pueden ser bióticos o abióticos. Entre estos factores resaltan: el clima, la altitud el suelo, material genético (germoplasma) y los sistemas de producción que se abordarán más adelante.

### **1.1.4. Mercado mundial**

En los últimos doce años, se ha dado un cambio significativo en el mercado mundial del café. La forma cómo se consume y se produce el café ha cambiado.

La demanda mundial está creciendo a mayor razón que la oferta; en los países productores se está consumiendo más café, especialmente en Brasil. Están creciendo las cafeterías “Coffee Shops” y el interés de la población mundial por los cafés de especialidad y el café Gourmet, a consecuencia de un aumento en el nivel de vida a nivel mundial; el café se está comercializando como una bebida social o “de ocasión” de manera similar al vino y la cerveza. El volumen de consumo en China creció cerca del 90% entre 1998 y el 2003, a 6,504.5 toneladas. La OIC y la industria estiman un consumo global de 117-119 millones de sacos de 60 Kg.

La oferta, por su lado, es incierta. Se espera una exportación de 91.7 millones de sacos de 60 kg para el año 2009-2010 y una producción total de 127,443 millones de sacos de 60 kg. Los inventarios en los países productores se reducirán respecto a años anteriores (debido a la diferencia entre los crecimientos de la demanda y la oferta). Los mayores exportadores de café son: Brasil, Colombia, Vietnam y Guatemala. Guatemala, por su lado esta creciendo en prestigio respecto a calidad junto con Etiopía y Colombia.

## **1.2. Beneficiado húmedo de café**

El primer proceso por el que pasa el grano de café para convertirse en producto final es el beneficiado húmedo de café.

### **1.2.1. Descripción del proceso de beneficiado**

El beneficiado de café es el proceso mediante el cual el café en su forma de cosecha (Café Cereza) es separado de su pulpa y llevado a su forma ideal de almacenamiento, Café Pergamino. Esta forma del grano de café también es cercana a la forma final de consumo (café en taza).

**Figura 3. Café en cereza**



Fuente: Acatenango, Chimaltenango.

En el beneficiado de café, el café pergamino es, en términos resumidos, un resultado de la separación de los granos -cotiledones- de café de su respectiva pulpa y mucílago, y del secado del mismo hasta una humedad óptima 12% de humedad en peso.

El proceso de beneficiado se abordará de manera detallada en capítulos posteriores pero una descripción breve del proceso es la siguiente: El café cereza –materia prima- pasa a un proceso de clasificación según densidad. Luego de esta separación, los granos de café se separan de su pulpa por medios mecánicos. Luego, a los granos se les remueve la membrana vegetal exterior llamada mucílago ya sea por medios mecánicos o por fermentación y dilución. El grano, ya libre de mucílago debe ser secado de manera lenta hasta llegar a su nivel de humedad deseado para almacenaje y distribución.

**Figura 4. Café pergamino**



Fuente: Acatenango, Chimaltenango.

### **1.2.2. Importancia**

La importancia del beneficiado radica en la conservación del café. El café pergamino conserva sus características hasta por 6 meses en almacenaje con condiciones de humedad relativa y temperatura controlada; 65% y 26°C, respectivamente.

En este caso, también es importante resaltar que, con este proceso, se avanza un gran trecho en la cadena de valor. El café pergamino vale más que el café maduro y es una forma del café más cercana a su forma final de consumo.

### **1.2.3. Maquinaria y equipos auxiliares**

Con el fin de dar al lector una breve introducción en la maquinaria que se utilizará en el beneficio, se realiza la siguiente descripción. Es importante hacer mención que la movilización del café en los beneficios, generalmente se realiza por medio de corrientes de agua que funcionan en circuito.

#### **1.2.3.1. Pulpero vertical**

El despulpado de café se realiza en los beneficios de café por medio de maquinas llamadas “pulperos” que retiran la pulpa de café por medios mecánicos. La mayoría de pulperos tienen un eje horizontal, el pulpero que se pretende utilizar en el beneficio es un pulpero con eje vertical como el que se muestra en la figura 5.

### **1.2.3.2. Bazuca acoplada**

La pulpa de café, luego que es separada de los granos de café, debe ser dispuesta aparte del proceso de manera inmediata para evitar la contaminación de los granos con los subproductos. La remoción de la pulpa se realizará por medio de un tornillo sinfín acoplado dentro de un conducto cilíndrico de hierro fundido –con diámetro ligeramente mayor al del tornillo– accionado por una faja y motor. La bazuca tiene como función liberar al pulpero de la pulpa saliente del proceso y disponerla en un patio de secado o en una compostera. Ver figura 6.

### **1.2.3.3. Desmuciladora**

La lavadora de café o desmuciladora es la máquina encargada de la remoción del mucílago del café. También es llamada “lavadora”. En esta máquina, la remoción del mucílago se realiza por medio de chorros de agua a presión (dirigida hacia abajo), agitación centrífuga y flujo ascendente del café. Está diseñada para remover el mucílago completamente por medios mecánicos, pero en este caso, se utiliza en combinación con el método de fermentación. Ver figura 7.

### **1.2.3.4. Bomba sumergible para agua de recirculación**

Consiste en una bomba centrífuga con motor trifásico de 1 HP, especial para manejo de efluentes, aguas cloacales y con partículas sólidas. Consiste en un motor completamente sellado. El motor esta acoplado a un rotor con álabes especialmente diseñados para el manejo de efluentes con sólidos.

**Figura 5. Pulpero vertical**



Fuente: Acatenango, Chimaltenango.

**Figura 6. Bazuca o tornillo acoplado**



Fuente: Acatenango, Chimaltenango.

**Figura 7. Desmuciladora**



Fuente: Acatenango, Chimaltenango.

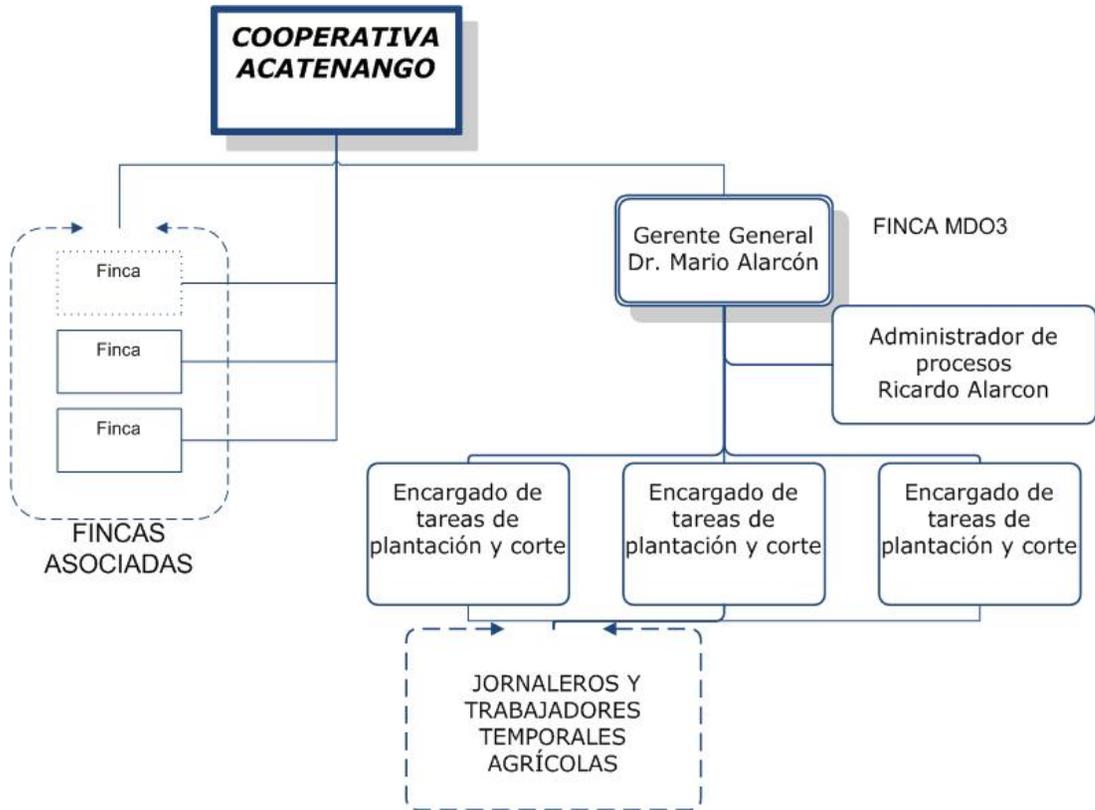
### **1.3. La finca**

El bien principal de la agroindustria del café es la tierra. La tierra define muchas de las variables clave en el negocio y la región es considerada un factor de peso en la decisión de compra.

#### **1.3.1. Organización**

La organizaciones típica de una finca de vocación agrícola, de tamaño relativamente pequeño. La vista gráfica de la organización puede apreciarse en el siguiente organigrama:

**Figura 8. Organigrama**



Fuente: elaboración propia.

### 1.3.2. Localización

La finca está ubicada en el municipio de Acatenango, Chimaltenango. Cuenta con una privilegiada posición geográfica para el cultivo de café: zona de suelo volcánico por encontrarse cercana a los volcanes “Acatenango” y “Fuego”, microclima óptimo, altitudes desde 1500 msnm hasta 1665 msnm. precipitación pluvial aproximada de 1700 mm anuales y a 91,5 km de la ciudad de Guatemala (73,5 de carretera y 18 de terracería balastrada).

### **1.3.3. Historia y procesos**

La finca, como productora de café inicia su operación a finales del siglo XIX, cuando se establece la familia Meléndez con una tradición cafetalera que aún persiste en los descendientes de la familia. El desarrollo de la misma ha ido de la mano con el desarrollo cafetalero de la región, mencionado a principios de este capítulo.

La finca cuenta con una privilegiada posición geográfica: cercana a los volcanes Acatenango y Fuego, lo cual representa suelo volcánico, microclima óptimo, cercanía relativa a la ciudad y altitud óptima.

Durante mucho tiempo, el café de la finca se vendió en su forma básica a beneficios de la Antigua Guatemala. Fue hasta la década de los setentas que el café se comenzó a procesar en una cooperativa de la región y a exportar por medio de una Federación Cafetalera a los Estados Unidos.

Actualmente, la finca sigue avanzando en la cadena de valor del café con proyectos como el presente.

### **1.4. Introducción al mantenimiento**

Con el objetivo de comprender uno de los ejes principales del presente documento, se presenta la introducción al mantenimiento y sus conceptos básicos.

### **1.4.1. Mantenimiento**

El mantenimiento se define como el conjunto de actividades necesarias para la conservación o reparación de una unidad –maquinaria– de forma que ésta pueda prestar el servicio para el que fue adquirida.

Una herramienta básica para el mantenimiento de equipo es el “Programa de Mantenimiento”. Este programa, debe detallar todas las actividades y recursos necesarios para realizar el mantenimiento de equipo y debe cumplir con tres objetivos, simultáneamente:

- Calidad económica del servicio de la maquinaria
- Duración adecuada del equipo
- Costos mínimos de mantenimiento

El mantenimiento, desde el punto de vista industrial, ha seguido una línea evolutiva donde se distinguen varios tipos de mantenimiento. Los tipos de mantenimiento más importantes para esta aplicación particular se describen a continuación.

#### **1.4.1.1. Preventivo**

El mantenimiento preventivo es una actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación, calibración, sustitución de piezas; que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a 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 es una parte fundamental del programa y puede estar basado en recomendaciones de fabricante (manual), historial de mantenimiento, legislación.

#### **1.4.1.2. Correctivo**

El mantenimiento correctivo consiste básicamente en la reparación y cambio de piezas y otros componentes de equipo que han sido previamente averiados. Es la forma más básica de mantenimiento que existe y no es recomendable a nivel industrial debido a que produce daños –muchas veces indetectables– al equipo, compromete la calidad y la cantidad de la producción.

#### **1.4.1.3. Predictivo**

La base de este tipo de mantenimiento es el uso de la tecnología para detectar el momento exacto de la falla de los componentes de equipo (diagnóstico de equipo), con el fin de optimizar el tiempo de uso. Esto se recomienda para componentes cuyo costo justifica este tipo de mantenimiento, que requiere de instrumentos de medición caros.

El mantenimiento predictivo funciona con la premisa que los equipos muestran síntomas medibles antes de su fallo. Los síntomas se detectan principalmente por medio de la tribología (estudio de lubricantes), la termografía, otras mediciones de temperatura y el análisis de vibraciones.

#### **1.4.1.4. Proactivo**

El mantenimiento proactivo es una filosofía de mantenimiento que conjuga el mantenimiento preventivo con el predictivo y agrega un elemento importante:

el estudio de las causas que provocan fallas en los componentes de la maquinaria.

Este concepto hacía referencia a que el objetivo del mantenimiento no es solo mantener los equipos sino mejorar la calidad mediante modificaciones de diseño que mejoren la fiabilidad y la mantenibilidad de los equipos.

Surge debido a que ninguno de los tipos de mantenimiento que existían antes, optimizaba los costos para el mantenimiento. El pilar de este tipo de mantenimiento es el estudio de variables importantes en el desempeño de las máquinas (tribología, vibraciones, temperatura) por medio de gráficos de control. Los gráficos de control tienen como fin evaluar si la maquinaria, al prestar el servicio, está sufriendo daños significativos (si las variables estudiadas devuelven valores fuera de los límites de control). Si es así, esta filosofía dicta detectar las causas de los daños y erradicarlas para optimizar la vida útil de los componentes.

#### **1.4.2. Funciones del mantenimiento**

El departamento de mantenimiento, a nivel industrial, cumple varias funciones. Entre las funciones del mantenimiento, se encuentran las funciones primarias (programa de mantenimiento de equipo, mantenimiento correctivo) y funciones secundarias (mantenimiento de servicios generales y otras instalaciones, limpieza, entre otros). Es importante tomar en cuenta, las funciones secundarias a la hora de realizar el programa de mantenimiento y asignarles el tiempo necesario.

## **1.5. Legislación nacional de referencia**

Considerando que todo proyecto debe tener una base legal, en esta sección se cita la legislación a la que es necesario recurrir constantemente para sustentar la toma de decisiones. A continuación se cita la legislación más relevante, a criterio del autor:

- Constitución Política de la República: Aspectos laborales (Artículos 101 al 106), derechos y obligaciones (Artículos 4, 5, 77 y 101), protección al medio ambiente (Artículo 97).
- Código de Trabajo: Aspectos laborales varios (artículos 1 al 17, 61 al 64, 138 al 146, 103 y 8), jornadas (Artículos 116 al 125), seguridad industrial y condiciones laborales (Artículos 197 al 205).

### **1.5.1. Legislación ambiental**

En el contexto internacional y nacional, la importancia que dan el consumidor y los gobiernos a la responsabilidad ambiental, esta creciendo de manera significativa. Para este caso, las leyes relevantes se citan a continuación.

- Decreto 236-2006: Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos.
- Reglamento de Evaluación, Control y Seguimiento Ambiental
- Política Nacional sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos
- A-15-10: Instructivo de Procedimientos para las Evaluaciones de Impacto Ambiental.

#### **1.5.1.1. Aspectos importantes**

Para el caso de beneficios de café, son muy importantes los aspectos de descargas y reúso de aguas residuales, que se pueden consultar a detalle en el decreto 236-2006 donde se especifican los niveles de descarga permitidos en materia de calidad de agua. Es necesario resaltar que los productores nacionales de café han sido fuertemente criticados por la comunidad ambiental internacional debido a las descargas descontroladas de aguas mieles a ríos. Es necesario amarrar la producción de café de calidad con la responsabilidad social y ambiental también por ética empresarial y por influencias en las decisiones de los compradores.

Otros aspectos a considerar son: la disposición de residuos sólidos, ruido y vibraciones manejo forestal, etc.

#### **1.5.2. Legislación en materia de seguridad industrial**

Debido a la necesidad de todo proyecto industrial de proteger la salud de sus colaboradores y estar en conformidad con la ley, se realiza una pequeña reseña de legislación Guatemalteca en esta materia.

En Guatemala, la legislación en materia de seguridad e higiene industrial se encuentra regida por la Constitución Política de la República y en el Código de Trabajo. Por disposición del artículo 204 del código de trabajo, por medio del ministerio de trabajo, en el año 1957, se crea el Reglamento General Sobre Higiene Y Seguridad. A continuación se realiza un extracto de los artículos significativos de la constitución y el código de trabajo.

- Constitución Política:

“Artículo 102.- Derechos sociales mínimos de la legislación del trabajo. Son derechos sociales mínimos que fundamentan la legislación del trabajo y la actividad de los tribunales y autoridades: ...

k) Protección a la mujer trabajadora y regulación de las condiciones en que debe prestar sus servicios.

No deben establecerse diferencias entre casadas y solteras en materia de trabajo. La ley regulará la protección a la maternidad de la mujer trabajadora, a quien no se le debe exigir ningún trabajo que requiera esfuerzo que ponga en peligro su gravidez. La madre trabajadora gozará de un descanso forzoso retribuido con el ciento por ciento de su salario, durante los treinta días que precedan al parto y los cuarenta y cinco días siguientes. En la época de la lactancia tendrá derecho a dos períodos de descanso extraordinarios, dentro de la jornada. Los descansos pre y postnatal serán ampliados según sus condiciones físicas, por prescripción médica; ...

t) El Estado participará en convenios y tratados internacionales o regionales que se refieran a asuntos de trabajo y que concedan a los trabajadores mejores protecciones o condiciones.

En tales casos, lo establecido en dichos convenios y tratados se considerará como parte de los derechos mínimos de que gozan los trabajadores de la República de Guatemala.”

- Código de Trabajo:

“Artículo 197. Todo patrono está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida, la salud y la moralidad de los trabajadores.

Para este efecto debe proceder, dentro del plazo que determine la Inspección General de Trabajo y de acuerdo con el reglamento de este capítulo, a introducir por su cuenta todas las medidas de higiene y de seguridad en los lugares de trabajo que sirvan para dar cumplimiento a la obligación anterior.

Artículo 198. Todo patrono está obligado a acatar y hacer cumplir la medidas que indique el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social con el fin de prevenir los accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales.

Artículo 200. Se prohíbe a los patronos de empresas industriales o comerciales permitir que sus trabajadores duerman o coman en los propios lugares donde se ejecuta el trabajo. Para una u otra cosa aquéllos deben habilitar locales especiales.

Artículo 201. Son labores, instalaciones o industrias insalubres las que por su propia naturaleza puedan originar condiciones capaces de amenazar o de dañar la salud de sus trabajadores, o debido a los materiales empleados, elaborados o desprendidos, o a los residuos sólidos, líquidos o gaseosos.

Son labores, instalaciones o industrias peligrosas las que dañen o puedan dañar de modo inmediato y grave la vida de los trabajadores, sea por su propia naturaleza o por los materiales empleados, elaborados o desprendidos, o a los residuos sólidos, líquidos o gaseosos; o por el almacenamiento de sustancias

tóxicas, corrosivas, inflamables o explosivas, en cualquier forma que este se haga.

El reglamento debe determinar cuáles trabajos son insalubres, cuáles son peligrosos, las sustancias cuya elaboración se prohíbe, se restringe o se somete a ciertos requisitos y, en general, todas las normas a que deben sujetarse estas actividades.

Artículo 202. El peso de los sacos que contengan cualquier clase de productos o mercaderías destinados a ser transportados o cargados por una sola persona se determinará en el reglamento respectivo tomando en cuenta factores tales como la edad, sexo y condiciones físicas del trabajador.

Artículo 203. Todos los trabajadores que se ocupen en el manipuleo, fabricación o expendio de productos alimenticios para el consumo público, deben proveerse cada mes de un certificado médico que acredite que no padecen de enfermedades infecto-contagiosas o capaces de inhabilitarlos para el desempeño de su oficio. A este certificado médico es aplicable lo dispuesto en el artículo 163.

Artículo 204. Todas las autoridades de trabajo y sanitarias deben colaborar a fin de obtener el adecuado cumplimiento de las disposiciones de este capítulo y de sus reglamentos.

Estos últimos deben ser dictados por el organismo ejecutivo, mediante acuerdos emitidos por conducto del Ministerio de Trabajo y Previsión Social, y en el caso del artículo 198, por el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

Artículo 205. Los trabajadores agrícolas tienen derecho a habitaciones que reúnan las condiciones higiénicas que fijen los reglamentos de salubridad.”

### **1.5.2.1. Aspectos a considerar**

El Código de Trabajo delega la responsabilidad de establecer lineamientos y disposiciones al Ministerio de Trabajo y al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. Guatemala, ha ratificado también convenios internacionales de trabajo por medio de la Organización Internacional del trabajo, OIT. En el reglamento publicado.

En el reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, se establecen las condiciones necesarias de edificios, superficies y ubicación, pisos y paredes, puertas y escaleras, trampas, aberturas, zanjas, ventilación, temperatura y humedad, iluminación y limpieza. El reglamento contempla lineamientos para actividades específicas y trabajos especiales –como el montaje y mantenimiento, instalaciones eléctricas, motores y transmisores– importantes para la implementación del beneficio.

Algunas empresas y entidades optan por implementar sistemas de gestión de seguridad industrial, los sistemas más utilizados en el medio industrial latinoamericano son OSHAS 18001 e ISO 18000.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL**

### **2.1. Situación actual**

La industria cafetalera nacional ha crecido y adquirido prestigio debido a un enfoque estratégico en calidad. El mercado internacional consume café Guatemalteco debido a su calidad y las inversiones en el mejoramiento de esta son altamente remuneradas. Un claro ejemplo de ello es el café de la finca El Injerto en Huehuetenango (precio record mundial de café oro en 2008).

Actualmente, en tiempos de apogeo económico del café, la empresa se encuentra en una oportunidad de inversión. Actualmente, la empresa es puramente agrícola. En términos comerciales, se vende como producto final, café maduro –recién extraído de la cosecha– a un intermediario productivo: una cooperativa de café. Luego que el café es procesado y llevado a la forma de café oro, se vende a un intermediario comercial quien revende el café a un distribuidor minorista en el extranjero.

En el proceso de beneficiado, el intermediario productivo no esta aprovechando la oportunidad de vender café de calidad en el mercado mundial debido a que el proceso de beneficiado no se realiza de manera que el café logre explotar sus características al máximo. En la cooperativa, se reciben y mezclan en los mismos lotes, cafés de otras fincas cuyos procesos, prácticas y calidad de café son desconocidos.

También se tiene conocimiento que el café se esta beneficiando de manera ineficiente, con rendimientos bajos respecto a otros beneficios; se abordará el tema de los rendimientos más adelante. Actualmente se gasta en

transporte, una cantidad de Q. 5/qqde café maduro de la cosecha hasta la cooperativa.

Con el fin de aprovechar la respuesta positiva que ha tenido el incremento en la calidad del café Guatemalteco, la empresa considera la posibilidad de absorber un eslabón de la cadena de intermediarios y crecer verticalmente, no solo para aumentar la calidad sino para absorber las ganancias del intermediario.

### **2.1.1. Proceso de beneficiado actual**

El proceso de beneficio que actualmente procesa el café, presenta serios problemas en cuanto a capacidad, calidad y rendimientos de café.

En cuanto a capacidad instalada, el beneficio no se está dando abasto. Esto genera complicaciones en el proceso, pero sobre todo, en el almacenamiento. El espacio designado para almacenar no está siendo manejado de manera apropiada y por falta del mismo, se almacenan productos no compatibles con el producto en proceso y final. El almacenaje de café debe realizarse de manera cuidadosa debido a que es un producto que absorbe fácilmente los aromas y su mezcla con otros productos genera un daño representativo al sabor del mismo. Esto es considerado por compradores del mercado internacional, un defecto de calidad de gran magnitud.

Los procesos que se manejan en el beneficio actual, no explotan todas las características de calidad del café.

En el proceso de despulpado, el grano está siendo dañado por las camisas de las máquinas despulpadoras; también en el proceso de despulpado,

se está dejando pasar una cantidad considerable de pulpa a las pilas de fermentado, esto indica un mal ajuste de las camisas y los pechos que se traduce a un proceso mal realizado.

El proceso de secado, se realiza por medios mecánicos. Los medios mecánicos de secado, son medios rápidos que los tradicionales, pero representan un gasto de energía y el mercado comprador prefiere el secado por medio de luz de sol en patios.

En cuanto a rendimiento, el beneficio se encuentra en valores que sobrepasan el promedio. Algunas de las causas de estos bajos rendimientos son: la mala calidad de algunas plantaciones que ingresan, malos procesos de beneficiado, malos cálculos en los pesajes, posibles fugas de café cereza, etc. Considerando que se trata de un beneficiado por medio de cooperativa, los bajos rendimientos afectan a todos los asociados.

### **2.1.2. La finca**

La finca se dedica en la actualidad a plantar, cosechar y vender café maduro. Tiene 0,78 km<sup>2</sup> de extensión y produce anualmente 3000 qq de café maduro al año. La finca tiene una altura máxima de 5500 pies sobre el nivel del mar y una mínima de 5000 pies sobre el nivel del mar. El casco de la finca cuenta con un área aproximada de 320 m<sup>2</sup>.

### **2.1.2.1. Disponibilidad de espacio e infraestructura**

La infraestructura con la que cuenta la finca en la actualidad consiste en el casco con 310m<sup>2</sup>de construcción, acceso por una carretera balastrada de 18 km, instalación eléctrica de 110 Vsuministrada por DEOCSA, con problemas de irregularidad y red de agua potable municipal.

## **2.2. Información económica**

Con el objetivo de tomar decisiones acertadas en términos monetarios y determinar con certeza la factibilidad y rentabilidad de la inversión, se realiza esta recopilación de la información económica actual.

### **2.2.1. Nueva maquinaria y equipo**

La maquinaria y equipo principal que servirá para la implementación de un beneficio del tamaño estimado –sin tomar en cuenta obra civil- consiste básicamente en:

- Generadora diesel
- Trabajos de herrería
- Pulpero
- Lavadora o desmuciladora
- Bazuca acoplada
- Bomba de agua
- Compuertas y accesorios auxiliares

### 2.2.1.1. Costos de maquinaria principal

Los costos de adquisición de la maquinaria equipo principal se desglosan en la siguiente tabla. En los anexos se encuentran algunas de las cotizaciones de la nueva maquinaria y más adelante se amplía esta información tanto de manera técnica como económica.

**Tabla I. Costos de maquinaria principal**

Orden	Maquinaria o Equipo	Costo de adquisición	Cantidad	Producto
1	Pulpero Vertical	Q. 3 271,00	1	Q. 3 271,00
2	Lavadora o Desmuciladora	Q. 4 536,00	1	Q. 4 536,00
3	Generadora Diesel	Q. 35 519,00	1	Q. 35 519,00
4	Motor 5HP	Q. 2 200,00	1	Q. 2 200,00
5	Motor 3HP	Q. 1 794,14	2	Q. 3 588,28
6	Bomba Sumergible	Q. 7 500,00	1	Q. 7 500,00
7	Bazuca acoplada	Q. 6 000,00	1	Q. 6 000,00
8	Equipo de hierro (trabajos de herrería)	Q. 1 200,00	1	Q. 1 200,00
9	Accesorios auxiliares de máquinas	Q. 2 150,00	1	Q. 2 150,00
10	Carreta para transporte de café	Q. 500,00	1	Q. 500,00
TOTAL				Q. 66 464,28

Fuente: elaboración propia.

### 2.2.1.2. Infraestructura

Actualmente, la finca cuenta con un casco con acceso directo a carretera balastrada. El casco tiene aproximadamente 320m<sup>2</sup> de construcción y cuenta

con suministro de agua potable municipal y de energía eléctrica de 110V monofásica por medio del proveedor DEOCSA.

El casco se encuentra ubicado en la aldea “El Socorro” y el acceso a carretera asfaltada se encuentra a 18 km por la carretera balastrada. El poblado más próximo después de la aldea es la cabecera municipal de “Acatenango”.

El área es reconocida por su vocación cafetalera. Es importante resaltar que varios productores con las mismas necesidades se encuentran en los alrededores de la finca, lo cual facilita el cubrimiento de necesidades de infraestructura.

Estos son los costos de los principales materiales de construcción en la actualidad –agosto 2010-

- Saco de 42,5kg de cemento UGC: Q. 59,50.
- Metro cúbico de arena para fundición: Q. 94,00.
- Metro cúbico de pedrín: Q. 200,00.
- Varilla de Hierro ¼” Q. 7,85 (6 m)

### **2.2.2. Otra información**

La finalidad de este inciso es brindar al lector un panorama económico del café y otra información valiosa correspondiente al momento de la evaluación económica.

Entre esta información, resalta como parte importante del panorama que el café de varias regiones de Guatemala y la región en la que se encuentra la finca en cuestión, es cotizado nacional e internacionalmente a un precio mayor

que el de la bolsa de Nueva York –que rige los precios del café a nivel latinoamericano- por ser considerado un café de alta calidad y de escasa oferta. Generalmente, el café oro de la región se suele pagar con un precio que comprende el precio de bolsa más un diferencial por calidad, que puede ser dado en porcentaje o en monto.

$$\text{Precio de compra} = \text{Precio de bolsa} + \text{diferencial de calidad}$$

O bien:

$$\text{Precio de compra} = \text{Precio de bolsa} \left( 1 + \frac{\text{diferencial de calidad}\%}{100} \right)$$

El precio del café de especialidad en los últimos años ha presentado un incremento considerable, debido, entre otros factores a lo mencionado en el capítulo anterior.

También la siguiente información económica es de vital importancia para futuras consultas:

El precio del café maduro en el mercado de la región de Acatenango actualmente es de Q 200,00/qq. El precio del café oro en la bolsa de Nueva York se encuentra fluctuando con tendencia al alza con un valor promedio de \$160,00. El precio de venta del café de la finca en cuestión se ha negociado según el mercado local. El tipo de cambio se encuentra alrededor de Q. 8,00 en las primeras semanas de Agosto del presente año. La tasa de interés líder a la última semana del mes de agosto es de 4,50%. La inflación acumulada a finales de agosto es de 3,61% y la variación interanual es de 4,12%.

## **2.3. Información técnica**

El estudio de la situación actual requiere también de un análisis de los aspectos técnicos de las implicaciones, beneficios y posibles retos de la inversión.

### **2.3.1. Maquinaria y equipo**

La maquinaria y equipo necesarios para la operación de beneficios se detalló en el inciso anterior. El detalle del inciso anterior –información económica- se realizó con miras a cotizar la maquinaria y equipo propios del beneficio a implementar; pero se puede afirmar que la maquinaria listada atrás corresponde a una lista generalizada de lo que utilizan la mayoría de beneficios con presupuesto similar. Actualmente, la cooperativa por medio de la cual se beneficia el café, cuenta con la siguiente maquinaria y equipo:

- Bomba de agua
- 4 Pulperos de flujo horizontal colocados en serie
- Bomba para lavado de café
- Secadoras de café (guardiolas) con capacidad de 50qq por lote
- Caldera a base de material orgánico (Para funcionamiento de guardiolas)
- Elevadores de café tipo banda con canjilones
- Bandas transportadoras móviles
- Silo de café con dispensador para ensacado

#### **2.3.1.1. Equipo auxiliar**

Como equipo auxiliar para beneficios de café, se considera toda la maquinaria y equipo que facilite el procesamiento de café pero que a su vez no

sea indispensable para el mismo. Entre el equipo auxiliar que se utiliza actualmente y que utilizan otros beneficios se encuentra:

- Secadoras de café (guardiolas)
- Bandas o tornillos transportadores de café
- Bombas de agua
- Aradoras mecánicas
- Carretas
- Silos de almacenamiento
- Trilladoras –para remover pergamino y obtener café oro-

### **2.3.2. Infraestructura necesaria**

Para la operación de beneficios se necesitan las siguientes condiciones de infraestructura:

- Espacio para construcción de obra civil de beneficio y patios de secado - 550m<sup>2</sup> aproximadamente para el presente caso-
- Terreno con desnivel para flujo de agua de transporte de café
- Bodega para almacenamiento de café pergamino con condiciones adecuadas –Bodega de producto terminado-
- Acceso de vehículos al beneficio por carretera transitable
- Suministro de energía trifásica de 220 V

Para el caso de la finca, se cuenta con 3 de 5 requerimientos necesarios. No se cuenta con desnivel en el terreno donde se pretende construir el beneficio ni se cuenta con suministro de energía trifásica. Para compensar el desnivel que utilizan los beneficios se tiene contemplado que se escarbe suficiente tierra para generar el desnivel deseado; los detalles de este movimiento de tierras se detallan en el capítulo 4. Para suplir la necesidad de

suministro de energía eléctrica, se tiene contemplada la adquisición de una generadora Diesel de 15 KW de potencia.

### **2.3.3. Proceso de beneficiado**

Los aspectos técnicos del beneficiado húmedo que resaltan en la actualidad giran en torno a dos ejes principales: el procesamiento del café sin generar daños significativos al medio ambiente y la calidad del procesamiento.

En materia de producción ecológicamente amigable, se debe contemplar, como parte del Estudio de Impacto Ambiental –EIA-, la mitigación de todos los impactos significativos generados por la operación del beneficio. Los impactos más dañinos que generan los beneficios de café al medio ambiente pueden ser los vertidos de aguas sin tratar y de pulpa a cuerpos de agua, ruido y vibraciones, alteración total de ecosistema natural –debido a siembras-, entre otros que se deben de considerar en el EIA.

En el presente trabajo de graduación se propone solución a los aspectos relacionados con los subproductos del beneficiado –pulpa y vertidos líquidos- en el capítulo 5.

En materia de calidad en el proceso de beneficiado, el control, la medición de las variables de calidad dentro del proceso y el mantenimiento adecuado del equipo e instalaciones se consideran como factores determinantes. En el manual de operaciones, se deben detallar los procedimientos correctos para garantizar la calidad. El secado en patios es un proceso que contribuye a la calidad del café debido a que aporta un componente artesanal que agrega valor al producto.

### **3. BENEFICIO HÚMEDO DE CAFÉ**

#### **3.1. Beneficiado de café**

El diseño de un beneficiado de café que se adapte al contexto de la finca, a la capacidad económica de inversión y que sea amigable con el medio ambiente es el tema del presente capítulo.

##### **3.1.1. Diseño**

Como todo diseño industrial, el diseño del presente beneficio responde a condiciones y necesidades específicas del contexto. Entre los factores que definirán el diseño se encuentran:

- Presupuesto de inversión –Q. 220 000,00-
- Terreno. –Relativamente plano, poco desnivel (5% promedio), área disponible para construcción, 700 m<sup>2</sup>
- Producción de la finca -3 000 qq de octubre a febrero-
- Ventajas y desventajas de la localidad –Estaciones climáticas marcadas
- Disponibilidad de servicios básicos –electricidad, agua, comunicación, accesibilidad-

El beneficio húmedo –sin contar los patios de secado- ocupará un área de 6m\*14 m -84 m<sup>2</sup>-.

### **3.1.1.1. Diseño del proceso**

Para efectos de una mejor comprensión del proceso, es importante que el lector visualice, antes de leer el presente inciso, los diagramas de flujo y recorrido que se encuentran posteriormente en el capítulo 4 y el plano de la vista de planta del beneficio que constituyen el diseño final.

El diseño del presente proceso representa para este trabajo, una adecuación del beneficio húmedo de café, ampliamente conocido, a las condiciones presentadas.

Como primer punto a tratar, se encuentra el desnivel necesario, propio de los beneficios húmedos de café para el transporte del producto en el proceso; esto se realiza por canales donde se transporta con agua que fluye por gravedad. Para el presente caso, el terreno no cuenta con suficiente desnivel como para generar este tipo de flujo; es por esto que se tiene contemplado el movimiento de tierras que se ha mencionado con anterioridad –y que se aborda de manera específica en el capítulo siguiente-. Para minimizar la tierra a retirar, y para facilitar el acceso, se elige como punto de inicio del proceso, el punto más alto del área designada para el beneficio.

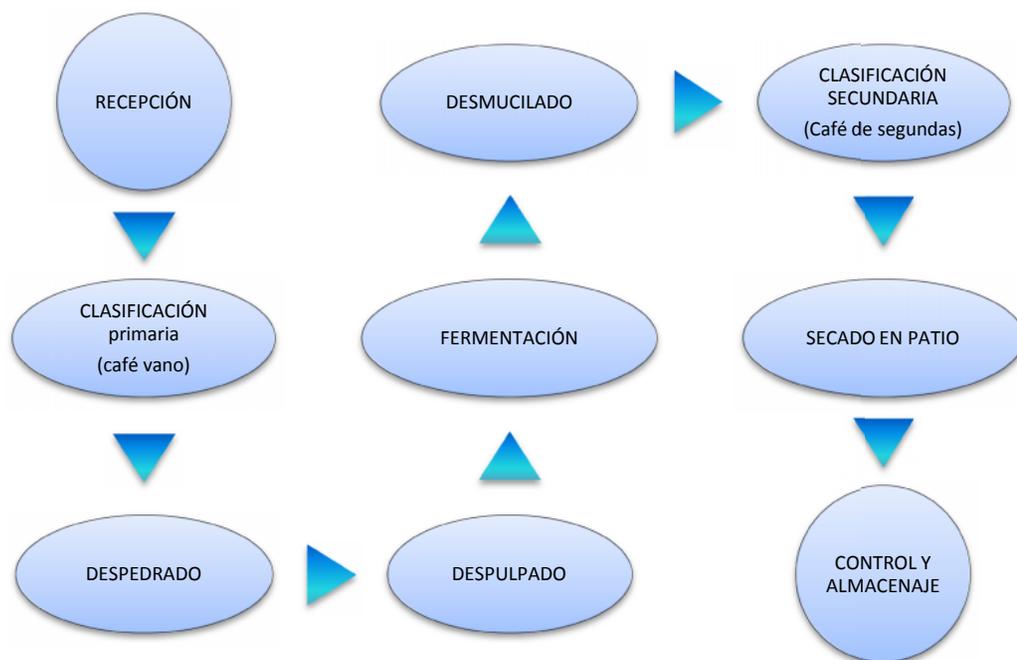
En este punto se deberá colocar el receptor de café cereza y se deberá escarbar al menos una profundidad de 3,20 m –que comprende la altura del pulpero, su respectivo cimiento, la altura del despedrador, la altura del clasificador por densidades y un margen para juego y desnivel para canales-.

El proceso comenzará con el pesaje de los sacos entrantes de café cereza, esto con el fin de registrar la eficiencia en la producción de café pergamino del beneficio.

El siguiente paso es la recepción del café cereza. Esto se realiza, generalmente en una especie de tanque receptor, donde se comienza a transportar el fruto del café por medio de la corriente de agua hacia la siguiente operación: la clasificación por densidades.

La clasificación por densidades es una operación que se realiza, generalmente en dispositivos de flujo continuo. Este dispositivo está diseñado para trabajar con una mezcla de agua y frutos de café; y dejar pasar, por el principio de diferencia de densidades, únicamente el café que será útil para el beneficio -el cual se aglomera a más profundidad que el café que no es útil para el beneficiado (Café Vano)-.

**Figura 9. Flujograma del proceso**



Fuente: elaboración propia.

El siguiente paso es el despulpado del café. En este proceso, la pulpa de café se separa de las semillas. Esto se realizará en un pulpero de tipo vertical con capacidad de procesamiento de 40 qq/h. Las características y capacidad del pulpero son las más adecuadas para el volumen de procesamiento. La pulpa debe ser dispuesta aparte del proceso por medio de un transportador tipo tornillo y manejada de manera ecológicamente compatible. Más adelante, en los capítulos 3 y 5, se abordará el tema a fondo.

Luego que los granos –semillas comúnmente llamadas almendras- de café han sido separados de su pulpa, quedan protegidos externamente con una sustancia vegetal viscosa llamada mucílago. El mucílago es una sustancia rica en azúcares y su degradación con calor (fermentación) da como resultado una miel hidrosoluble. Para llegar al café pergamino, el mucílago, que es una sustancia orgánica no deseada en los granos de café-. El mucílago debe removerse del grano ya sea por medios mecánicos, por fermentación, o por métodos combinados.

En este caso, se remueve el mucílago por un método combinado de fermentación y desagüe. Se elige en el diseño este tipo de remoción debido a que garantiza –en una medida mucho mayor a los otros métodos- la remoción total del mucílago, lo cual, a su vez, exagera la medida de calidad del producto final.

Tomando en cuenta lo expuesto en los párrafos anteriores, el proceso que le sigue al despulpado es la fermentación. Este proceso se realizará en pilas de concreto con capacidad para procesar los 80 qq de café maduro del receptor. El tiempo de fermentación de café depende directamente de la temperatura de la pila de fermentación –para este caso, temperatura ambiente- pero en promedio tiene una duración de 24 horas.

El proceso siguiente a la fermentación en tanques es el lavado de café en máquina. Para tal efecto, se utilizará una lavadora de café –desmuciladora-. Este equipo está diseñado para remover el mucílago sin necesidad de fermentación –método mecánico de remoción de mucílago- sin embargo, por las razones expuestas anteriormente, se utiliza de forma complementaria con la fermentación con el fin de remover el mucílago completamente.

Dentro de los granos de café pergamino que han salido del proceso de lavado, hay granos más pesados que otros. Los granos densos tienen mayor valor que los granos livianos, principalmente por que las medidas en las que se comercia café son medidas de peso –lb, qq., kg-. La densidad del grano también constituye una variable de calidad y por esta razón, el café liviano debe ser procesado por aparte, para que sea destinado a mercados compradores distintos.

La separación de los granos livianos y los densos también se realiza por principio de diferencia de densidades en agua, en un dispositivo similar al clasificador de café cereza llamado “caño colombiano”. El dispositivo esta constituido por una armazón de concreto que distribuye el café hacia dos canales que transportan el café y lo acumulan en su recorrido hasta el momento del transporte hacia patios.

Luego de clasificarse, los granos pasan al proceso de secado. En este proceso el grano debe comenzar a perder humedad de una manera gradual –a una temperatura no mayor de 60°C– hasta llegar a un contenido humedad deseado (se recomienda del 10% al 12% de humedad en peso). El secado que se elige para el presente diseño es el secado en patios, debido principalmente a que las condiciones climáticas favorecen este tipo de secado que es menos

costoso que el secado por medios artificiales y es el tipo de secado preferido por los compradores de café –por sus características artesanales-.

Cuando el café ha llegado al contenido de humedad deseado, se puede proceder a su almacenaje. Generalmente el café se almacena en sacos de 60Kg. Para que el almacenaje sea exitoso conserve el café sus características–por un período de al menos 6 meses-, se requieren condiciones específicas de humedad y temperatura que deben ser controladas por un medidor de humedad y temperatura –termo higrómetro- y reguladas por un sistema de aire acondicionado, además de condiciones generales recomendadas para el almacenaje de granos.

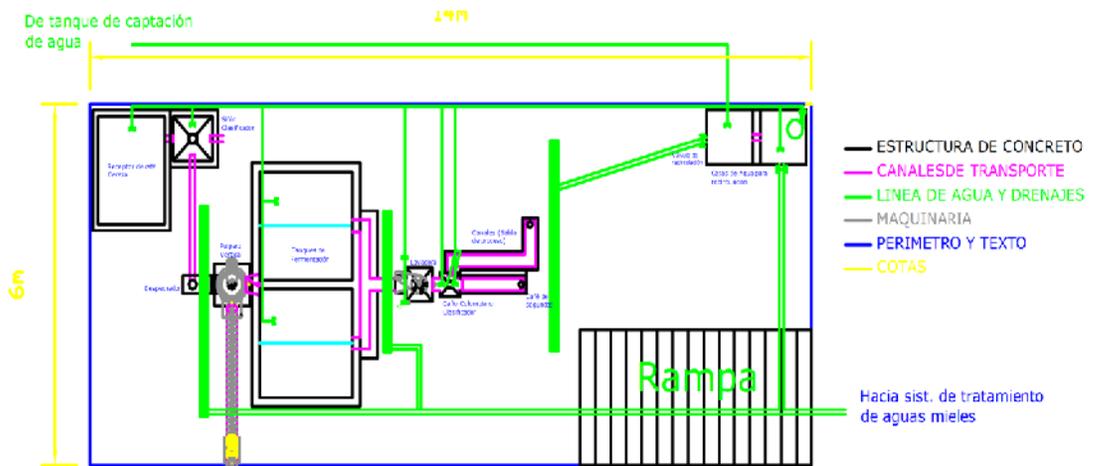
Se recomienda una temperatura de 26°C y una humedad relativa de 65%. Se debe contar con tarimas de madera para aislar los sacos de la humedad y contacto con el suelo y apilarse con una separación no menor a 50 cm de las paredes. Existe disponibilidad de espacio suficiente en la construcción del casco de la finca. Se estima que el requerimiento en volumen de espacio para almacenaje es de 60m<sup>3</sup>, pero puede variar dependiendo del nivel de rotación de inventario en tiempo de cosecha. El flujograma del proceso se encuentra en este inciso, si el lector quisiera complementar, se recomienda consultar el diagrama de flujo de proceso ubicado en el capítulo 4.

### **3.1.1.2. Distribución de maquinaria y equipo**

A continuación se muestra el plano de la vista de planta del diseño del beneficio, en el plano se puede apreciar la distribución espacial de la maquinaria, equipo e infraestructura de la planta. El presente plano también se puede apreciar a mayor escala en la sección de Anexos.

Para el caso específico de los beneficios húmedos de café, la distribución de maquinaria depende de la elevación, debido a que el proceso de beneficiado húmedo se realiza por gravedad, las maquinas se ubican según su función en el proceso y en orden descendiente en el terreno. De la siguiente manera, primero, el pulpero vertical, inmediato a este, el tornillo acoplado, luego la lavadora y la bomba de agua, en la parte inferior del terreno.

**Figura 10. Plano vista de planta de Beneficio**



Fuente: elaboración propia.

### **3.1.1.3. Líneas auxiliares**

Las líneas auxiliares del beneficio se muestran en el plano mostrado anteriormente –a excepción del diagrama de instalaciones eléctricas abordado en el capítulo 4-.

Las líneas auxiliares relevantes en el diseño del beneficio son: la línea de agua, la línea de drenajes –verde- y los canales –magenta en desnivel de acuerdo al proceso-.

La alimentación de agua para el beneficio proviene de un depósito de captación de agua de arroyo en una parte superior de la finca. El agua del beneficio entra por una tubería directamente a las cajas de recirculación, donde es bombeada hacia los procesos correspondientes del beneficio. Las líneas de drenajes se muestran del mismo color porque se conectan en cierto punto del proceso para realizar una recirculación de agua, que implica aprovechamiento de agua y producción ecológicamente compatible.

La recirculación de agua funciona de la siguiente manera: luego del proceso de lavado, se pueden observar dos chorros de agua que alimentan el caño colombiano. El agua que se utiliza para el proceso de clasificación en el caño colombiano, escurre hacia un drenaje que conecta con una de las cajas de alimentación de agua. Esta agua –utilizada y “sucia” en cierta medida- se utiliza el siguiente día de beneficiado en el transporte de café cereza. El café cereza puede ser transportado sin ningún problema por este fluido debido a que tiene una protección vegetal –Pulpa y mucílago- que mantienen el grano estéril.

El café en su forma de cereza es transportado desde el receptor hasta que llega al despedrador, donde escurre definitivamente hacia el drenaje de aguas residuales.

Debido a la recirculación de agua de post-lavado, se elige en el diseño la utilización de una bomba para fluidos con partículas sólidas y efluentes cloacales.

### **3.2. Maquinaria y equipo**

Ya se ha mencionado y descrito la maquinaria y equipo a utilizar en el beneficio, en el primer capítulo de manera introductoria y en incisos anteriores – diseño del proceso-. En el siguiente capítulo se realizará una descripción detallada a nivel mecánico de la maquinaria tratando de no reiterar lo que está expuesto en secciones anteriores. En el capítulo 4 también hay información complementaria a la presente en cuanto a maquinaria.

#### **3.2.1. Descripción de procesos**

Se ha realizado en el presente capítulo una descripción detallada de los procesos como parte del diseño y se vuelven a abordar como parte del manual de operaciones en el capítulo 4. Los procesos en los que se utiliza la maquinaria son:

- Despulpado
- Lavado-remoción de mucílago
- Transporte de pulpa
- Bombeo de agua

### **3.2.2. Descripción de maquinaria utilizada**

El pulpero vertical está conformado por:

- Una tolva receptora de café: recibe el café cereza libre de piedras u objetos indeseados y lo encausa hacia la máquina.
- Distribuidor con canales: un plato ensamblado en el eje que distribuye equitativamente el café en los canales o pechos.
- Camisa con mamilas: cilindro ensamblado en el eje con mamilas (dientes sin filo) en toda su superficie. Las mamilas sirven para atrapar la pulpa del café.
- Canales o pechos: canales que rodean la camisa mamilada con un área de paso que se reduce gradualmente hasta un área de paso mínima. El área de paso mínima es tal que se estrangula el café cereza contra la camisa mamilada. Al realizarse esta estrangulación, se separa la pulpa de los granos de café; los granos pasan por el canal (cuya área de paso es mayor a los granos) y la pulpa es arrastrada por la camisa mamilada y por fuerza centrífuga, arrojada hacia las paredes interiores del pulpero.
- Repasador: consiste en otro conjunto de distribuidor, camisa y canales con la diferencia que los canales del repasador son más estrechos, para despulpar los granos pequeños que no se despulparon en la primera etapa. El café despulpado de la etapa anterior no es lastimado debido a que el área de paso es aún lo suficientemente amplia.

- Dispensador de café en grano: el café despulpado (grano con mucílago) es transportado por gravedad por canales que lo expulsan del pulpero.

El pulpero vertical trabaja a una velocidad de 50 rev/min, y tiene capacidad de procesar 80 qq de café cereza en 1 h. Cuenta en toda su estructura con 15 piezas principales, entre ellos, 1 rodamiento cilíndrico.

La bazuca o tornillo acoplado está compuesto por las siguientes partes:

- Acople a pulpero: es una estructura de hierro soldada a la salida del pulpero. Consiste en una cámara de captación de pulpa que sirve también de apoyo al tornillo
- Cilindro: estructura exterior del tornillo, hecha de hierro
- Tornillo: tornillo sinfín prefabricado.
  - Chumacera inferior
  - Chumacera superior
- Accionamiento:
  - Motor 3HP
  - Sprockets
    - De motor
    - De tornillo
  - Cadena transmisora
- Soporte superior: estructura de hierro de dos patas apoyadas en el suelo que soporta el tornillo en su parte final.
- Techo protector de motor.
- Cámara de salida de pulpa: estructura de hierro que guía la pulpa hasta su disposición temporal al lado del beneficio.

La máquina desmuciladora consta de:

- Estructura general.
- Cilindro vertical.
  - Alimentador de granos: consiste en una estructura de hierro donde se toman los granos de café e ingresan a la máquina.
  - Capas de protección (láminas acopladas a la estructura).
  - Cilindro con rejilla: cilindro que permite el paso del agua pero no el paso de café.
  - Cámara de lavado: espacio donde interactúan el café, el agua y el movimiento giratorio de la hélice.
  - Inyectores de agua: sistema de válvulas y mangueras que arrojan el agua a presión.
  - Salida de agua: salida del agua con mucílago (Agua miel).
  - Embudo de salida: toma de café desmucilado en la parte superior del cilindro.
  - Registro de alimentación: compuerta que permite el drenado del café que no entra a la máquina.
- Rotor interno:
  - Eje
  - Hélice vertical ascendente. Hélice acoplada al eje que empuja por movimiento giratorio el café hacia arriba a medida que también se lava con agua.
- Accionamiento:
  - Motor 5 HP
  - Poleas
  - Correas
  - Protección

La bomba sumergible para fluidos con partículas en suspensión y aguas cloacales es un dispositivo completamente sellado que contiene un motor trifásico -220V- y un rotor con álabes especialmente diseñados para el manejo de efluentes con partículas en suspensión. El diseño de la bomba permite que esta se asiente sobre una base nivelada sin necesidad de anclaje ni cimientos. Cuenta con un cordón para levantar la bomba y extraerla del depósito cuando sea necesario y la salida de la misma es para una tubería de 2”.

### **3.2.2.1. Funciones**

Las funciones de la maquinaria a utilizar son las siguientes:

- Pulpero: separación de la pulpa y del grano de café por medio de camisas cilíndricas giratorias provistas de mamilas. Por la acción de machacado del fruto de café contra las paredes de canales angostos, retiran la pulpa con las mamilas y dejan seguir al grano –con una pared viscosa que permite que resbale- por los mismos; mientras la pulpa, retirada por la rueda mamilada, luego es expulsada por la fuerza centrífuga hacia la pared interna del pulpero y hacia la salida donde conecta con el tornillo acoplado.
- Lavadora o desmuciladora: acción de contraflujo de café –flujo ascendente- y agua –flujo descendente, en un cilindro giratorio donde se remueve el mucílago del grano.
- Bazuca acoplada: recolección y transporte de pulpa hacia un lado del beneficio –donde se almacena temporalmente hasta que es transportada a su destino final en otro medio- por medio de un tornillo sin fin.
- Bomba sumergible: bombeo de agua para transporte, lavado y para recirculación.

### **3.2.2.2. Funcionamiento**

Todas las máquinas son accionadas por motores eléctricos trifásicos con un voltaje de 220 V.

En lo que respecta al pulpero y lavadora, el motor, por medio de una faja transmisora y poleas, acciona el eje central de las máquinas. El tornillo acoplado, utiliza como medio de transmisión una cadena debido a que requiere más fuerza y menos velocidad que las anteriores y a su fácil acceso para repuestos. La bomba también es accionada por un motor eléctrico pero el motor va acoplado al rotor de la bomba que es el que impulsa el fluido hacia la salida.

### **3.3. Aspectos económicos**

En el presente inciso se pretende analizar los aspectos económicos de la inversión que representa el beneficio húmedo. Algunas veces los datos se presentarán de manera tabulada para facilitar la visualización y proporcionar la información de una manera sintetizada.

En los aspectos económicos presentados en el siguiente capítulo, los aspectos que corresponden a la plantación se exponen y se cuantifican. Sin embargo, es útil tener en cuenta que los costos correspondientes a la plantación son los mismos para las dos opciones de inversión que se evalúan en el siguiente capítulo, así como lo son los costos asociados al uso de suelo.

### **3.3.1. Flujos de efectivo**

En los siguientes apartados se cuantifican los costos e ingresos del beneficio. Al final del inciso se realizará el flujo de efectivo integrado, es decir, representando todos los ingresos y costos.

#### **3.3.1.1. Costos de operación y mantenimiento**

Los costos de operación de la finca se pueden dividir en costos de manejo de plantación –que se abordarán de manera breve, como se explicó anteriormente- y costos de operación del beneficio. Entre estas divisiones se encuentran costos fijos y variables.

Las siguientes tablas muestran el detalle de los costos fijos y variables, tanto del beneficio como de la plantación:

**Tabla II. Costos fijos de operación de plantación**

COTOS FIJOS DE OPERACIÓN (PLANTACIÓN)				
ACTIVIDAD	DESCRPCIÓN	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	TOTAL
Limpia	150 Cuerdas de limpia	4 Veces al año	Q. 30,00	Q. 18000,00
Poda	150 de Poda	1 Vez al año	Q. 30,00	Q. 4500,00
Desombrado	150 Cuerdas de Desombrado	1 Vez al año	Q. 60,00	Q. 9000,00
Deshijado	150 Cuerdas de Deshijado	-	Q. 45,00	Q. 6750,00
Abonado	150 Cuerdas	2 Veces al año	Q. 30,00	Q. 9000,00
Abono	300 quintales de abono	-	Q. 250,00	Q. 75000,00
Almacigo	2 400 plantas	-	Q. 2,00	Q. 4800,00
Resiembra	32 jornales de trabajo	-	Q. 30,00	Q. 960,00
Foliar	20 toneles de foliar	-	Q. 112,00	Q. 2240,00
Aplicación de Foliar	40 jornales de trabajo	-	Q. 30,00	Q. 1200,00
Planilla	Prestaciones de Ley	-		Q. 5600,00
Planilla	4 quincenas de trabajos varios	-	Q. 30,00	Q. 8400,00
Planilla	7mo dia	-	Q. 30,00	Q. 4320,00
Transporte	Gasolina para llegar a la finca	-	Q. 150,00	Q. 7200,00
Accesorios	Costales, Canastos, etc.	-		Q. 2250,00
TOTAL				Q. 159220,00

Fuente: elaboración propia.

**Tabla III. Costos variables de operación de plantación**

COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN (PLANTACIÓN)			
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	COSTO	TOTAL
Corte de café	Corte de 3 000 quintales de café maduro por cosecha.	Q. 35,00	Q. 105 000,00

Fuente: elaboración propia.

**Tabla IV. Costos fijos de operación de beneficio**

COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN (BENEFICIO)			
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	COSTO	TOTAL
Personal de Beneficio	3 empleados	Q. 1 600,00	Q. 4 800,00

Fuente: elaboración propia.

**Tabla V. Costos variables de operación de beneficio**

COSTOS VARIABLES DE OPERACIÓN (BENEFICIO)			
CONCEPTO	DESCRIPCIÓN	COSTO	TOTAL
Diesel de Generadora	Consumo de 5,16 L/h. Costo promedio de Q. 25,00/gal. 75h por cosecha de 3 000qq	Q. 6,60	Q. 495,00

Fuente: elaboración propia.

Los costos de mantenimiento del beneficio, incluyendo sus costos respectivos de mano de obra, serán abordados a detalle en el capítulo 5. En el capítulo 5, se incluyen los costos de mano de obra en los costos de mantenimiento, sin embargo en este capítulo, para efectos de análisis económico, todos los salarios del personal del beneficio, se toman en cuenta en los costos fijos de operación del beneficio. A continuación la tabla resumen de los costos de mantenimiento y repuestos sin costos de mano de obra asociada:

**Tabla VI. Costos de mantenimiento**

COSTOS DE MANTENIMIENTO			
DESCRIPCION	COSTO	FRECUENCIA ANUAL	Total
MANTENIMIENTO DIARIO	Q. 2,00	120	Q. 240,00
MANTENIMIENTO PERIÓDICO SEMANAL	Q. 17,87	16	Q. 285,92
MANTENIMIENTO PRE Y POST COSECHA	Q. 640,71	1	Q. 640,71
REPUESTOS	Q. 3 333,90	1	Q. 3 333,90
TOTAL			Q. 4 500,53

Fuente: elaboración propia.

Los costos previstos de operación –fijos y variables- y de mantenimiento anuales suman Q.274 015,53. Sin tomar en cuenta los costos asociados a plantación, los costos de operación y mantenimiento suman Q.9 795,53.

### 3.3.1.2. Ingresos anuales

El ingreso anual consiste generalmente en un contrato de venta de café a comprador. Pactado antes del tiempo de cosecha. Se espera que los ingresos Anuales de café sea de Q. 1 194000,00; que corresponde al siguiente cálculo:

$$I.A. = \left( \frac{C(qq)}{REND} \right) [(\rho PQS) + ((1 - \rho) (PBN(\$) + DIFGUA + DIFCAL) TC)]$$

Donde:

I.A. = Ingresos Anuales.

C = Producción de la finca expresada en quintales de café maduro.

$\rho$  = Proporción de café de segundas expresada en café maduro.

PQS = Precio de quintal de café de segundas.

PBN = Precio de bolsa de Nueva York.

DIFGUA = Diferencial promedio por país.

DIFCAL = Diferencial por calidad extra.

TC = Tipo de Cambio.

REND = Rendimiento de beneficiado, expresado en cantidad de qq de café maduro necesarios para producir 1qq de café pergamino.

La fórmula resulta:

$$I.A. = \left( \frac{3\,000qq}{4,5} \right) \left( (0,1 \cdot 300) + \left( 0,9 \cdot (\$160 + \$40 + \$10) \cdot Q \cdot \frac{8}{\$} \right) \right)$$
$$= Q. 1\,028\,000,00$$

### 3.3.1.3. Inversión inicial

La inversión inicial se muestra desglosada en la siguiente tabla:

**Tabla VII. Inversión Inicial**

<b>INVERSION INICIAL</b>			
<b>ÁREA</b>	<b>CONCEPTO</b>	<b>MONTO</b>	<b>SUBTOTALES</b>
Captación de Agua	Material	Q. 1 409,00	Q. 6 569,00
	1 000m de entubado	Q. 2 360,00	
	Mano de Obra	Q. 1 120,00	
	Lámina	Q. 1 680,00	
Obra Civil	Movimiento de tierra	Q. 840,00	Q. 40 140,00
	Receptor	Q. 2 200,00	
	Tubos de drenajes	Q. 700,00	
	Galera	Q. 3 200,00	
	Fermentadores y canal	Q. 1 700,00	
	Madera	Q. 1 000,00	
	Material	Q. 24 500,00	
	Pared de relleno	Q. 200,00	
	Cajas de Recirculación	Q. 2 000,00	
	Piso	Q. 2 400,00	
	Caño colombiano	Q. 1 100,00	
	Repello	Q. 300,00	
Maquinaria	Pulpero vertical y desmieladora con accesorios	Q. 64 300,00	Q. 83 588,00
	Bomba sumergible	Q. 7 500,00	
	Motor de 5HP	Q. 2 200,00	
	2 Motores de 3HP	Q. 3 588,00	
	Tornillo acoplado	Q. 6 000,00	
Accesorios	Carretas	Q. 500,00	Q. 6 700,00
	Palas	Q. 500,00	
	Rayadores y paletas	Q. 600,00	
	Costales	Q. 600,00	
	Pita	Q. 1 800,00	
	Nylon	Q. 100,00	
	Adelios	Q. 200,00	
	Pichachas y sifón	Q. 1 200,00	
	Válvulas	Q. 400,00	
	Compuertas	Q. 800,00	
Electricidad	Panel de Control	Q. 11 800,00	Q. 47 319,00
	Generadora	Q. 35 519,00	
Pacios y depósito	Mano de Obra	Q. 5 150,00	Q. 6 950,00
	Material	Q. 1 800,00	
<b>TOTAL</b>		<b>Q. 191 266,00</b>	

Fuente: elaboración propia.

#### **3.3.1.4. Diferencial de rendimiento**

El diferencial consiste básicamente en un aumento en precio respecto al precio de bolsa debido a que, por una calidad superior, el café de Guatemala se suele cotizar fuera de la bolsa. El diferencial de café a nivel internacional se rige por regiones cafetaleras. El diferencial que se paga actualmente por café Guatemalteco es de \$40/qq como un valor estándar. Para cafés más especializados, se suele pagar un mayor diferencial y esto dependerá de factores como gustos del mercado objetivo, catación del comprador y otros. Se estima que el café de la finca podrá venderse con un diferencial por café especializado -adicional al diferencial de café Guatemalteco- de \$10 a \$60.

El precio de venta del Café quedaría desglosado de la siguiente manera:

Precio de Bolsa de Nueva York + \$40 (Café Guatemalteco)+ Diferencial por calidad (estimación de \$10 a \$60).

#### **3.3.1.5. Café de segundas**

El café de segundas es el tipo de café cuya densidad es mucho menor a la densidad del resto de café. Este café se obtiene de las dos clasificaciones en el beneficiado –Clasificador de café maduro y caño colombiano- abordados en el presente capítulo. Se estima que un 10% del total de la cosecha sea café de segundas. Este café, de menor calidad, será vendido a un precio menor al precio de venta estimado y generalmente es destinado a compradores del mercado local. Se estima que cada quintal de café de segundas se venderá a Q. 300,00 y que se obtendrán 300 qq de café de segundas.

### 3.3.1.6. Flete

Los costos asociados al transporte del café en su fase de café maduro – recién extraído de la cosecha- y café pergamino se presentan a continuación:

**Tabla VIII. Costos de Fletes**

FLETES			
Flete	Costo/qq	Anotaciones	Costo Total por cosecha
Cosecha-Beneficio	-	3 000 Quintales de café maduro corresponde a opción de inversión	Q. 200,00
Cosecha-Cooperativa	Q. 5,00	3 000 Quintales de café maduro correspondiente a situación actual	Q. 15 000,00
Beneficio-Tostaduría	Q. 10,00	667 Quintales de café pergamino para trillado correspondiente a opción de inversión	Q. 6 670,00

Fuente: elaboración propia.

El flete de la cosecha al beneficio se realiza de manera ocasional y solamente para las partes más alejadas de la finca. Por lo que tiene un costo fijo de Q.200,00.

### 3.3.2. Evaluación económica

Para la evaluación económica se realizará una comparación entre la opción de inversión en el beneficio de café y la opción de continuar con la situación actual. Para la siguiente comparación, se muestran de manera tabulada los flujos para las dos opciones, evaluadas a 5 años plazo con capitalización trimestral. La evaluación se realizará tomando como primer trimestre, el tercer trimestre del presente año –el trimestre anterior a la cosecha–.

Los costos asociados al uso de suelo –valor de arrendamiento o amortización por compra de la extensión de tierra– se omiten en la evaluación de ambas opciones, debido a que son idénticos para ambas y la evaluación que se realiza es comparativa. Además, no se efectúa ningún desembolso por el uso de suelo para ninguna de ambas opciones. Es por esto que el valor presente neto puede resultar muy alto comparativamente con el valor de la inversión o de los costos.

Los ingresos anuales, entran en el último trimestre del año, cuando se suelen pactar los contratos de compra-venta de café. Los costos de mantenimiento, se solventan en el último trimestre del año –mantenimiento pre-cosecha, época de cosecha y operación del beneficio– y en el primer trimestre del año siguiente –final de cosecha, donde se realiza el mantenimiento post-cosecha–.

En la operación, entran los costos del Diesel para operación del beneficio y los costos totales de los salarios de los tres empleados del beneficio que laboran durante todo el año. En la opción de no-inversión, –opción actual- el número de empleados fijos se reduce a dos. Los cálculos de estos costos se basan en el salario mínimo agrícola. –Ver capítulo 4, costos de mantenimiento-.

La tasa utilizada para la valuación está basada en las tasas de interés líder a nivel nacional y la tasa de inflación actuales con la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ valuación = i + f + i \cdot f$$

Fuente: "La inflación y la tasa de interés" Nacional Financiera, SMEToolkit, Herramientas PyME, México e Instituto Pyme

Donde:

$i$  = Tasa de interés líder a nivel nacional (4,5%) –Ago 2010- Banco de Guatemala.

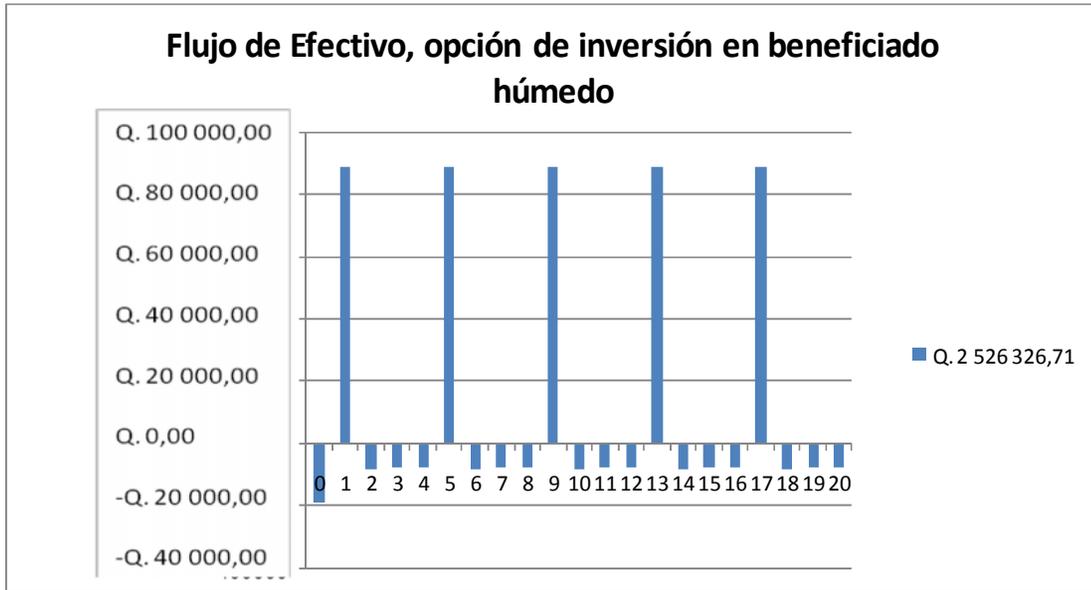
$f$  = Tasa de inflación variación interanual (4,12%) –Ago 2010-. Banco de Guatemala.

Tasa de valuación = 8,8054%

A continuación se muestran las tablas de flujo de efectivo de ambas opciones con sus respectivos gráficos de flujo. Mediante estas tablas, se realizará una evaluación comparativa de ambas opciones: la opción de inversión en el beneficio, y la opción de no invertir y continuar con la situación actual. La evaluación consiste en obtener el Valor Actual Neto –VAN, o valor presente neto– de ambas opciones. Es de suma utilidad recalcar que el método de evaluación VAN, en este caso, se utilizará como una herramienta de evaluación comparativa; los flujos no representan la totalidad de la inversión debido a que omiten, como ya se ha mencionado el costo por el uso de suelo que es igual para ambas opciones.



**Figura 11. Flujo de Efectivo de opción de inversión**



Fuente: elaboración propia.

**Tabla X. Flujo de efectivo y V.P.N. de opción de no inversión**

Trimestre		OPCIÓN ACTUAL -NO INVERSIÓN-				
		Operación, Mano de Obra	Plantación	Flete	Ingresos	Flujo
Jul-Sep	0	Q0,00	Q0,00	Q0,00	Q0,00	Q0,00
Oct-Dic	1	Q17 690,40	Q105 000,00	Q11 250,00	Q750 000,00	Q616 059,60
Ene-Mar	2	Q17 690,40	Q53 073,33	Q3 750,00		-Q74 513,73
Abr-Jun	3	Q17 690,40	Q53 073,33	Q0,00		-Q70 763,73
Jul-Sep	4	Q17 690,40	Q53 073,33	Q0,00		-Q70 763,73
Oct-Dic	5	Q17 690,40	Q105 000,00	Q11 250,00	Q750 000,00	Q616 059,60
Ene-Mar	6	Q17 690,40	Q53 073,33	Q3 750,00		-Q74 513,73
Abr-Jun	7	Q17 690,40	Q53 073,33	Q0,00		-Q70 763,73
Jul-Sep	8	Q17 690,40	Q53 073,33	Q0,00		-Q70 763,73
Oct-Dic	9	Q17 690,40	Q105 000,00	Q11 250,00	Q750 000,00	Q616 059,60
Ene-Mar	10	Q17 690,40	Q53 073,33	Q3 750,00		-Q74 513,73
Abr-Jun	11	Q17 690,40	Q53 073,33	Q0,00		-Q70 763,73
Jul-Sep	12	Q17 690,40	Q53 073,33	Q0,00		-Q70 763,73
Oct-Dic	13	Q17 690,40	Q105 000,00	Q11 250,00	Q750 000,00	Q616 059,60
Ene-Mar	14	Q17 690,40	Q53 073,33	Q3 750,00		-Q74 513,73
Abr-Jun	15	Q17 690,40	Q53 073,33	Q0,00		-Q70 763,73
Jul-Sep	16	Q17 690,40	Q53 073,33	Q0,00		-Q70 763,73
Oct-Dic	17	Q17 690,40	Q105 000,00	Q11 250,00	Q750 000,00	Q616 059,60
Ene-Mar	18	Q17 690,40	Q53 073,33	Q3 750,00		-Q74 513,73
Abr-Jun	19	Q17 690,40	Q53 073,33	Q0,00		-Q70 763,73
Jul-Sep	20	Q17 690,40	Q53 073,33	Q0,00		-Q70 763,73
					VAN =	Q1 694 313,11

Fuente: elaboración propia.

**Figura 12. Flujo de Efectivo de opción de no inversión**



Fuente: elaboración propia.

Por el método comparativo, podemos concluir que económicamente la inversión en el proceso de beneficiado húmedo representa en el presente, una ventaja comparativa –respecto a la opción de no inversión– de Q.832 013,60 a un plazo de 5 años y con una tasa de interés real de 8.8054%. Económicamente, es recomendable la inversión en el beneficio húmedo de café.

## **4. IMPLEMENTACIÓN**

### **4.1. Montaje e instalación**

La etapa posterior al estudio y diseño del proceso, distribución de maquinaria y planos del beneficio, corresponde al montaje e instalación del beneficio. El presente inciso tiene como objetivo guiar al ejecutor con instrucciones simplificadas del montaje e instalación de: maquinaria, construcción de obra civil, tuberías y accesorios complementarios, redes eléctricas y todo lo necesario para comenzar la operación del beneficio.

#### **4.1.1. Aspectos importantes de obra civil**

Para la obra civil, es importante trasladar al personal operativo y de supervisión de la misma, las siguientes consideraciones:

- Se debe contar con un piso perfectamente nivelado para el área donde se montarán las máquinas y sus respectivos cimientos.
- Debido a que el terreno no cuenta con suficiente pendiente, se deberá provocar un desnivel artificial por medio de movimiento de tierras; tema que será ampliado más adelante.
- Se deberá contar con drenaje de aguas residuales y de recirculación con tubería de 4”.
- El flujo de café será realizado por gravedad y agua corriente, por lo que será necesario realizar desniveles en los canales, tanques y receptor.

- Contemplar desnivel en drenajes para que escurra el agua utilizada para transporte, limpieza y el agua miel proveniente del proceso de lavado.
- Los tanques de fermentación y el receptor deberán fabricarse sobre una base de selecto compactado y nivelado con malla especial para construcción.

#### **4.1.1.1. Cimentaciones de maquinaria**

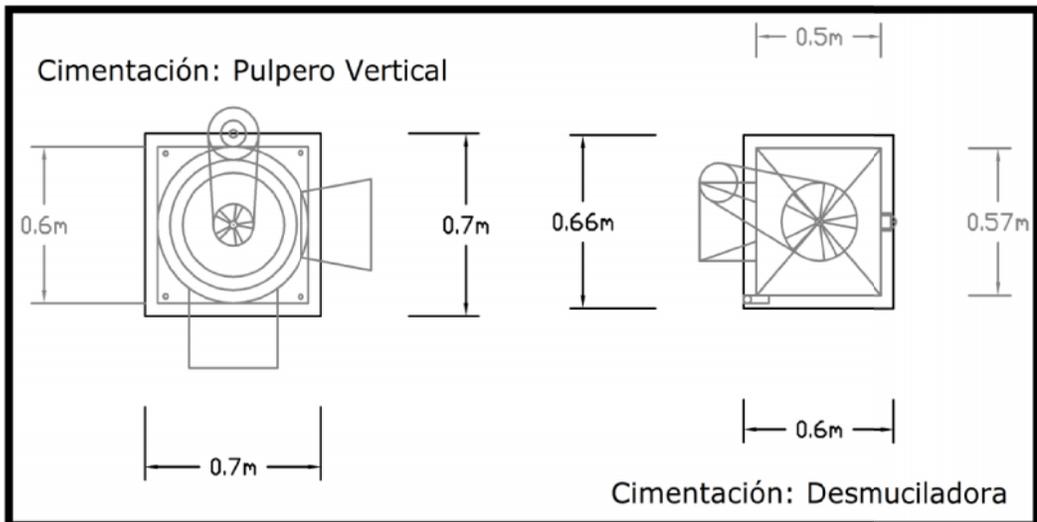
En el beneficio, dos de las máquinas: el pulpero vertical y la lavadora desmucilaginadora, se encontrarán colocadas sobre el suelo, por lo que necesitarán cimentación. Se debe tomar en cuenta que el piso sobre el cual será colocada la cimentación se encuentra previamente compactado y cuenta con una capa de selecto.

La cimentación de máquinas depende, entre otros factores, de los esfuerzos dinámicos que genere la maquinaria. El primer tipo de esfuerzo dinámico es debido a vibraciones y movimientos ocasionales y el segundo corresponde al movimiento propio de la máquina. Para el caso de ambas máquinas, el eje de la máquina es vertical y el centro de masa coincide con el eje de rotación por lo que no se generan, por el propio funcionamiento de las máquinas, fuerzas centrífugas ni momentos sobre la base de la maquinaria –en este caso, la cimentación-. Esto facilita el cálculo de la cimentación debido a que únicamente estará en función del peso de la maquinaria en cuestión.

Por recomendación del fabricante, las cimentaciones, hechas de concreto, deberán tener un peso equivalente al de la maquinaria y deberán cubrir un área tal que no deformen el suelo. El cálculo del área exacta permisible de la cimentación para maquinaria en general, generalmente requiere un ensayo de

resistencia del suelo previo. Pero debido a que el peso de la maquinaria es relativamente pequeño en comparación al área que ocupan, el fabricante recomienda que la cimentación abarque el área necesaria con 5 cm de espesor extra para que los anclajes de la maquinaria puedan instalarse sin ningún problema. Los esquemas muestran el área que ocuparán las cimentaciones del pulpero vertical y de la desmuciladora.

**Figura 13. Cimentaciones de maquinaria**



Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo del tamaño de las cimentaciones, se tomaron en cuenta dos variables: las dimensiones de la base de la máquina, que determinan el área del cimiento y el peso de las máquinas, que determinan la profundidad. El factor determinante del volumen del cimiento es la densidad del hormigón, que es de  $2\,400\text{ kg/m}^3$ . El peso del Pulpero Vertical es de 195 kg y el peso de la desmuciladora es de 210 kg.

Tal como se puede apreciar en la figura 13, el área del cimientado del pulpero es de  $0,49\text{m}^2$  y el área del cimientado de la desmuciladora es de  $0,285\text{m}^2$ . Entonces, la profundidad y el volumen de los cimientos son:

Para el pulpero vertical:

$$\text{PesoMaq} = \text{PesoCim}$$

$$\text{PesoMaq} = \text{Área} \cdot \text{prof.} \cdot \rho$$

$$\text{Peso Pulpero (195 kg)} = 0,49 \text{ m}^2 \cdot \text{prof} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{prof} = \frac{195 \text{ kg}}{0,49 \text{ m}^2 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3} = 0,1658 \text{ m} = 16,58 \text{ cm}$$

Para la desmuciladora:

$$\text{PesoMaq} = \text{PesoCim}$$

$$\text{PesoMaq} = \text{Área} \cdot \text{prof.} \cdot \rho$$

$$\text{Peso Pulpero (210 kg)} = 0,285 \text{ m}^2 \cdot \text{prof} \cdot 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{prof} = \frac{210 \text{ kg}}{0,285 \text{ m}^2 \cdot 2400 \text{ kg/m}^3} = 0,3070 \text{ m} = 30,70 \text{ cm}$$

Para evitar la transmisión de vibraciones al suelo, se deben utilizar en los apoyos de la maquinaria, roldanas elásticas –de plástico, caucho o material similar- para que absorban las vibraciones de la maquinaria y evitar que se transmitan al cimientado y sobre todo al suelo.

Para el caso del generador Diesel, la estructura del generador cuenta con aislantes de vibraciones y anclajes propios. Por lo que no es necesario hacer el cimientado. La bomba sumergible está diseñada para colocarse al fondo de depósitos de aguas cloacales y otros efluentes sin necesidad de anclaje.

#### **4.1.1.2. Patios de secado**

La construcción de los patios de secado se debe realizar en terreno previamente aplanado y compactado, con fundición húmeda para evitar agrietamiento y tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Se deben evitar infiltraciones de agua de lluvia hacia el subsuelo en el área que ocupen los patios. Esto se evita por medio de canalización del agua de lluvia.
- Se debe contemplar un desnivel en los patios de secado de al menos 1,5% para favorecer el escurrimiento de agua de lluvia y así evitar el empozamiento.
- El suelo debe ser previamente nivelado y compactado con una capa de selecto previa a la fundición de arena-cemento-piedrín que conformará el patio.

El área total necesaria para los patios de secado dependerá de los siguientes factores:

- Producción diaria en tiempo de cosecha. (80 qq, equivalente a 2,2m<sup>3</sup> – volumen del receptor y pilas de fermentación-).
- Tiempo de secado estimado en la región (de 5 a 14 días, se estiman 9 días).
- Espesor de capa esparcida en patio (0.04 m).

El cálculo resulta:

$$\text{Área de patios} = \frac{\text{Producción diaria (vol)} \times \text{tiempo de secado}}{\text{Espesor}}$$

$$\text{Área de patios} = \frac{2,2 \text{ m}^3 \times 9 \text{ días estimados}}{0,04 \text{ m}} = 495 \text{ m}^2$$

#### **4.1.1.3. Movimiento de tierra**

Como ya se mencionó anteriormente, el movimiento de tierra para la implementación del beneficio, responde a la necesidad de crear un desnivel que necesita el beneficio para su operación –debido a que opera transportando el café por medio de agua corriente y gravedad-. Para el mismo efecto se deberá escarbar tierra de manera que el colector del beneficio quede en el punto mas alto y cada uno de los procesos descritos en la etapa de diseño –desde la recepción hasta la clasificación final, anteriores al secado en patios- quede en un nivel inferior respecto de la operación anterior.

El total de tierra retirada para tal efecto serán 31m<sup>3</sup>. El volumen se calculó de acuerdo a los planos de elevación y ubicación del beneficio. El suelo fértil retirado, se debe aprovechar, -debido a que es un recurso natural de gran valor- esparciéndolo sobre la siembra de manera que represente un espesor sobre el suelo menor a 5cm. La tierra retirada que no sea fértil deberá ser transportada a un botadero municipal autorizado de ripio.

#### **4.1.2. Instalación de maquinaria**

Para toda la maquinaria, la maquinaria se adquiere pre ensamblada de fábrica con todas las poleas alineadas y tensas. El primer paso para el montaje

de maquinaria es la revisión de la maquinaria contra el manual y el listado de piezas.

A continuación se procede a fundir la mezcla para el cemento. En este paso también se deben colocar los anclajes de las máquinas. La colocación precisa de estos anclajes requiere de una plantilla de la base de las máquinas realizada con cartón piedra. Los cortes de la misma deben ser precisos, de preferencia realizados con barreno y se debe comprobar que cace la plantilla con la base de la máquina y con los tornillos antes de colocarla en el cemento. La plantilla no se debe retirar hasta que termine el tiempo de secado de la mezcla -28 días-.

Luego de la fundición de la mezcla para los cementos, se procede al montaje, que consiste básicamente en la colocación de los tornillos de anclaje y el ensamblaje final de la maquinaria. Por último, antes de la prueba de funcionamiento, se procede al ajuste de piezas y de fajas.

Antes de la prueba de funcionamiento de la maquinaria, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

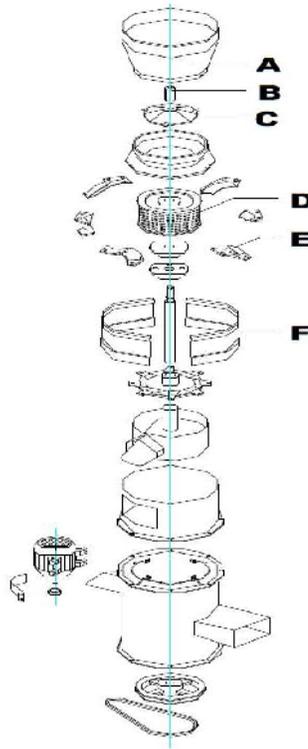
- Se deberá contar con red hidráulica con suministro constante de agua para operación de las máquinas y limpieza del local con 4m columna de agua de presión y con regulador de presión.
- Cajas y bomba para la recirculación de agua.
- Red eléctrica y *breakers* para operación de máquinas e iluminación.
- Tablero eléctrico con puerta protectora y llaves eléctricas térmicas con reguladores de amperaje para mantener la garantía del equipo.

#### **4.1.2.1. Pulpero vertical y bazuca acoplada**

El pulpero vertical es adquirido parcialmente ensamblado en fábrica. Todos los rodamientos previamente lubricados y las poleas dispuestas en ángulo recto. El montaje final consistirá en:

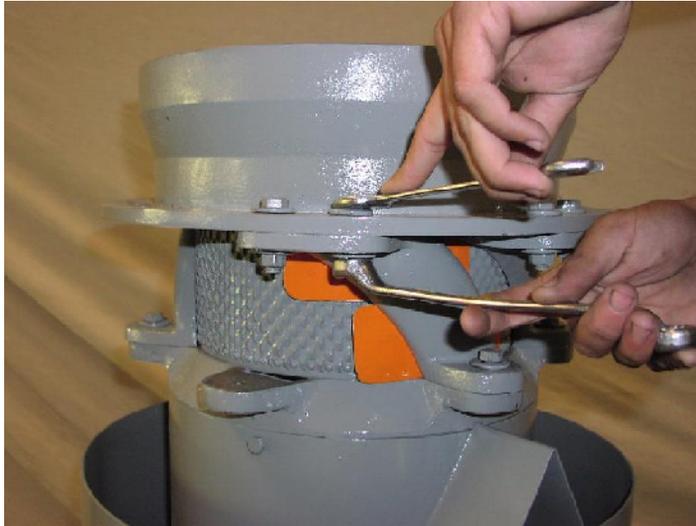
- Sujetar la estructura principal de la máquina al cimiento por medio de tornillos –el cimiento contiene los agujeros para tal fin-. Se recomienda que los tornillos cuenten con roldanas con el fin de absorber vibraciones y evitar que los mismos se aflojen.
- Ensamblar las partes de la máquina según esquema indicado en manual.
- Ensamblar el motor a la parte inferior de la estructura y sus respectivas conexiones eléctricas.
- Otras conexiones como tubos, correas, protectores y otras partes de la estructura también deberán sujetarse con tornillos. No hay necesidad de aplicar soldadura.
- Revisión de alineación correcta de la polea por medio de un nivelador o regla.
- Revisión y ajuste de ruedas mamiladas y canales. El procedimiento está descrito en el manual de la máquina.

**Figura 14. Esquema de ensamble de P.V.**



Fuente: Pinhalense, S.A., Manual de conjuntos ecológicos ECO.

**Figura 15. Ajuste de canales y rueda mamilada**



Fuente: Pinhalense, S.A., Manual de conjuntos ecológicos ECO.

#### **4.1.2.2. Desmuciladora**

El montaje y la instalación de la lavadora o desmuciladora son similares al del pulpero vertical. El equipo es entregado parcialmente ensamblado y la instalación final se realiza en el beneficio. Consiste en:

- Fijación de la máquina al cimiento.
- Ensamblaje de estructura exterior con tornillos proporcionados de fábrica.
- Montaje de motor a la parte superior de la estructura y sus respectivas conexiones eléctricas.
- Conexiones para la entrada de agua con abrazadera y sus respectivas llaves de paso.

### 4.1.2.3. Bombas

La bomba utilizada en el sistema hidráulico es una bomba sumergible para manejo de efluentes, aguas cloacales y partículas sólidas. Está diseñada de manera que su extracción se facilite sin necesidad de entrar en contacto directo con las aguas cloacales, cuenta con un cordón para su levantamiento. Gracias a su peso y disposición, no es necesario sujetarla a la base de los tanques donde se encuentre colocada –en este caso, cajas para recirculación de agua-.

La instalación de la bomba consiste en su colocación en la segunda caja colectora de agua para recirculación. La tubería de salida de la bomba debe ser de al menos 2 pulgadas de diámetro y será acoplada por medio de una unión roscada con la que cuenta la bomba. Es importante resaltar que la tubería de salida debe estar sujeta correctamente por anclajes, como normalmente se recomienda y también debido a que la bomba no estará anclada y la tubería será su único dispositivo de sujeción. Se recomienda la instalación de una válvula de paso –cheque- para evitar el retroflujo después de la salida de la bomba.

**Figura 16. Bomba sumergible para efluentes**



Fuente: [www.starite.com](http://www.starite.com)

Las instrucciones para el uso del cordón de levantamiento se indican en el manual de la bomba. Es importante que no se confunda con la unidad del cordón eléctrico.

Para las instalaciones eléctricas, la bomba cuenta con un cordón para conexiones trifásicas, en este cordón se encuentran identificadas las fases y la línea de tierra. Es muy importante que la bomba esté debidamente conectada al tablero y a tierra antes de su operación.

#### **4.1.2.4. Instalaciones mecánicas**

Las instalaciones mecánicas del beneficio son: las tuberías, sus respectivos anclajes –ambos serán abordados en el inciso siguiente–, estructuras de hierro auxiliares como compuertas y canales, llaves, acoples y el tornillo acoplado.

Las estructuras de hierro serán fabricadas en un taller de herrería según el diseño del beneficio planteado en el capítulo anterior. Es preferible que las medidas exactas de las piezas como las compuertas o guías se realicen con plantillas de los canales (donde irán colocadas las compuertas). La sujeción de estos accesorios se realizará por medio de tornillos empotrados en el concreto.

La instalación del tornillo acoplado debe realizarse después de la instalación del pulpero vertical. El tornillo acoplado se debe soldar a la salida del pulpero vertical de manera que reciba la totalidad de la pulpa, tal y como se muestra en las imágenes siguientes.

**Figura 17. Tornillo Acoplado interior**



Fuente: Acatenango, Chimaltenango.

**Figura 18. Tornillo Acoplado exterior**



Fuente: Acatenango, Chimaltenango.

En el otro extremo del tornillo acoplado, saldrá la pulpa transportada desde la salida del pulpero. Este extremo estará apoyado en un soporte de hierro fijado por medio de tornillos. Sobre este extremo del cilindro se instalará el motor, con el fin de mantener los dispositivos de transmisión en ángulo recto. Para evitar la transmisión de vibraciones al suelo y a la estructura del tornillo acoplado, se recomienda el uso de roldanas aislantes de caucho tanto el soporte de hierro como en las juntas entre el motor y el cilindro del tornillo.

Es útil recordar que todos los motores deben estar aislados del sol y agua ya sea por el techo del beneficio o por un techo individual.

**Figura 19. Tornillo Acoplado accionamiento**



Fuente: Acatenango, Chimaltenango.

#### **4.1.2.4.1. Tuberías**

En el beneficio, habrán dos sistemas de tuberías: la línea de agua o red hidráulica, y la tubería protectora del cableado eléctrico. En ambos casos, se deben contemplar dispositivos de sujeción –anclajes simples atornillados a pared, techo o columna–. En el inciso siguiente se describe detalladamente la línea de agua.

La red hidráulica estará compuesta por tubería de PVC de 2 y de 1” para agua. El tipo de llave que se utilizará será la llave tipo compuerta. La junta de los tubos, codos, acoples y otros accesorios deberá ser realizada con pegamento especial para PVC y con ambas superficies previamente lijadas y limpias.

La red protectora de cableado eléctrico utilizará tubería PVC para el mismo fin.

Los anclajes son elementos de sujeción que ayudan a mantener la forma original de la tubería y alargar su vida útil. Existen varios tipos de anclaje y su uso dependerá de la situación que se presente.

El anclaje más utilizado en este beneficio será el anclaje metálico de sujeción aérea, que se utilizará con el fin de evitar esfuerzos de flexión en tubería y accesorios. También se sugiere la utilización del anclaje de mampostería cuando la tubería reciba en un accesorio –codo, T, acople, unión– una carga vertical que provoque esfuerzos.

### **4.1.3. Línea de agua**

La línea de agua consiste en una red de tubería de PVC, drenajes subterráneos (para recirculación), bomba y colectores. Tiene como fin suministrar al beneficio agua desde las cajas de recirculación a los siguientes puntos del beneficio:

- Receptor
- Pilas de fermentación (2)
- Entrada de desmuciladora
- Caño Colombiano de clasificación

El agua utilizada en las fases del beneficiado anteriores al despulpado – colector, sifón de flujo continuo y despedrador- se debe reutilizar para el lavado de café. Para tal efecto se diseñan dos pilas colectoras. La captación del agua utilizada para transporte y clasificación se realiza en el despedrador; este drena el agua -que ha transportado al café- hacia los drenajes de piso, que a su vez, transportan el agua hacia los colectores, donde puede ser bombeada de nuevo. El agua utilizada para transporte es la que luego servirá para el lavado de café.

Para la instalación de tuberías de la línea de agua, se deben de tomar en cuenta varios factores:

- Instantes antes de efectuar el pegado de los accesorios como codos, acoples, uniones, llaves, etc. Las superficies deben estar limpias y lisas para garantizar que el PVC quede correctamente pegado.
- Cuando se utilicen uniones roscadas, se debe amortiguar y sellar la unión utilizando cinta de teflón en una de las uniones.

- No se debe permitir que los accesorios con los que se compone la línea de agua se encuentren bajo esfuerzos de flexión. Para evitar estos esfuerzos se deben contemplar anclajes en las inmediaciones o sobre los accesorios. En la tubería no se deben evidenciar esfuerzos de flexión, para evitar esto se deben de utilizar anclajes aéreos metálicos.

#### **4.1.4. Instalaciones eléctricas**

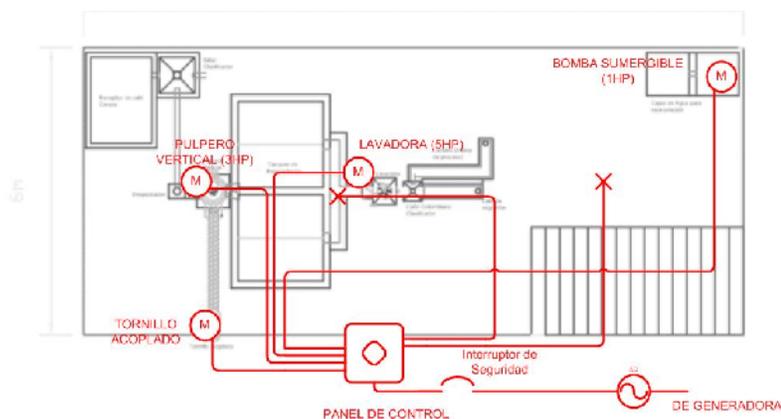
Las principales instalaciones eléctricas del beneficio son:

- Suministro de energía (del generador).
- Panel de control y activación de maquinaria y bomba.
- Líneas de conducción trifásicas –protegidas por tubería de PVC para instalaciones eléctricas-.
- Alimentación de motores eléctricos trifásicos.

Las instalaciones eléctricas deberán ser realizadas y diseñadas por personal técnico especializado. Por razones de seguridad, se debe instalar posteriormente a todas las demás instalaciones eléctricas, el suministro de energía con el equipo de protección necesario –guantes y botas aislantes- y tomar las medidas de precaución necesarias antes de hacer la prueba de funcionamiento.

Las instalaciones eléctricas se muestran en el siguiente diagrama:

**Figura 20. Instalaciones Eléctricas**



Fuente: elaboración propia.

## 4.2. Consideraciones de operación

Con el objetivo de mantener un proceso de calidad, la operación del beneficio debe ser controlada, estandarizada y estar definida a detalle. Parte de esta sección consiste en dejar por escrito los procedimientos de operación para consulta y capacitación de cualquiera que opere en el beneficio.

### 4.2.1. Manual de procedimientos de operación

En el presente inciso, se presenta el diseño del contenido del manual de procedimientos de operación para personal operativo del beneficio. Esto tiene como finalidad, garantizar la calidad y la uniformidad de los lotes de café producidos en el beneficio. El manual de procedimientos de operación está diseñado en el orden del flujo de la materia prima.

A. Recepción: la recepción de café es el primer paso en el proceso de beneficiado de café. Consiste en recibir los sacos de café maduro, pesarlos

y verterlos en el receptor para que inicien su recorrido por el beneficio. Los pasos a seguir son los siguientes:

- Recibir los sacos provenientes del vehículo y anotar el número correlativo y el peso en el control que se le será proporcionado.
- Abrir los sacos y verter el café en el receptor. Es importante que las personas que realicen el vertido de sacos utilicen fajas de fuerza como medida de seguridad.
- Repetir el paso uno y dos hasta que se llene el colector hasta el nivel señalado por una línea o hasta terminar el vertido de todos los sacos.

B. Despulpado: previo al proceso de despulpado, el personal de mantenimiento ya ha realizado una inspección general de la maquinaria. Operativamente, para comenzar con el proceso de despulpado, es necesario completar varios pasos de preparación:

- Verificar que los canales de transporte de café se encuentren limpios y libres de obstáculos.
- Verificar que las compuertas de las pilas de fermentación se encuentren cerradas y que las pilas se encuentren limpias y libres de objetos ajenos al proceso.
- Retirar piedras de las rejillas y depósito del despedrador.
- Encender generadora.
- Abrir panel de control (supervisor).
- Encender Pulpero Vertical.
- Encender Tornillo acoplado.
- Colocar recipiente para café vano.
- Abrir la llave de paso de agua para que el café sea transportado al proceso de clasificación por densidades.
- Encender la llave de regulación de presión de la bomba.
- Encender la bomba.

C. Fermentación: cuando la totalidad del café del receptor ha sido procesada, el café despulpado y con mucílago se deposita en uno de los tanques de fermentación. El operador debe dejar esperando el café hasta que el mucílago se termine de fermentar. La espera del proceso dura alrededor de 24 horas, depende de la temperatura del ambiente y debe ser continuamente monitoreado; si la temperatura ambiente desciende de los 15 °C se debe tapar la pila con una cubierta de nylon durante todo el proceso de fermentación. Se sabe que el mucílago se ha terminado de fermentar cuando al palpar los granos, se siente la cubierta que le sigue al mucílago: el pergamino.

D. Lavado de café (eliminación de mucílago): en esta etapa, el café sale de los tanques de fermentación hacia la máquina desmuciladora -o lavadora- para la remoción total del mucílago.

El desmucilado del café se realiza por medios mecánicos. Después que el mucílago ha sido fermentado y se convierte en un compuesto hidrosoluble, la lavadora arroja tres chorros de agua a presión y gira rápidamente su canasto interior -a 585 rpm-. Para movilizar el café de los tanques de fermentación hacia la máquina lavadora se deben seguir los siguientes pasos para los que se requieren al menos dos personas:

- Verificar que en el café de los tanques, el mucílago se haya degradado, cuando al palpar el grano, se sienta el pergamino.
- Encender lavadora
- Encender bomba
- Graduar chorros de agua de lavadora a nivel marcado para cada una de las tres llaves.
- Abrir la llave del chorro del tanque de fermentación que contenga el café.
- Abrir chorros de caño colombiano (2 chorros)
- Alistar carreta de transporte de café en la salida de caño colombiano.

- Preparar nivel de caño colombiano para café de segundas.
- Abrir compuerta inferior del tanque.
- Asistir personalmente el vaciado de los tanques con espátula.
- Verificar constantemente que el café haya sido bien lavado, es decir, que el mucílago se haya removido completamente.
- Transportar todo el café lavado hacia los patios de fermentación con la carreta. Cuando la carreta se encuentre vaciándose, tapar la salida del café momentáneamente. Repetir hasta que se acabe el lote.
- Retirar el café de segundas y ponerlo a secar por aparte.

E. Secado de café: el secado de café para este beneficio se realiza en patios al aire libre, donde se utiliza la luz de sol para secar los granos de café. Puede ser asistido por medios mecánicos (secadora de aire caliente o Guardiola), pero en este caso se realiza totalmente por secado en patios.

El grano debe ser reacomodado en los patios con aradoras manuales cada cuatro horas, esto con el fin que todos los granos reciban la misma cantidad de luz. Es de suma utilidad contar con un medidor de humedad en granos y medir el punto de secado del café que es del 12% de humedad en peso. El tiempo necesario para secar el grano dependerá de condiciones climáticas y de la región. Para esta región, el tiempo de secado varía entre 4 a 15 días.

**Figura 21. Patios de Secado**



Fuente: Acatenango, Chimaltenango.

F. Almacenaje del grano: el café pergamino es el producto que se obtiene del proceso descrito anteriormente. Para el almacenaje del mismo es necesario pesar previamente cada uno de los sacos a almacenar para obtener los rendimientos del lote en peso.

#### **4.2.2. Diagramas de procesos**

Los diagramas de procesos sirven para representar el flujo que recorre la materia prima hasta convertirse en el producto terminado. Este flujo se representa tanto en operaciones como en el espacio a ocupar.

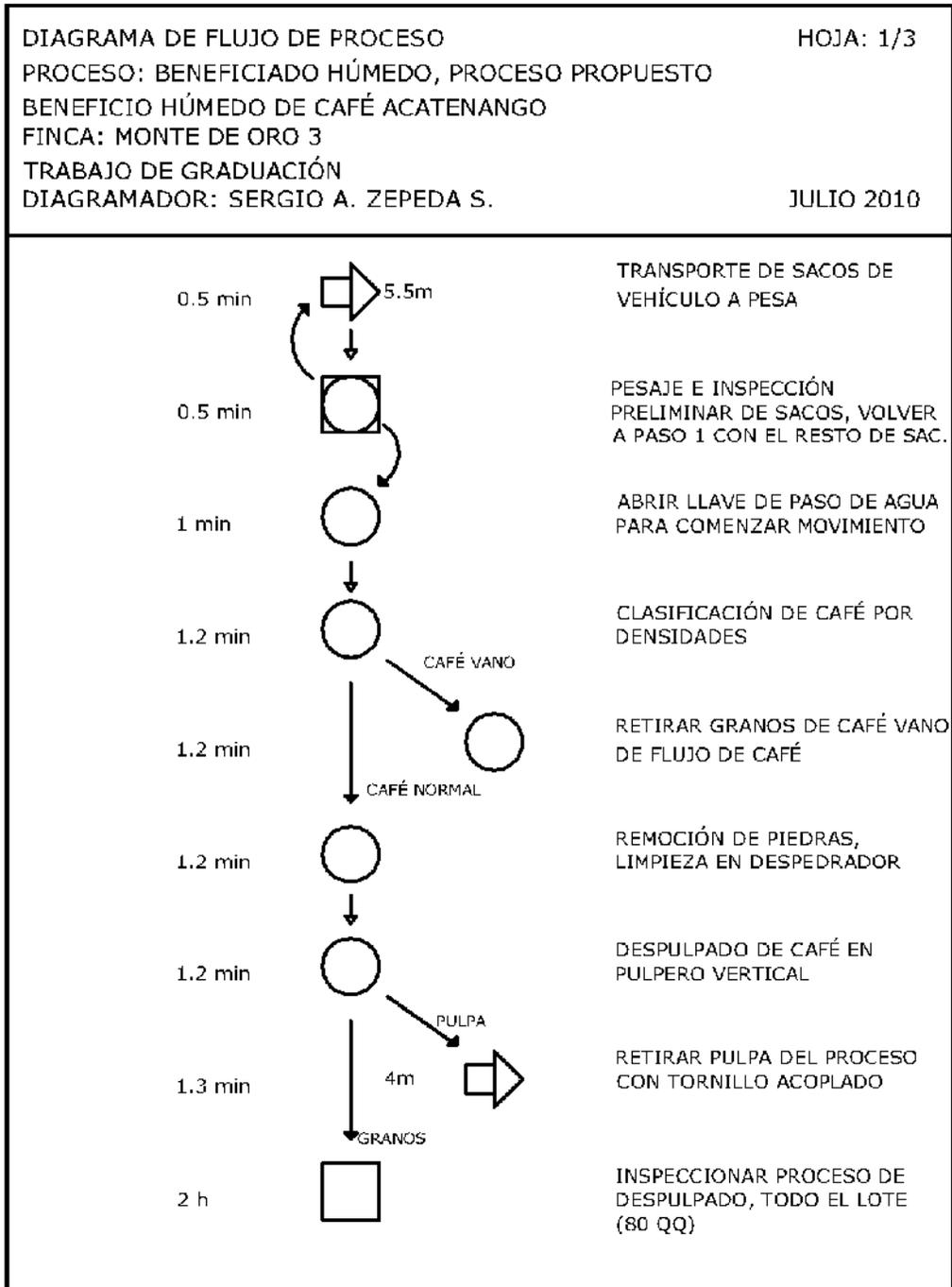
##### **4.2.2.1. Diagrama de flujo de procesos**

El diagrama de flujo presente muestra el proceso de producción en todas las operaciones y actividades necesarias para su transformación. En el diagrama de flujo también se muestran tiempos de operaciones y distancias. El distintivo de los diagramas de flujo es que en este se desglosan las actividades en 6 categorías: operación, inspección, transporte, espera, almacenaje y combinados. Debido a que el proceso que se muestra en el diagrama es un proceso de flujo continuo donde la unidad elemental es un grano de café, que constituye una unidad muy pequeña de observación, los tiempos y distancias se muestran para cada quintal de café y no por grano.

##### **4.2.2.2. Diagrama de recorrido**

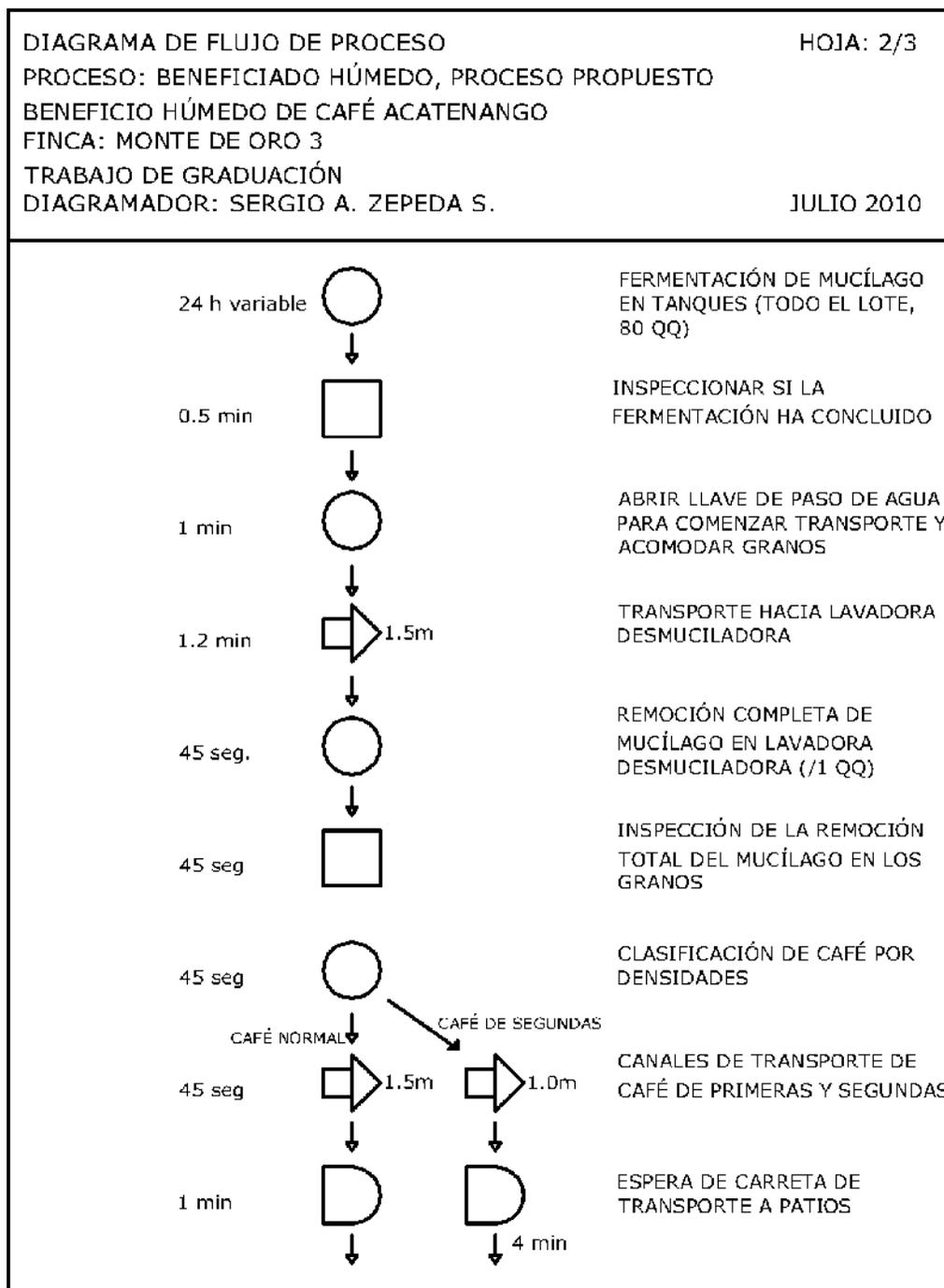
En el diagrama de recorrido del proceso se muestra una secuencia de las operaciones del proceso en el espacio físico de la planta. Sirve para visualizar el proceso de una manera gráfica.

**Figura 22. Diagrama de Flujo 1**



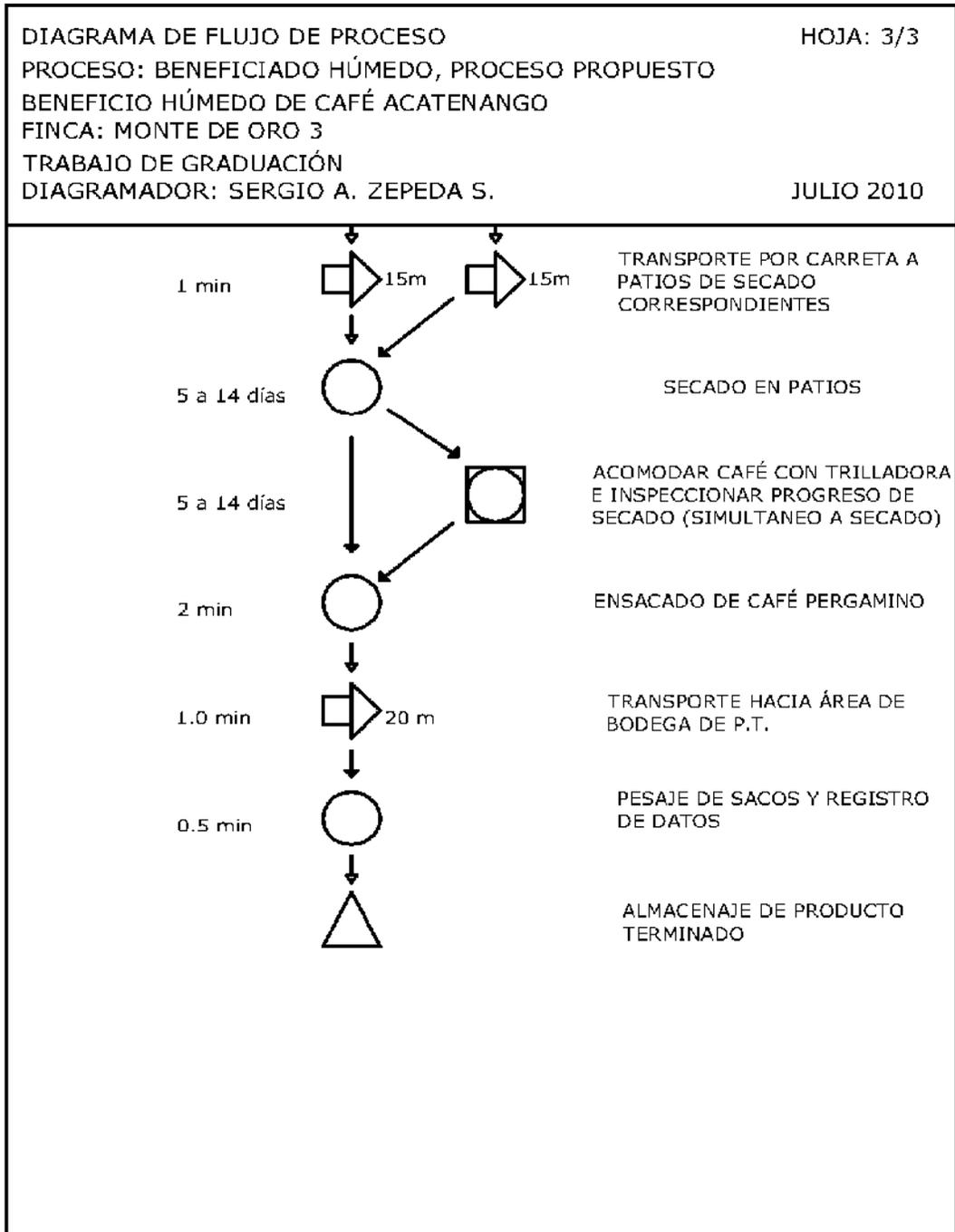
Fuente: elaboración propia.

**Figura 23. Diagrama de Flujo 2**



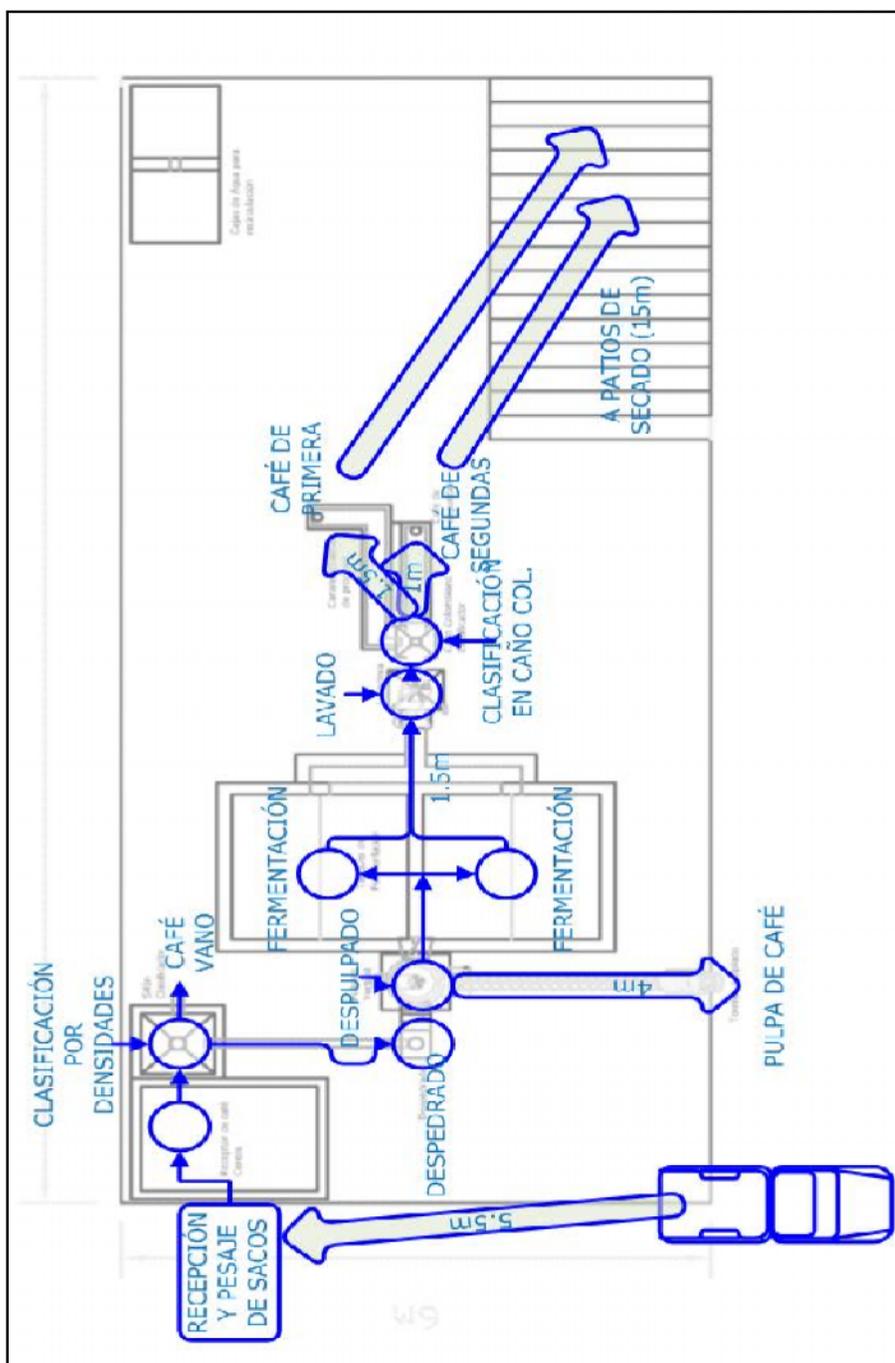
Fuente: elaboración propia.

**Figura 24. Diagrama de Flujo 3**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Diagrama de recorrido del proceso



Fuente: elaboración propia.

### **4.2.3. Otras consideraciones**

Es importante que se reciba retroalimentación de parte del personal operativo respecto del manual de operaciones, –que se realiza con la finalidad que el empleado reciba instrucciones claras que pueda consultar en cualquier momento- los diagramas de operaciones y toda otra documentación para replantearla de manera que sea entendible para el personal operativo y corregir cualquier información que pueda ser interpretada de manera distinta a la deseada.



## **5. MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

### **5.1. Mantenimiento del sistema**

Para efectos del mantenimiento del sistema, se realizará un listado de equipo abreviado, al que se hará referencia en el siguiente capítulo:

PV: Pulpero Vertical

BS: Bomba Sumergible

TA: Tornillo Acoplado

DM: Lavadora o desmuciladora

MD: Motor Diesel

Las ordenes de trabajo, por las que se dejará constancia y se llevará registro del mantenimiento, deberán llevar la siguiente información:

- Numeración
- Fecha de extensión
- Equipo
- Prioridad
- Descripción general del trabajo
- Mano de obra/ técnico responsable
- Materiales necesarios
- Herramientas necesarias
- Equipo y medidas de Seguridad
- Hora de inicio
- Hora de finalización
- Observaciones



Existe un amplio período que permite que se realice el mantenimiento de oportunidad. La época donde no se cosecha café, es una época oportuna para realizar labores de mantenimiento de todo tipo. Entre ellas se debe aprovechar la pintura del equipo e instalaciones, limpieza, revisión exhaustiva del equipo, y el mantenimiento pre y post cosecha que se abordará más adelante.

El pronóstico de la carga de mantenimiento se realiza en base a la capacidad de producción de café maduro de la finca (3000 qq por cosecha) más la cantidad a maquilar, si existiera.

Para el buen control del mantenimiento, el encargado del departamento deberá llevar los siguientes registros:

- Tiempos de labores de mantenimiento (basados en los datos de ordenes de trabajo).
- Tiempo entre fallas de máquinas (de acuerdo al historial de mantto. De maquinaria).
- Consumo energético.
- Repuestos utilizados / Inventario de repuestos.
- Historial de mantenimiento por equipo.
- Otros que el encargado considere pertinentes.

#### **5.1.1. Programa de mantenimiento**

El programa de mantenimiento consiste en una asignación temporal de las tareas de mantenimiento y sus respectivos insumos (mano de obra, materiales, herramientas, repuestos). El programa de mantenimiento para el beneficio de café consistirá básicamente en mantenimiento preventivo, lubricación, ajustes, cambio de piezas, inspecciones y visitas. Se realizará por medio de calendarios de trabajo auxiliados por tablas de insumos necesarios y se repetirá cada año.

El programa de mantenimiento contempla principalmente el tipo de mantenimiento preventivo. El mantenimiento predictivo y el correctivo no aplican para este beneficio. Aunque se pueden dar casos de tareas correctivas de mantenimiento, que se contemplan en los costos y el *stock* de repuestos, no se incluyen en el programa debido a que se evitarán. El mantenimiento predictivo no aplica debido a que los costos del equipo para realizar este tipo de mantenimiento es muy alto comparado con el valor del equipo del beneficio.

Es importante resaltar que el encargado de mantenimiento del beneficio será responsable de registrar toda la información pertinente –mencionada en el párrafo anterior– de las tareas de mantenimiento.

#### **5.1.1.1. Mantenimiento diario**

Durante el período de cosecha, que es donde opera activamente el beneficio, se deben realizar las siguientes actividades con frecuencia diaria:

- Limpieza general de maquinaria, canales y herramientas.
- PV: Después del procedimiento diario, lavado de rejillas con agua y cepillo. Remoción de granos y pulpa de café en el interior del pulpero.
- TA, Lavado de partes del tornillo ayudado con manguera y cepillo. Remoción de pulpa de café no evacuada.
- DM (llave reversible, agua, limpieza superficial. Para limpieza con valvula reversible, poner motor en marcha contraria, ayudar con manguera para limpiar eje central), despedrador y sifón de flujo continuo.

Como herramienta para realizar el mantenimiento diario, se propone el uso de las siguientes tablas de cotejo para las labores de mantenimiento anteriores y posteriores a la operación diaria:

**Tabla XI. Lista de cotejo antes de operación diaria**

LISTA DE COTEJO ANTES DE OPERACIÓN DIARIA						
No.	Tarea	Equipo	Insumos			Chequeo
			Materiales	Herramientas	Repuestos/equipo	
1	Limpieza general de canales, equipo y pilas de fermentación	Gral	Equipo de limpieza general	Trapeador, Escoba, cepillo, trapo		
2	Revisión preliminar	PV		Llaves para tuercas, destornilladores		
3	Revisión preliminar	TA	Equipo de limpieza general	Trapeador, Escoba, cepillo, trapo		
4	Revisión preliminar	DM		Llaves para tuercas, destornilladores		
5	Revisión preliminar	MD	Equipo de limpieza general	Trapeador, Escoba, cepillo, trapo		

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XII. Lista de cotejo despues de operación diaria**

LISTA DE COTEJO DESPUES DE OPERACIÓN DIARIA						
No.	Tarea	Equipo	Insumos			Chequeo
			Matreriales	Herramientas	Repuestos/equipo	
1	Lavado de canales y equipo auxiliar	Receptor, Clasificador, despedrador	Agua	Cepillo, Manguera		
2	Vaciado de despedraror	Despedrador				
3	Lavado de rejillas	PV	Agua	Cepillo, Manguera		
4	Remoción de pulpa sobrante	PV	Agua	Cepillo, Manguera, llaves para tuercas		
5	Lavado de tornillo y remoción de pulpa	TA	Agua	Cepillo, Manguera, llaves para tuercas		
6	Activación de llave reversible y lavado	DM	Agua	Cepillo, Manguera, llaves para, tuercas, destornillador		
7	Limpieza de tanques de fermentación	Tanques de ferm.	Agua	Cepillo, manguera		
8	Limpieza de canales post-lavado	Canales	Agua	Cepillo, manguera		
9	Revisión de nivel de diesel y refrigerante. En caso necesario, llenar.	MD		Papel desechable, limpiador		

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.1.2. Mantenimiento periódico

Con el objetivo de simplificar la ejecución y el control de las tareas de mantenimiento periódico y tomando en cuenta que las recomendaciones del fabricante de las máquinas lo permiten, el mantenimiento periódico se realizará con frecuencia semanal, durante el período de operación del beneficio –época

de cosecha-. Se recomienda elaborar un listado de “providencias”, repuestos e insumos necesarios detectados durante el mantenimiento y la inspección.

Antes y después del Mantenimiento periódico, es necesario limpiar el área operacional de las máquinas, verificar estado de la pintura y piezas de estructura (desgaste, desajuste). Verificar desgaste en fajas, Verificar elementos de fijación (tuercas, tornillos, roscas, soldaduras).

Debido a que la maquinaria del beneficio utiliza varios cojinetes, se debe estar atento a cualquier ruido que éstos presenten durante su operación. Éstos ruidos son un aviso de falla que presentan los cojinetes, se debe registrar los tiempos (horas de trabajo, días) en los que se presente este aviso para estimar el período óptimo de cambio.

La revisión de fajas transmisoras consiste en la inspección en busca de fisuras, desgaste o estiramiento. Se debe reemplazar la faja cuando se identifique alguno de éstos factores. También se debe revisar que la tensión en la faja sea la apropiada (existen medios manuales de realizar esta revisión).

A continuación se describen las tareas necesarias por maquinaria:

PV: semanalmente durante la operación: Verificar tensión de correas, Inspección del estado de piezas que sufren desgaste (rejillas, ruedas mamiladas). En caso necesario, lubricar chumaceras y rodamientos con grasa especial de primera línea a base de litio.

TA: semanalmente, Verificación de tensión en la correa y estado de cojinetes, si es necesario, lubricación de cojinete.

MD: semanalmente, revisar el estado de filtros de aceite, aire, nivel y consistencia de aceite (color y olor comparativo con estado inicial). Chequear nivel de electrolito en la batería, remover obstáculos del ventilador en el generador, revisar y apretar las terminales.

DM:semanalmente, ajustar tensión de fajas. Como medida de seguridad, se recomienda nunca accionar el equipo sin la capa protectora del equipo.

Como una herramienta de planificación y control, se recomienda el uso del siguiente cronograma para las actividades semanales:

Tabla XIII. Programación de mantenimiento periódico diario

MANTENIMIENTO PERIÓDICO-SEMANAL											
No.	Tarea	LUN	MAR	MIER	JUE	VIE	SAB	Equipo	Duración (min)	Herramientas	Materiales
1	Verificar tensión y estado de Faja	X						PV	5		
2	Inspección de ruedas mamiladas (desgaste, excentricidad, golpes)	X						PV	20	Juego de llaves, destornilladores	
3	Inspección de chumaceras y rodamientos (si es necesario, lubricación o cambio)	X						PV	5	Juego de llaves, destornilladores	Grasa de primera línea a base de litio
4	Verificar tensión y estado de Faja		X					TA	5		
5	Inspección de chumaceras y rodamientos (si es necesario, lubricación o cambio)		X					TA	5	Juego de llaves, destornilladores	Grasa de primera línea a base de litio
6	Inspección de filtros de aceite			X				MD	5		
7	Inspección de filtros de aire			X				MD	5		
8	Inspección de aceite				X			MD	2		Aceite tipo API CF-4 para motores diesel
9	Revisión y corrección de niveles (refrigerante, diesel, aceite, otros)				X			MD	5		Aceite tipo API CF-4 para motores diesel, refrigerante para motor, Diesel
10	Inspección de chumaceras y rodamientos (si es necesario, lubricación o cambio)					X		DM	5		Grasa de primera línea a base de litio
11	Verificar tensión y estado de Faja					X		DM	5		

Fuente: elaboración propia.

### **5.1.1.3. Mantenimiento pre y post cosecha**

PVPost Cosecha: Duración 2 días

- Revisión y lubricación de cojinetes
- Revisión de faja
- Pintura de máquina
- Revisión y ajuste de ruedas mamiladas y canales. El procedimiento está descrito en el manual de la máquina. (Si es requerido, cambiar ruedas mamiladas, cojinetes y faja).

DM Post Cosecha: Duración 1 día

- Limpieza cuidadosa de la máquina en toda su área operacional
- Verificación de estado de pintura
- Verificar desgaste en fajas y cambiar si es necesario
- Verificar elementos de fijación
- Pintar con pintura anticorrosiva
- Revisión de estado de cojinetes y lubricación, se debe utilizar grasa resistente a temperatura.

Elaborar listado de provisiones necesarias (repuestos, materiales, herramientas y otros insumos) detectados en mantenimiento e inspección durante la cosecha

MD: Duración 1 día.

El motor diesel, cuando está nuevo, viene lleno con aceite de asentamiento especial para motores de compresión. Es importante que se cambie el aceite a las 100 horas de trabajo (aproximadamente una cosecha) por aceite de operación normal para motores de compresión (API CF-4 utilizado en motores diesel de 4 tiempos o SAE equivalente). Luego del cambio de aceite, es

necesario observar en las inspecciones rutinarias si el motor no desarrolla la potencia requerida o si quema más aceite de lo normal para repetir la etapa de 100 horas de aceite de asentamiento. No se debe mezclar el aceite de operación normal con el aceite de asentamiento

Otras labores de mantenimiento preventivo pre y post cosecha son:

- El cambio de filtros (aceite, aire, diesel) según el estado detectado en las revisiones semanales. Se considera un procedimiento post cosecha debido a que la proyección de cambio se acerca al tiempo de trabajo de una cosecha (120 horas de trabajo efectivo).
- Drenar el deposito de combustible.
- Chequear y limpiar el radiador.
- Revisión de goteos en sistemas de enfriamiento y circulación de Diesel.
- Chequear regulador.
- Retirar el polvo de generadora.
- Chequear tensión de la faja transmisor.

Para el sistema de arranque:

- Chequear la condición de carga utilizando un hidrómetro.
- Limpiar terminales de la batería.

Para el Generador:

- Limpiar las entradas e interiores de los agujeros utilizando aire comprimido.
- Engrasar cojinetes.

BS: la bomba sumergible es adquirida de fábrica con lubricación permanente, no hay necesidad de engrasar ni aceitar durante un servicio normal. En caso de labores correctivas de mantenimiento que impliquen el

desensamble de la cubierta del motor, se debe reemplazar el aceite dieléctrico U197-8A al nivel especificado en las instrucciones del manual de la máquina (no llenar completamente para permitir expansión térmica del aceite). Otra labor correctiva que contempla el manual es el cambio del impulsor y de la junta de la bomba. El instructivo para el cambio de estos componentes se encuentra en el manual de la máquina.

Los motores eléctricos trifásicos que accionan la maquinaria de beneficiado y la generadora no tienen mantenimiento preventivo más que la revisión de la bovinia cada cuatro cosechas. Esta revisión deberá ser realizada por técnicos especializados.

#### 5.1.1.4. Repuestos principales

Los repuestos, insumos y materiales principales que se deben contemplar en el inventario de repuestos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla XIV. Inventario de repuestos**

No.	REPUESTO	EQUIPO	CANTIDAD STOCK
1	Rueda Mamilada	PV	1
2	Cojinete	PV, DM, TA	3
3	Faja	PV, DM, TA	3
4	Llave de paso para agua tipo compuerta	DM	3
5	Filtro de aceite	MD	1
6	Filtro de aire	MD	1
7	Filtro de diesel	MD	1
8	Aceite para motor de compresión API CF-4	MD	1 L
9	Tuercas y tornillos No. 14		15
10	Manguera de agua		1

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.1.5. Costos de repuestos e insumos para mantenimiento

Para obtener los costos del mantenimiento, se toman en cuenta todos los materiales e insumos de las tareas de mantenimiento diarias, periódicas y anuales; éstos se valoran en cantidad y precio. A estos se suman los costos de repuestos, de los cuales se debe mantener un *stock* y tendrán una frecuencia anual estimada de uso. También es necesario resaltar que en los costos, se debe contemplar el tiempo utilizado por los trabajadores en labores de mantenimiento.

Los costos presentados a continuación son una estimación de costos y desde la primera cosecha, se deben registrar los costos reales y tomarse como tales en el siguiente cuadro. Los costos de mantenimiento pueden variar según avance el tiempo de uso de la maquinaria.

El costo de mano de obra total por persona estimado para un día, tomando en cuenta que el salario mínimo actual para trabajadores agrícolas es de Q. 56,00 diarios, según el siguiente desglose de Q. 98,28:

**Tabla XV. Costos de mano de obra**

Mínimo Agrícola	Q56,00	DESGLOSE DE COSTOS DE MANO DE OBRA (Diario, por persona)						
7o. (diario)	Q9,33	IGGS, IRTRA, INTECAP	Bonificación	Indemnización	Bono 14	Aguinaldo	Vacaciones	<b>TOTAL</b>
Devengado diario	Q65,33	Q8,28	Q8,33	Q5,44	Q5,44	Q2,72	Q2,72	<b>Q98,28</b>

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XVI. Costos previstos de mantenimiento diario**

D I A R I O	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
	Mano de obra: 0.75 horas antes de operación, 0.5 horas después de la operación.	1,25	Q12,23	Q15,28
	Otros materiales (Mangueras, cepillos, trapos). Estimado Amortizado diario.	-	-	Q2,00
	<b>TOTAL</b>			<b>Q17,28</b>

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XVII. Costos previstos de mantenimiento periódico**

P E R I Ó D I C O	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
	Mano de Obra: 67 minutos en total	1,116666667	Q12,23	Q13,65
	Otros materiales y herramientas (Llaves, herramientas, cepillos, ) Amortizados semanalmente			Q15,00
	Imprevistos (10%)	-	-	Q2,87
	<b>TOTAL</b>			<b>Q28,65</b>

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XVIII. Costos estimados del mantenimiento pre y post cosecha**

P R E C O S E Y E C H A P O S T	Descripcion	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
	Mano de Obra: 2 días PV, 1 día DM, 1 día MD, TA, 1/2 día.	4,5	Q97,82	Q440,19
	Pintura anticorrosiva (gal)	2	Q95,00	Q190,00
	Lubricante para motor Diesel (L)	1	Q60,00	Q60,00
	Grasa 14 oz	1	Q42,45	Q42,45
	Otros Materiales y herramienta (brochas, sopletes para pintura, cepillos, llaves, tornillos)	-	-	Q250,00
	Imprevistos (10%)	-	-	Q98,26
	TOTAL			Q982,64

Fuente: elaboración propia.

Para obtener el costo por repuestos se toman en cuenta principalmente dos elementos: El costo por almacenamiento y el costo de los repuestos propiamente dicho. El costo por almacenamiento está conformado por la tasa de interés líder en el momento de la valuación (4,50%), costos por limpieza y luz eléctrica (estimado de Q. 30,00 mensuales). Los costos por derecho de piso se desprecian debido a que resultan ser poco significativos comparativamente.

**Tabla XIX. Costos por repuestos**

No.	REPUESTO	COSTO	CANTIDAD ESTIMADA DE USO POR COSECHA	CANTIDAD STOCK ANUAL	COSTOS VARIABLES POR ALMACENAMIENTO	COSTOS TOTALES
1	Rueda Marmilada	Q240,00	2	1	32,4	Q752,40
2	Cojinete	Q260,00	1	3	46,8	Q1.086,80
3	Faja	Q55,00	2	3	12,375	Q287,38
4	Llave de paso para agua tipo compuerta	Q10,00	3	3	2,7	Q62,70
5	Filtro de Aceite	Q46,00	1	1	4,14	Q66,14
6	Filtro de Aire	Q102,00	1	1	9,18	Q213,18
7	Filtro de Diesel	Q40,00	1	1	3,6	Q83,60
8	Aceite para motor de Compresion API CF-4	Q60,00	2	1	8,1	Q188,10
9	Tuercas y tornillos No. 14	Q2,00	10	15	2,25	Q52,25
10	Manguera de agua	Q15,00	1	1	1,35	Q31,35
11	Costos fijos de almacenam Anuales		360,00			Q480,00
TOTALES						Q8.333,90

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta que la cosecha dura en promedio 4 meses (De octubre a enero), el estimado del costo de mantenimiento –incluyendo mano de obra– por año resulta ser de: Q. 6 848,54.

### **5.1.2. Mantenimiento de otras instalaciones**

Las labores de mantenimiento general consisten en un procedimiento diario de limpieza e inspección de: patios, instalaciones eléctricas, canales, piso del beneficio, superficies de máquinas y la limpieza general del beneficio. Entre este tipo de mantenimiento también se incluye el mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas que se incluirá en el inciso 5.4.

## **5.2. Seguridad**

Como parte del diseño y manejo de la operación del beneficio, se debe garantizar la preservación de la salud del personal durante su trabajo en el beneficio y cualquier actividad relacionada con el mismo. Las acciones y medidas tomadas para garantizar la seguridad ocupacional del personal del beneficio, se detallan en los incisos posteriores.

### **5.2.1. Señalización**

La señalización en materia de seguridad consiste en una herramienta de información clara y segura para toda persona que visite o que labore en la planta industrial –en este caso beneficio húmedo-. Por medio de la señalización se indican lugares importantes, acciones, normas y precauciones necesarias para la permanencia o trabajo en el beneficio. También se utiliza para guiar al personal en una evacuación en caso de emergencia.

Es importante que las señales que se adquieran cumplan con normativas internacionales de seguridad (OSHA 1910.144 o normativa internacional equivalente).

En la figura 27, se muestra el plano de la vista de planta del beneficio con la indicación de las señales a utilizar por medio de números que corresponden a la lista de señales industriales de seguridad mostradas adelante. En este listado, también se indica la categoría de la señal y se indican los colores principales a utilizar.

- Letrero: siempre utilizar faja de fuerza (indicación: azul-blanco).
- Precaución: partes en movimiento, no apoyar ni colocar objetos. (peligro: triángulos naranja-negro).
- Precaución: partes en movimiento, no tocar. (peligro: naranja-negro).
- Precaución: no abrir cuando la máquina este en funcionamiento. (peligro: naranja-negro).
- No tocar: ¡alta temperatura!. (peligro: naranja-negro).
- Panel eléctrico: riesgo de choque eléctrico, solo personal autorizado. (proceder con precaución: azul-blanco).
- Salida de emergencia. (señalización de emergencia: verde-blanco).
- Señales para distinción de gradas. (visibilidad, obstáculos: con colores amarillo y negro).

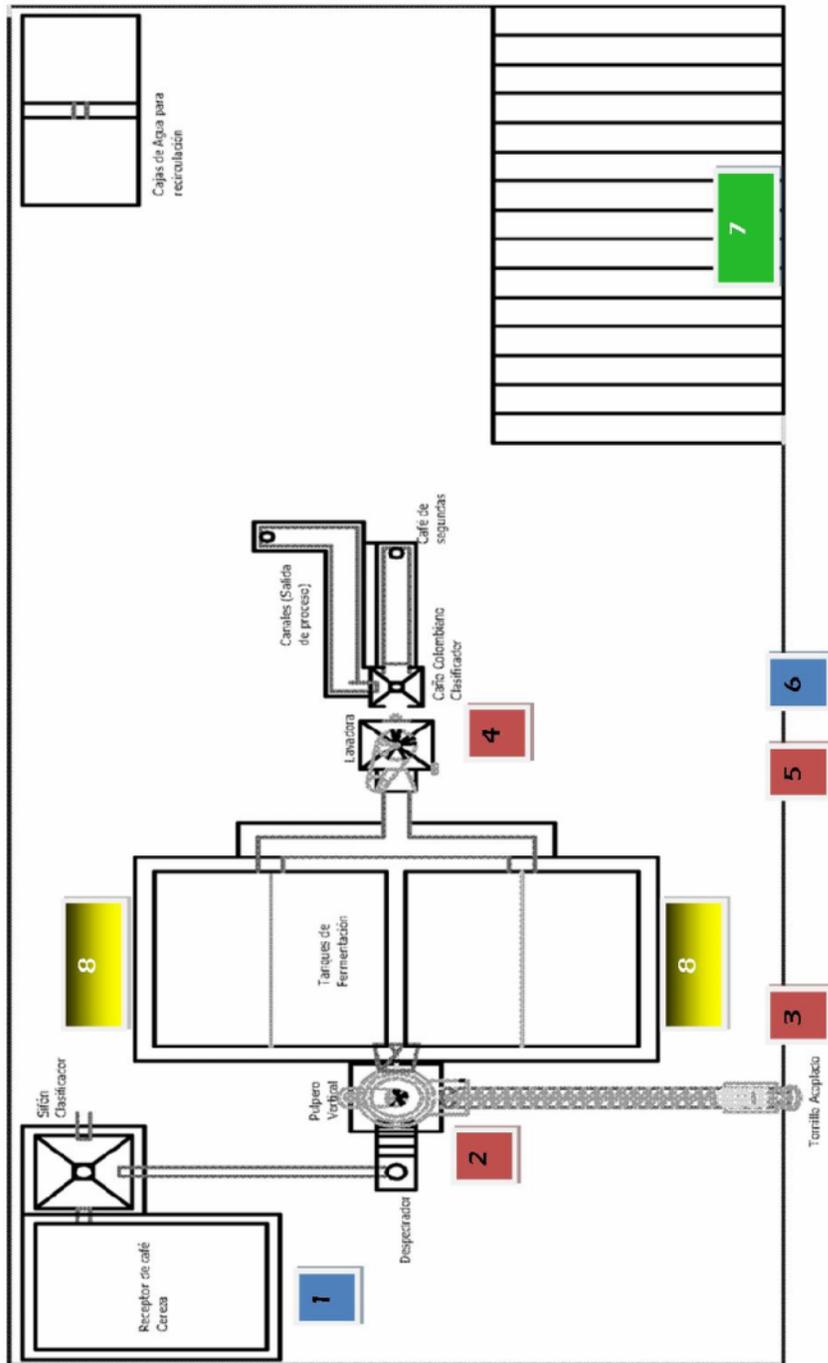
Como parte de la señalización industrial, también se debe incluir un letrero a la entrada del beneficio con las principales precauciones a tomar –por ejemplo, piso mojado y resbaloso- y el Equipo de Protección Personal (EPP) necesario para ingresar el mismo.

### **5.2.2. Dispositivos de seguridad**

La operación del beneficio, debido a su relativa simplicidad y su operación en un solo nivel requiere de pocos dispositivos de seguridad. Estos son:

- Barandales a los lados de las escaleras (Q. 150,00).
- Carreta para transportar café después de lavado. (Q. 200,00).
- Anti-derrapantes de piso (Q. 300,00).
- Troquel para carga de costales de café cereza (Q. 250,00).
- 3 Fajas de fuerza (Q. 300,00).

Figura 27. Señalización de Seguridad



Fuente: elaboración propia.

### **5.2.3. EPP**

Para la operación del beneficio, se considera estrictamente necesaria la utilización de:

- Botas impermeables anti derrapantes.
- Faja protectora para ejercer fuerza –en recepción de café maduro y transporte de café post-lavado-.
- Protectores auriculares tipo tapón.

Es necesario mencionar que a comparación de otros procesos industriales, este proceso en particular requiere de menos equipo de protección personal debido a que el proceso representa bajos riesgos y la operación se realiza en un solo nivel.

### **5.2.4. Otras observaciones**

Es importante informar a toda persona que ingrese al beneficio de las medidas de seguridad que están implementadas. Para esto se tiene contemplado colocar un letrero indicando las consideraciones principales –EPP y precauciones necesarias.

El mayor riesgo que se prevé en el beneficio es el de resbalar, debido a que se trabaja con agua y el mucílago del café también es resbaladizo. Por esta razón, los dispositivos antiderrapantes y las botas son de vital importancia.

### **5.3. Seguridad en mantenimiento**

En incisos anteriores, se detallan las actividades que corresponden al mantenimiento de equipo e instalaciones del beneficio. Para estas actividades, las medidas de seguridad varían respecto a las medidas tomadas para la operación del beneficio. Esto debido a que las actividades correspondientes a mantenimiento implican riesgos y condiciones distintas. Entre los riesgos detectados se encuentran:

- Caída de herramienta y equipo
- Golpes por martillazos o deslizamiento de mano con llaves
- Cortes por uso de sierras, pulidoras o con partes de máquina
- Daño ocular o facial por micro proyectiles
- Daño de equipo por deslizamiento y caída de partes de maquinaria

#### **5.3.1. Consideraciones generales**

El mantenimiento del equipo y las instalaciones del beneficio se debe realizar tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Establecer orden y limpieza antes de comenzar a trabajar.
- Verificar que la corriente eléctrica se encuentre desconectada.
- Contar con una bandeja o plataforma firme para colocar herramientas y repuestos. Es importante que esta bandeja no se encuentre a una altura prudente respecto del piso. No mayor a la altura del pecho.
- Utilizar botas industriales con punta de acero.
- Si se utilizan herramientas que impliquen manipulación de metal –sierras, pulidoras, martillos, etc.- se debe contar con guantes de construcción y la protección facial y ocular necesaria.

- Verificar constantemente y velar porque la herramienta utilizada se encuentre en buen estado.

#### **5.4. Tratamiento de aguas**

En el tratamiento de aguas para un beneficio húmedo de café, el componente principal y característico del agua residual es el agua miel proveniente del proceso de lavado. Las aguas mieles se caracterizan porque la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) –parámetros de medición de contaminación en agua- son muy elevados respecto a otro tipo de descargas industriales o agro industriales.

En el presente inciso se presenta un tratamiento generalizado con miras a adecuarse a las características específicas de la descarga. Sin embargo, el tratamiento específico y detallado de las aguas residuales del beneficio dependerá de los resultados de la caracterización de las mismas en la entrada del tratamiento, en los puntos intermedios y en la salida.

##### **5.4.1. Sedimentación**

A la estructura total encargada del proceso de tratamiento de aguas residuales se le denomina Planta de Tratamiento de Aguas Residuales –PTAR-.

La primera función que debe contener la PTAR para el beneficio en cuestión es La rejilla para retención de sólidos gruesos -Tamiz o rejilla de debaste-. En este paso, se hace pasar el flujo de agua residual por rejillas con orificios de 1/4", 1/8" y 1/16" en ese respectivo orden. Los sólidos retenidos por estas rejillas deben ser retirados de preferencia cada vez que se descarguen

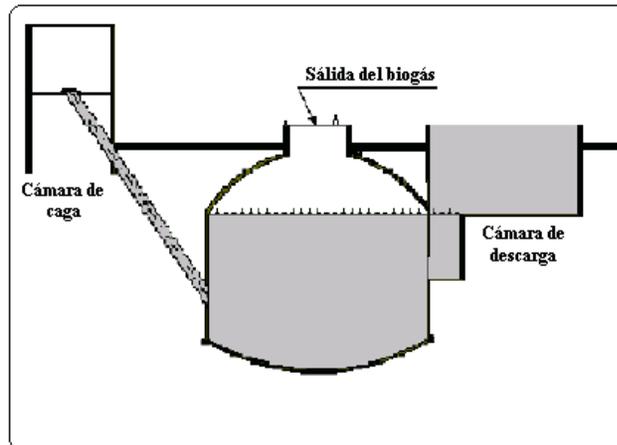
aguas mieles del beneficio, por lo que se deben colocar las rejillas en un lugar de fácil acceso. Se recomienda la inspección constante de las rejillas para evitar una saturación de sólidos gruesos que podría originar obstrucción del flujo.

Luego que al agua residual se le han removido los sólidos gruesos, el agua pasará al proceso de biodigestión. Este proceso se realiza en un tanque cerrado herméticamente llamado biodigestor. La función del biodigestor es que en el mismo, las bacterias presentes en la materia orgánica realicen una digestión anaeróbica –en ausencia de oxígeno-. Este proceso da principalmente dos resultados: gas altamente rico en metano y un flujo libre de olores rico en nutrientes.

El tipo de biodigestor sugerido para esta aplicación es el biodigestor de flujo continuo de tipo cúpula fija. Consiste en un receptor sellado herméticamente, con una entrada de flujo de descarga, salida de flujo y una salida para el gas metano producto de la digestión anaeróbica. Puede ser fabricado utilizando un tanque común domiciliario de almacenamiento de agua. El diagrama de un biodigestor típico de este tipo se muestra en la imagen siguiente. La salida de gas también debe estar herméticamente sellada y es necesario descargar el metano en recipientes para gas después de realizada la digestión.

Este sistema es ampliamente utilizado para tratamiento de aguas con desechos fecales y para aguas mieles de beneficios húmedos de café.

**Figura 28. Biodigestor de flujo continuo**



Fuente: Biomasa: alternativa sustentable para la producción de Biogás. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca" Facultad de Forestal y Agronomía, Departamento de Química.

El siguiente paso, después de la biodigestión, consiste en la sedimentación propiamente dicha –o decantación-. La sedimentación consiste en la acción de la gravedad sobre los sólidos en suspensión en un líquido al llevarlos al fondo de los recipientes –en este caso, pilas de tratamiento- separándolos del líquido sobrenadante ya clarificado. El proceso de sedimentación o floculación es acelerado por medio de la adición de hidróxido de calcio –cal común-, que a su vez, también produce un efecto regulador del potencial de hidrógeno –PH-, que será abordado más adelante.

Esta fase da dos productos: lodos que resultan de la sedimentación y agua de descarga con menor concentración de sólidos en suspensión. Lo recomendable es que se construya una tubería para los sólidos en suspensión –acoplada en un nivel inferior de la pila y con suficiente desnivel para que los lodos puedan salir hacia los patios de secado, se sugiere 5%-.

La sedimentación generalmente se realiza en varias etapas, con la ayuda de igual número de pilas, pero en este caso, por el tamaño del beneficio, el presupuesto disponible y la baja descarga de aguas residuales (1,0 m<sup>3</sup>/día aproximadamente, en época de cosecha) se complementará la fase de sedimentación con la adición de enzimas naturales en la pila de la siguiente fase.

La adición de enzimas tiene como objeto, acelerar la degradación biológica natural de las aguas de descarga dando como resultado una reducción en los parámetros de contaminación del agua; especialmente en dos muy importantes: la DBO y la DQO. En esta fase, también se generan sólidos por decantación que deben ser retirados con regularidad o por flujo continuo, según sea el caso que se llegue a presentar.

Los lodos, producto de la sedimentación, deben ser secados en patios. Ya secos, sirven como abono natural debido a su riqueza en nutrientes. Al igual que el lombri-compost realizado con pulpa –que se realizará en la cooperativa de café-. El gas metano producto de la biodigestión puede ser utilizado como combustible domiciliar o con otra aplicación.

#### **5.4.2. Tratamiento de PH**

En el inciso anterior, se mencionó en la etapa de sedimentación el potencial de hidrógeno –PH- como un parámetro químico a ser tratado. Este parámetro denota la acidéz o alcalinidad de las sustancias y en el caso de aguas de descarga, lo que se busca es equilibrar el PH para cuando se descargue finalmente el agua, ya sea al suelo o a otro cuerpo de agua.

El tratamiento del PH comienza con la adición del hidróxido de calcio que aporta alcalinidad al flujo de descarga con características ácidas –la cal, con PH alto, sube el PH del flujo de descarga, equilibrándolo-. Se considera un valor de PH = 7,0 como PH neutro.

Luego de la adición de enzimas, el agua debe pasar por un canal ya existente con piedras –cantidad considerable de piedra poma, que también aporta alcalinidad- donde se cumple con el doble propósito de elevar el PH y oxigenarse, absorbiendo el oxígeno necesario en el camino para regular su DBO y DQO. El canal tiene un largo aproximado de 50m y tiene un desnivel que transporta el agua hacia la fosa de absorción.

#### **5.4.3. Fosas de absorción**

Antes de construir el beneficio, se debe construir una fosa que favorezca la absorción de las aguas de descarga al suelo. Esta fosa consiste en una concavidad en la tierra, donde el agua previamente tratada se pueda absorber para que parte de ella, enriquezca el suelo y otra parte se filtre hacia los mantos freáticos.

Es importante resaltar que el presente sistema es un sistema de “Cero vertidos” es decir, no se devuelven a cuerpos de agua ni a botaderos, subproductos contaminantes del beneficiado húmedo –como podrían ser la pulpa, lodos o las aguas mieles-. Esto constituye una ventaja a la hora de buscar una certificación internacional que respalde la producción limpia del café.

Otra alternativa a las fosas de absorción es utilizar el agua ya tratada para riego. Esta opción se suele utilizar en lugares con poca precipitación pluvial. Es

útil tener el conocimiento de ella por si llegase a disminuir el nivel de precipitación en la zona.



## CONCLUSIONES

1. La situación actual de la empresa en relación a aspectos productivos y económicos es la de una empresa puramente agrícola, es decir, vende como producto final, el fruto del cafeto –materia prima para la elaboración de café–. Su producto final se encuentra en el primer eslabón de la cadena de valor. La empresa se encuentra en un clima de mercado que invita a la inversión en valor agregado y calidad debido a un crecimiento significativo en la demanda y a cambios en los gustos del consumidor mundial por el café de calidad.
2. La distribución de maquinaria, procesos, almacenamiento y cualquier aspecto referente a espacios físicos determinan en gran medida la eficiencia, eficacia y simplicidad de un sistema productivo. En el presente caso, la distribución de maquinaria y equipo se realizó, como en todo beneficio de acuerdo al desnivel del terreno, al espacio disponible y al orden lógico del proceso. El detalle de la distribución de maquinaria y equipo se encuentra detallado en los planos y diagramas contenidos en el presente trabajo de graduación.
3. De acuerdo al estudio de los manuales de la maquinaria, las condiciones de terreno y la teoría de la ingeniería mecánica, se determinaron las recomendaciones y lineamientos a seguir para la instalación de maquinaria. Entre estos lineamientos, resaltan por su importancia, la instalación de cimientos para la maquinaria previos a su montaje en planta, línea de agua con suministro suficiente para la maquinaria y con las precauciones y consideraciones necesarias, línea eléctrica con su respectivo panel de

control, protección de las maquinas a agentes corrosivos y riesgosos –tapas y recubrimientos de hierro– revisión preliminar y prueba de funcionamiento bajo supervisión.

4. El análisis económico determinó, por medio de un análisis comparativo, como primer punto, que es rentable –a un plazo de cinco años a partir de la presente cosecha y a una tasa de evaluación de 8,8054%–, la inversión en un beneficio húmedo de café para vender como producto final, café pergamino. Como segundo punto, el análisis determinó el monto de la inversión y los respectivos costos de operación y mantenimiento. También determinó las implicaciones económicas de seguir en la situación actual.
5. Los diagramas de procesos y el diseño del proceso se realizó de manera que se garantice la calidad en el beneficiado de café, la eficiencia en el proceso y la eficacia necesaria para procesar la totalidad de la cosecha con la capacidad de inversión de la empresa. Los aspectos críticos en el diseño del proceso son las inspecciones en la entrada, fermentación, lavado y salida del proceso, monitoreo del rendimiento de beneficiado, tamaño necesario de los patios de secado y el diseño del almacenamiento – bodega– que optimice la duración y las características del café.
6. El proceso de beneficiado de café –para el presente beneficio- se encuentra debidamente documentado y detallado, de manera que sirva como referencia a administradores y operadores del beneficio en cuestión. Esto se realiza con la finalidad de guiar a quien opere y dirija el beneficio para que siempre se realice el beneficiado de una manera estandarizada.

7. Es de suma importancia, tanto para la calidad del proceso como para el costo del mismo, que la maquinaria e instalaciones reciban el mantenimiento adecuado. Para tal efecto, se realizó el programa de mantenimiento, en el cual se contempla el mantenimiento de tipo preventivo, predictivo –para el caso de los cojinetes– y proactivo –que depende del seguimiento del mismo–. Las actividades de mantenimiento se calendarizaron y detallaron de acuerdo a la aplicación, recomendaciones de los fabricantes y criterio del autor.



## RECOMENDACIONES

1. Continuar invirtiendo en calidad del café, debido a que el mercado mundial está favoreciendo al café de calidad. Hoy el café se comercializa de distinta manera respecto a décadas anteriores.
2. Avanzar más pasos en la cadena de valor, esta es una estrategia que se debe seguir no solamente para esta empresa, sino para el país en general. Se prevé que avanzando eslabones en la cadena de valor, se percibirán más utilidades.
3. Realizar las medidas ambientales correspondientes con miras a obtener una certificación a nivel internacional, no solamente para cumplir la legislación nacional y la responsabilidad ambiental que deben tener todas las empresas, sino para comercializar el café en mercados internacionales exigentes –como el europeo–, pero que están dispuestos a pagar el precio necesario.
4. Actualizar el programa de mantenimiento constantemente y estudiar las acciones de mantenimiento correctivo que se realicen durante la operación del beneficio para evitar que sigan sucediendo, siguiendo los principios del mantenimiento proactivo.
5. Operar tomando siempre en cuenta las medidas de seguridad dictadas en el presente trabajo de graduación.

6. Buscar la exportación de café tostado y molido u otra forma de consumo final.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American Society for Testing and Materials. *1999 Annual Book of Astm Standards. Section 4: Construction*. Vol 04.01. Estados Unidos: American Society for Testing and Materials, 1999. 600 p.
2. Asociación Nacional del Café. *Cafés de Guatemala, regiones* [en línea] Guatemala: ANACAFE, 2008 [ref. 24 de octubre de 2009]. Disponible en web: <[www.anacafe.org](http://www.anacafe.org)> y <[www.guatemalancoffees.com](http://www.guatemalancoffees.com)>.
3. \_\_\_\_\_. *Manual de caficultura*. [Manual técnico]. 3ª ed. Guatemala: ANACAFE, 1998. 336 p.
4. \_\_\_\_\_. *Seminario de beneficiado, catación de café y cafes especiales*. Guatemala: ANACAFE, 2002. 54 p.
5. Banco de Guatemala. *Comercio General Centroamérica* [en línea]. Guatemala: s.e., Septiembre 2009. [ref: de 20 de septiembre de 2009]. Disponible en Web: <<http://www.banguat.gob.gt/estaeco/comercio/envolver.asp?karchivo=centroamericatoc%2Ehtm&ktipo=g&kpath=/países/2011/CG%2Fcentroamerica%2F>>.
6. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 6ª ed. México: LIMUSA, 2008. 640 p.

7. Editorial de Construcción Arquitectónica. *Conductividad térmica y densidad*. [en línea]. España. DCA, marzo de 2007. [ref. octubre de 2010]. Disponible en Web: <<http://editorial.cda.ulpgc.es/ftp/icaro/Anexos/2-%20CALOR/4-Construccion.PDF>>.
8. El Biodigestor. *El estiércol: una fuente de gas*. [en línea]. Nicaragua: Revista Enlace, No. 69, febrero de 2007. [ref. noviembre de 2010]. Disponible en Web: <<http://revistaenlace.simas.org.ni/articulo/947>>.
9. ESTRUCPLAN. *Colores y señales de seguridad según la norma IRAM 10005*. [en línea]. Argentina: Estructplan on line, enero de 2002. [ref. octubre de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=23>>.
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural*. [en línea]. CENTREINAR Brasil: FAO, 1993. [ref. abril de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S05.htm>>.
11. GUERRERO SPÍNOLA DE LÓPEZ, Alba Maritza. *Formulación y evaluación de proyectos*. Guatemala: s.e., 2005. 110 p.
12. John Deere. *Guía de mantenimiento para motores Diesel*. México: John Deere, 2004.
13. Ministerio de Trabajo y Previsión Social. *Salario mínimo*. [en línea] Guatemala: s.e., 01 de enero de 2010. [ref: noviembre de 2010] Disponible en Web: <[www.mintrabajo.gob.gt](http://www.mintrabajo.gob.gt)>.

14. MONROY, Fredy. *Manual de montaje y mantenimiento de equipo*. [Manual de clase]. Guatemala: USAC, 2008. 15 p.
15. Pinhalense. *Manual de instalación, operación y mantenimiento de desmuciladores Pinhalense de flujo ascendente para café*. Brasil: Pinhalense, 2006. 11 p.
16. \_\_\_\_\_. *Manuales de maquinaria de conjuntos ecológicos –ECO–*. Brasil: Pinhalense, 2004. 15 p.
17. PROCAFÉ. *Recolección y beneficiado húmedo de café*. [Boletín- hoja técnica]. [en línea] Fundación Salvadoreña para Investigación en Café. El Salvador: s.e., enero 2008. [ref. marzo de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.procafe.com.sv/menu/ArchivosPDF/HojaRecoleccionYBeneficiado.pdf>>.
18. RALDA, Francisco. *El comercio mundial de café, mercados de nicho*. [Guía de curso]. Guatemala: AGEXPORT, 2009.
19. SALIH, O.; DUFFUAA, A. *Sistemas de mantenimiento, planeación y control*. 2ª ed. México: LimusaWiley, 2006. 212 p.
20. Seguridad e Higiene. *Señalización industrial*. [en línea]. Argentina: seguridad-e-higiene.com.ar, enero de 2007. [ref. julio de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.seguridad-e-higiene.com.ar/senalizacion-industrial.php>>.

21. STA-RITE. *Manual de instalación, operación y repuestos: Bombas sumergibles para manejo de efluente, aguas cloacales y partículas sólidas*. Estados Unidos: s.e., 2007. 12 p.
  
22. TRUJILLO C., Gerardo. *El mantenimiento proactivo como una herramienta para extender la vida de sus equipos*. [en línea]. México, D.F.: s.e., 26 de agosto de 2002. [ref. agosto de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/lubproact.asp>>.
  
23. URBÁEZ MÉNDEZ, Carlos Luis, et al. *Biomasa: alternativa sustentable para la producción de biogás*. [en línea] Cuba: Universidad de Pinar del Río, 2000. [ref. diciembre de 2010]. Disponible en Web: <<http://biodiesel.com.ar/3101/biogas-una-alternativa-sustentable> >.

# **APÉNDICE 1**

## PLANO DEL BENEFICIO







## **APÉNDICE 2**

Diagrama de Recorrido



