

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño e implementación del proceso de beneficiado húmedo de café  
en Chimaltenango para cumplir con los estándares de calidad  
internacional

Trabajo de graduación presentado por

Rubí Anais Solano Guerra para optar al grado académico de Licenciada en  
Ingeniería Química

Guatemala

2010



Diseño e implementación del proceso de beneficiado húmedo de café en Chimaltenango para cumplir con los estándares de calidad internacional

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño e implementación del proceso de beneficiado húmedo de café en  
Chimaltenango para cumplir con los estándares de calidad internacional

Trabajo de graduación presentado por

Rubí Anais Solano Guerra para optar al grado académico de Licenciada en  
Ingeniería Química

Guatemala

2010

Vo.Bo.:

(f) \_\_\_\_\_

Ingeniero Jaime Rosales

Colegiado No. 320

Asesor

Tribunal:

(f) \_\_\_\_\_

Ingeniero Gamaliel Zambrano

Colegiado No. 686

Director de Ingeniería Química

(f) \_\_\_\_\_

Ingeniera Carmen Ortiz

Colegiado No. 693

(f) \_\_\_\_\_

Ingeniero Jaime Rosales

Colegiado No. 320

Asesor

Fecha de aprobación: Guatemala, 09 de diciembre de 2010

## CONTENIDO

LISTA DE TABLAS .....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	2
A. Descripción del producto .....	2
B. El café en Guatemala .....	2
C. Comercialización de café en Guatemala.....	3
D. Proceso de beneficiado húmedo de café .....	6
E. Tipos de beneficiado húmedo .....	10
F. Procesado de café en Guatemala.....	11
G. Condiciones de operación del beneficiado húmedo en Guatemala y su relación con la calidad.....	13
H. Aspectos ambientales del sector .....	15
I. Operaciones de producción más limpia en el beneficio húmedo de café .....	20
J. Recomendaciones para el mantenimiento de la calidad durante el beneficiado. ....	28
K. Factores que influyen en la calidad del café .....	31
L. Especificaciones de calidad del café.....	32
III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	36
IV. JUSTIFICACIÓN .....	37
V. OBJETIVOS .....	39
A. General.....	39
B. Específicos.....	39
VI. PROBLEMA A RESOLVER .....	40
VII. METODOLOGÍA.....	41
VIII. CRONOGRAMA.....	42

IX.	RESULTADOS.....	43
A.	Diagrama de flujo del proceso.....	43
B.	Balance de masa y energía.....	44
C.	Diseño de equipo y construcciones.....	45
D.	<i>Layout</i> de la planta.....	58
E.	Sistema de control de parámetros que afectan la calidad en puntos críticos del proceso.	61
F.	Guía de control de calidad durante el proceso de beneficiado húmedo de café.....	69
G.	Análisis financiero del proyecto .....	75
X.	DISCUSIÓN .....	76
XI.	CONCLUSIONES .....	84
XII.	RECOMENDACIONES.....	85
XIII.	BIBLIOGRAFÍA .....	86
XIV.	APÉNDICE.....	88
A.	Diagrama de bloques .....	89
B.	Diagrama de operaciones.....	90
C.	Datos originales .....	91
D.	Cálculo de muestra.....	92
E.	Posibles efectos en taza de acuerdo a la recolección del fruto.....	103
F.	Formularios de control de calidad en el proceso de beneficiado. ....	104
G.	Análisis financiero .....	111

## LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1 Número de beneficios húmedos de café por tipo.....	12
Tabla No. 2 Residuos líquidos en el beneficiado húmedo del café. ....	15
Tabla No. 3 Categorías de defectos.....	33
Tabla No. 4 Bases de diseño del proyecto.....	36
Tabla No. 5 Balance de masa teórico del proceso de beneficiado húmedo de café para una base de 500 qq maduro/día.....	44
Tabla No. 6 Balance de energía teórico del proceso de beneficiado húmedo de café para una base de 500 qq maduro/día.....	45
Tabla No. 7 Dimensiones y descripción del recibidor semi-seco.....	45
Tabla No. 8 Dimensiones y descripción del sifón continuo de clasificación. ....	47
Tabla No. 9 Dimensiones y descripción de la criba para clasificación de flotes.....	48
Tabla No. 10 Descripción de los despulpadores principales y repasador.....	48
Tabla No. 11 Dimensiones y descripción de la criba para clasificación de café despulpado.....	50
Tabla No. 12 Dimensiones y descripción de las pilas de fermentación.....	50
Tabla No. 13 Dimensiones y descripción del canal de flujo continuo.....	53
Tabla No. 14 Dimensiones y descripción de los patios de secado.....	55
Tabla No. 15 Dimensiones y descripción del decantador de volumen variable. ....	55
Tabla No. 16 Descripción de la bomba sumergible para el sistema de recirculación y lavado de café.....	56
Tabla No. 17 Análisis financiero del proyecto para tres escenarios proyectados a 10 años.....	75
Tabla No. 18 Datos de referencia para las densidades a granel en el proceso agro-industrial del café.....	91
Tabla No. 19 Constantes en el proceso agro-industrial del café.....	91
Tabla No. 20 Coeficientes de pérdida por fricción en accesorios y válvulas. ....	100
Tabla No. 21. Posibles efectos en taza de acuerdo a la recolección del fruto.....	103
Tabla No. 22 Premisas financieras.....	111

Tabla No. 23 Variables de los escenarios.....	111
Tabla No. 24 Precio promedio de café estrictamente duro por quintal en el año cafetalero 2009/2010.....	112
Tabla No. 25 Inversión inicial en equipo. ....	112
Tabla No. 26 Inversión inicial en construcción. ....	113
Tabla No. 27 Resumen inversión inicial. ....	113
Tabla No. 28 Resumen planilla del personal de operación anual. ....	114
Tabla No. 29 Resumen planilla del personal de administración anual. ....	114
Tabla No. 30 Costos variables para escenario optimista. ....	115
Tabla No. 31 Costos fijos para escenario optimista. ....	115
Tabla No. 32 Costos variables para escenario probable.....	116
Tabla No. 33 Costos fijos para escenario probable. ....	116
Tabla No. 34 Costos variables para escenario pesimista. ....	117
Tabla No. 35 Costos fijos para escenario pesimista. ....	117
Tabla No. 36 Flujo de caja para el escenario optimista. ....	118
Tabla No. 37 Flujo de caja para el escenario probable.....	118
Tabla No. 38 Flujo de caja para el escenario pesimista.....	119
Tabla No. 39 Máxima variación permitida en el precio para el escenario optimista. ....	120
Tabla No. 40 Máxima variación permitida en el precio para el escenario probable.....	120
Tabla No. 41 Máxima variación permitida en el precio para el escenario pesimista.....	120
Tabla No. 42 Máxima variación permitida en la cosecha de la producción esperada para el escenario optimista. ....	120
Tabla No. 43 Máxima variación permitida en la cosecha de la producción esperada para el escenario probable.....	120
Tabla No. 44 Máxima variación permitida en la cosecha de la producción esperada para el escenario pesimista.....	120

## LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1. Componentes del fruto de café. ....	2
Figura No. 2 Cronograma de actividades del proyecto. ....	42
Figura No. 3 Diagrama de flujo del proceso de beneficiado húmedo de café. ....	43
Figura No. 4 Detalles de construcción del recibidor semi-seco.....	46
Figura No. 5 Detalles de construcción del sifón continuo de clasificación. ....	47
Figura No. 6 Detalles de la criba para flotes. ....	48
Figura No. 7 Detalles del módulo de despulpado.....	49
Figura No. 8 Dimensiones y detalles del despulpador. ....	49
Figura No. 9 Detalles de la criba para clasificación de café despulpado.....	50
Figura No. 10 Detalles de las pilas de fermentación de café de primera.....	51
Figura No. 11 Detalles de las pilas de fermentación de café de segunda calidad.....	52
Figura No. 12 Detalles del canal de clasificación continuo.....	53
Figura No. 13 Detalles del decantador de volumen variable vista de planta. ....	55
Figura No. 14 Detalles del decantador de volumen variable vista longitudinal y transversal. ....	56
Figura No. 15 Dimensiones de la bomba sumergible en pulgadas. ....	57
Figura No. 16 Layout de la planta. ....	58
Figura No. 16 Vista en planta del área de producción.....	59
Figura No. 17 Vista en elevación del área de producción. ....	60
Figura No. 18 Diagrama de bloques del proceso de beneficiado húmedo de café. ....	89
Figura No. 19 Diagrama de operaciones del proceso de beneficiado húmedo de café.....	90

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue diseñar una planta de procesado de café cereza para su conversión a pergamino orientada a cumplir con estándares de calidad internacional. Para ello se llevó a cabo un balance de masa y energía del proceso, la selección y dimensión de equipo, la distribución de la planta y del área de producción y el análisis financiero del proyecto. Además, se presenta un sistema de control y una guía de control de calidad de los parámetros que afectan la calidad en los puntos críticos del proceso. La planta está ubicada en San Martín Jilotepeque, Chimaltenango y tiene una capacidad máxima de trabajo de 500 quintales de café cereza al día. Consta de un recibidor semi-seco, un sifón, una criba para flotes, 5 despulpadores, una criba de clasificación, pilas de fermentación y canal de clasificación para el lavado. Además, cuenta con patios para secado natural. El proyecto se evaluó económicamente para tres escenarios variando el porcentaje de café de calidad exportable, café de segunda calidad y natas en la cosecha. Se determinó que la inversión se recupera en 3.9 años. La utilidad que representa el proyecto al inversionista, después de recuperada la inversión y sobre una tasa de rentabilidad mínima exigida al proyecto de 5%, es de Q.3,243,708.20 para el escenario optimista, Q.2,439,084.36 para el escenario probable y Q.1,634,460.52 para el escenario pesimista. Así pues, se obtuvieron tasas de retorno de la inversión de 33% para el optimista, 27% para el probable y 21% para el pesimista. Dado que el precio en la bolsa del café puede variar considerablemente en pequeños periodos de tiempo y el rendimiento de la producción está sujeto a condiciones ambientales, se analizó la sensibilidad de la rentabilidad del proyecto respecto a estos factores y se obtuvo una variación máxima promedio en el precio de 22.59% y en el rendimiento de la producción de 14.23%. Se concluyó que para los tres escenarios propuestos el proyecto es rentable.

## ABSTRACT

The objective of this project was to design a coffee processing plant for conversion from cherry to parchment geared to meet international quality standards. It required a mass and energy balance of the process, the selection and size of equipment, plant layout and production area and the project financial analysis. The project also presents a control system and quality control guidance for those parameters that affect the quality of the final product at critical points of the process. The plant designed is located in San Martín Jilotepeque, Chimaltenango and has a maximum working capacity of 50,000 pounds of coffee cherries per day. Consists of a semi-dry receiver, a siphon, a fleets sieve, 5 pulpers, a classification sieve, fermentation tanks and a washing channel. It also has natural drying patios. The project was economically evaluated for three scenarios varying the percentage of coffee of exportable quality, second quality coffee and other qualities in the annual production. It was determined that the investment is recovered in 3.9 years. The utility gained by investor with the project, after the recovery of the investment and on a minimum required rate of return of 5% to the project is \$400,457.80 for the optimistic scenario, \$301,121.53 for the likely scenario and \$201,785.25 for the pessimistic scenario. Thus, the rates of return on investment obtained were of 33% for the optimistic, 27% for probable and 21% for the pessimistic. Since the stock market price of coffee can vary greatly in short periods of time and the production performance depends on environmental conditions, it was analyzed the sensitivity of project profitability based on changes this issues and obtained a maximum variation in the average price of 22.59% and a production yield of 14.23%. It was concluded that for the three scenarios proposed, the project is profitable.

# I. INTRODUCCIÓN

Guatemala ha producido anualmente alrededor de cinco millones de sacos de 45.5 kg de café, esto ha convertido al país en uno de los mayores productores de café a nivel mundial. Es un pilar importante para la economía del país pues ayuda al sostenimiento económico familiar a través de la generación de empleo directo e indirecto durante la fase de cultivo, cosecha, procesamiento y comercialización. Según la Asociación Nacional del Café, el sector cafetalero es el mayor proveedor de empleo en el área rural, 75 mil empleos fijos y más de 500 mil empleos eventuales. Además, en todo el país existen alrededor de 3,200 beneficios húmedos que producen el café pergamino.

El cultivo del café es solo la primera fase del proceso que tiene como fin llevar al consumidor la bebida. El proceso comprende el cultivo del fruto, la cosecha, el beneficiado húmedo, beneficiado seco y tostado.

El beneficiado húmedo es el proceso que transforma el fruto en café pergamino seco con un porcentaje de humedad aproximado a un 12%. Este proceso se ha caracterizado por un alto consumo de agua y alto índice de contaminación de la misma.

Tradicionalmente el beneficiado húmedo del café se ha considerado como una actividad que no requería de demasiados conocimientos de ingeniería y técnicas de proceso. Actualmente esta tendencia está cambiando, debido a la crisis cafetalera que impone nuevos criterios de calidad y por otro lado, el deterioro del ambiente. Por tanto, a continuación se presenta un prototipo de diseño de un beneficio húmedo de café que garantice que el producto final cumpla con estándares de calidad internacional.

Los pequeños y medianos productores que cuentan con beneficios húmedos de café los han construido de una manera artesanal y empírica. Generalmente, no cuentan con asesoría sobre el diseño de un beneficio que se adecue a sus necesidades de producción y que sea eficiente.

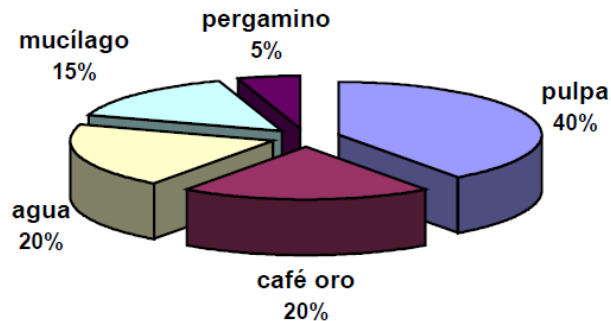
En este trabajo de graduación se presenta una revisión bibliográfica que resume las especificaciones del proceso. Luego, de acuerdo a lo investigado se procede al diseño del beneficio modelo. Se presenta el diagrama de flujo del proceso, el balance de masa y energía, el diseño del equipo, la distribución de la planta y un análisis de costos de la implementación y operación del beneficio.

## II. ANTECEDENTES

### A. Descripción del producto

El fruto del cafeto es una drupa, comúnmente llamada cereza, de forma subglobosa, de color rojo al llegar a su madurez, y que alcanza, según la especie o variedad, de 8 a 15 mm. de largo. Las dimensiones y la forma de los granos, difieren según las variedades, condiciones del medio y del cultivo; tienen en promedio 10 mm. de espesor; su peso en torno de 0.15 a 0.20 gramos. En la Figura 1 se muestran los componentes del fruto del café. (Anacafé, 2000)

Figura No. 1. Componentes del fruto de café.



(Anacafé, 2000)

El cafeto es cultivado por sus frutos o cerezas que dan granos de café. Después de haber sido tostados, estos sirven para preparar una bebida muy popular en el mundo. Asimismo, el café sirve para perfumar en pastelerías, heladerías, etc. La pulpa de los frutos, secos o frescos, se utilizan también como abono orgánico o como alimento para el ganado y la pulpa rica en hidratos de carbono se puede utilizar para preparar aceites esenciales para perfumería. (Anacafé, 2000)

### B. El café en Guatemala

La introducción del café a Guatemala se les atribuye a los Jesuitas. A partir de 1800 surgieron las fincas grandes dedicadas al cultivo del cafeto en los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez, Suchitepéquez, Retalhuleu, Escuintla, Alta Verapaz, Jutiapa y Quetzaltenango. En 1865, el café de Guatemala se hizo representar en la Exhibición Internacional de París. Para el año 1871, el cultivo del café era ya un negocio lucrativo y se constituyó en el renglón principal de la economía de la nación y paso a ocupar el primer lugar entre los productos de exportación. Durante las décadas de los 70 y 80 del Siglo XIX, se abrieron numerosas fincas de café en otros departamentos como Baja Verapaz, San Marcos,

Huehuetenango, Santa Rosa, Sololá, Chimaltenango, Chiquimula, Zacapa, Jalapa y Quiché. (Cifuentes, 2001)

Guatemala es un país netamente productor de café. Ubicado dentro del grupo de “Otros Suaves” cuya característica distintiva es el procesamiento del fruto por Vía Húmeda. Este sistema de trabajo le ha merecido un reconocimiento en el ámbito internacional por la calidad final del café, situándolo entre los mejores cafés del mundo. En virtud de estar situada en la franja central de América, Guatemala tiene una posición geográfica privilegiada que le permite exportar ágilmente sus productos a todos los mercados internacionales. Además, Guatemala dispone de modernas instalaciones portuarias tanto en el océano Pacífico como en el océano Atlántico, así como de dos aeropuertos internacionales localizados en la capital del país y en la norteña ciudad de Flores, respectivamente. (Anacafé, 1998)

### C. Comercialización de café en Guatemala

La comercialización del café es la actividad que se desarrolla entre productores y consumidores finales. La comercialización se puede analizar desde dos puntos de vista: la comercialización interna y la externa.

1. **Comercialización interna.** Se identifican cuatro sistemas principales de comercialización utilizados para hacer llegar el café, desde el productor hacia el consumidor interno, o al mercado internacional. El primero identificado como el canal principal o dominante, compuesto por el productor-intermediario, utilizado básicamente por los pequeños productores. (Diem, 2002)

El mediano productor que vende directamente al beneficio y al exportador, registrándose algunos casos de venta a las cooperativas. El productor grande usualmente tiene su propio beneficio y vende directamente a exportadores. (Diem, 2002)

El aspecto de mayor importancia en la comercialización es el hecho de que los intermediarios llegan a captar hasta el 66.67% del total de los ingresos netos derivados del proceso de producción y comercialización del café. Como resultado, el pequeño productor solamente logra captar el 18% de estas utilidades. El sistema productor-cooperativa muestra ser altamente eficiente en la comercialización de pequeños productores incrementando la captación del productor a una proporción del 76.40% de los ingresos netos similar a la obtenida por estragos grandes. (Diem, 2002)

2. **Comercialización externa.** Las empresas exportadoras juegan una función importante en esta actividad. Por la condición que fija este tipo de operación se requieren fuertes inversiones para almacenar y procesar el producto antes de ser enviado al extranjero. (Diem, 2002)

3. **Análisis de comercialización.** Generalmente, en el caso de los productores de café de la comunidad, no asociados, individualmente o en grupos sin organización, se conjuntan y trasladan en transporte contratado su producto (café maduro) a la cabecera departamental, lugar donde lo negocian con acopiadores particulares o representantes de algún beneficio húmedo de empresas de la región.

Los exportadores en Guatemala se clasifican como productores-exportadores y exportadores comerciales. El mayor número consiste de productores-exportadores. Sin embargo, son los exportadores comerciales los que mueven el mayor porcentaje de café. De acuerdo con la Asociación *de Exportadores de Café (ADEC)*, el 2% de los exportadores maneja el 50% del volumen nacional de café. (Conde, 2004)

Los cafés de mayor calidad, por su altura y su proceso de despulpado son los Arábigos Lavados, dentro de los que se cataloga el café de Guatemala. El mercado internacional del café en las últimas décadas denota una tendencia definida, lo que permite determinar cuatro mercados diferentes para el café guatemalteco en la industrial del café internacional. Estos son: (Conde, 2004)

- a. Café Corriente
- b. Café de Altura
- c. Café con Indicaciones Geográficas de Origen
- d. Cafés Sostenibles (Mercados Emergentes)

De estos cuatro segmentos, los tres últimos se identifican la categoría de mercados diferenciados y los cafés de más calidad como gourmet. La diferenciación de mercados puede ser una valiosa herramienta para tener ingresos más altos/ y obtener reputación en el mercado. (Conde, 2004)

La crisis estructural de los precios internacionales del café combina los efectos económicos, sociales y ambientales negativos. La acumulación de pérdidas pone en riesgo la actividad del sector pero en especial la del productor. De allí surge la necesidad de buscar mecanismos que le permitan al productor mejorar sus niveles de ingreso, a través de la utilización de instrumentos que busquen la eliminación de intermediarios, que la mayoría de las veces se quedan con la ganancia del productor. (Conde, 2004)

- a. **Café de Altura.** El café de altura hace referencia a los cafés semiduros, cultivados entre 1,100 y 1,225 metros sobre el nivel del mar (msnm), duros, cultivados entre 1,225 y 1,400 msnm y estrictamente duros, a una elevación superior a 1,480 msnm, con tamaño, homogeneidad y regularidad aceptable. Su característica comercial es que obtienen un premio adicional al precio que asigna la bolsa de valores al café corriente, debido a la alta calidad del producto. (Conde, 2004)

El *café* de altura es utilizado por los tostadores de café de especialidad que mueven grandes volúmenes tales como: *Starbucks* (Washington), *Barnies Coffee & Tea Company* (Florida), *Gloria Jean's Coffee Beans* (Illinois), *The Coffee Beanery* (Michigan). Este café es también el que se exporta a Europa y Japón, en donde el consumidor promedio es mucho más exigente y está acostumbrado a tomar un café de alta calidad. (Conde, 2004)

b. **Café Con Indicaciones Geográficas de Origen.** En el pasado, el consumidor final del mercado norteamericano contaba con opciones limitadas de producto, que consistían en mezclas de cafés baratas y de baja calidad. Al abandonarse las cuotas de café en el mercado internacional, los detallistas empezaron a ofrecer cafés no mezclados (también conocidos como cafés de origen) de una variedad de regiones entre las cuales se encontraba: Colombia, Yemen, Java, Kenya, Costa Rica, Guatemala y Jamaica. Estos cafés contaban con características distintivas de sabor y apariencia, lo que permitía que los comerciantes y consumidores pudieran distinguirlos de inmediato. (Conde, 2004)

El café con Indicaciones Geográficas de Origen (GIO, por sus siglas en inglés), se define como aquel café de la más alta calidad. Este podría representar el 2% de la producción total de Guatemala y es el que recibe un premio superior en el precio, en el mercado internacional, por los cuidados especiales que lleva su producción y requieren de una certificación de origen bajo estándares internacionales. Se identifica como un café específico, de una región o finca, con producción exclusiva y limitada, con características físicas claras como el microclima, la composición del suelo y variedades particulares. (Conde, 2004)

Mientras más específico y pequeño sea el origen de estos productos, más fuerte es la competencia que representan para Guatemala. Otro factor importante para este segmento es lo exótico y diferente de su origen, ya que los consumidores están interesados en el producto y en su procedencia, por lo que requieren desarrollar relaciones directas con los compradores. (Conde, 2004)

c. **Situación del Mercado.** El análisis de mercado tiene una demanda-precio inelástica, compuesta por unos pocos tostadores y distribuidores que dominan el precio del mercado mundial. Por el lado de la oferta, relativamente elástica, se encuentran muchos oferentes con intereses disímiles y poca respuesta de grupo. Aplicaciones de nuevas técnicas de tostado han permitido a los tostadores reducir en sus mezclas el uso de cafés de calidad. El surgimiento de nuevos productores en el mercado y la aplicación de mejores técnicas de producción han incrementado la oferta superando la demanda. Estos cambios -de origen estructural- han provocado la caída de los precios internacionales del café, afectando especialmente las producciones tradicionales de cafés de altura que tienen costos de producción más altos y a la vez emplean más mano de obra. Sin embargo, la demanda de un café con características distintivas está aumentando y abriendo nuevos nichos de mercado. (Conde, 2004)

#### D. Proceso de beneficiado húmedo de café

Las etapas requeridas en el beneficiado húmedo tradicional se describen brevemente a continuación:

1. **La recolección o cosecha.** Un buen beneficiado inicia en esta etapa, manteniendo uniformidad en el corte. Los frutos se deben cortar en su estado óptimo de madurez, evitando frutos verdes o semi-verdes, así como los sobre maduros o secos. El café cortado debe ser procesado el mismo día para evitar el deterioro de la calidad. (Anacafé, 1995)

2. **La recepción o recibo de café.** El producto se recibe por peso y se revisa que todo el café esté en su punto de madurez. Después, se coloca en el tanque recibidor donde, por medio de gravedad, se arrastra el café hacia la salida que lo lleva directamente hacia los pulperos. (Anacafé, 1995)

Los recibidores con agua, comúnmente llamados “sifones”, son tanques cuya función principal es la separación rápida y apropiada de todo aquel material que por su menor densidad flota, permitiendo así su arrastre por una corriente de agua. Esta operación debe efectuarse lo más rápido posible; de lo contrario, parte del fruto que inicialmente flota se hundirá mezclándose con el fruto de buena calidad que se encuentra en el fondo del tanque. (Menchu, 1993)

El tanque tradicional se construye con fondo en forma de pirámide invertida, con cuatro lados, inclinados por lo menos 45 grados sobre la horizontal, para facilitar por gravedad el movimiento del café. Además, posee una caja o registro para drenaje, cubierta con lámina perforada. El tubo de descarga del café maduro puede hacerse vertical, con una T para conectarlo con el canal de alimentación de pulperos o bien directo y siguiendo la inclinación de una de las esquinas. Dicho tubo varía de diámetro según el número de pulperos para alimentar. Usualmente es de 4” a 6” de diámetro. (Menchu, 1993)

3. **El despulpado.** El despulpado de café debe iniciarse durante las primeras 4 o 5 horas de recibido, si se tarda más tiempo, se corre el riesgo de que se inicie la fermentación dentro del fruto, afectando con ello la calidad del fruto. Si por circunstancias especiales no se puede despulpar el café cortado el mismo día, el almacenamiento del mismo debe hacerse bajo agua en corriente si es posible. (Anacafé, 1995)

Esta etapa consiste en separar el epicarpio del fruto, comúnmente llamado pulpa, dejando al descubierto los granos de café únicamente cubiertos por una película delgada y melosa denominada mucílago. Para esta parte del proceso se necesita una máquina despulpadora. (Anacafé, 1995)

El proceso es el siguiente. El café que cae desde el recibidor seco pasa por un despedrador o trampa de piedras, el cual funciona con agua, para eliminar objetos extraños y pesados que puedan dañar las máquinas despulpadoras. Luego, cae a un sifón para separar el café de primera que se hunde al fondo del mismo y los

flotes o cafés de segunda que salen en un rebalse hacia una criba en seco. Esta criba sirve para separar el café seco y los granos buenos, retornando los buenos con el café de primera. Utilizando un recuperador de agua, se separa el flujo de café maduro del agua, llevando el café a los pulperos. Inmediatamente que el agua se separa por medio del recuperador, se descarga en un punto más bajo donde se utiliza para transportar por arrastre el café recién despulpado hacia una criba rotativa cónica. (Anacafé, 1995)

El pulpero convierte el café maduro en pergamino. El subproducto de esta operación es la pulpa la cual se extrae del área de beneficiado a una lugar apropiado por medio de un “tornillo sin fin”, extrayéndole el agua previamente. (Anacafé, 1995)

La pulpa del café representa aproximadamente el 40% en peso del fruto fresco, es por tanto, el residuo más voluminoso del beneficiado húmedo de café. La densidad aparente de la pulpa fresca es de aproximadamente 5.5 qq por metro cúbico. (Menchu, 1993)

4. **Clasificación y limpieza del grano despulpado.** El grano despulpado es clasificado por tamaño y densidad en una criba rotativa. Esta máquina es accionada mecánicamente y separa el café que no fue despulpado por una u otra razón. La criba separa tres calidades de café. El primero es el de buena calidad que por medio de agua es llevado hacia las pilas de fermentación, de primeras. El segundo café o flotes, de baja densidad, va hacia pilas de fermento de segundas y el café mal despulpado es pasado por un pulpero repasador para luego ser trasladado a la pila de segundas. (Anacafé, 1995)

5. **Eliminación del mucilago.** Como se mencionó anteriormente, el grano de café recién despulpado está recubierto de una capa mucilaginoso (mesocarpio), que representa entre el 18.5 y 21.5% del peso del fruto maduro con relación al contenido de humedad. El mucilago cubre el endospermo de la semilla que mide aproximadamente 0.4 mm de espesor; es una estructura rica en azúcares y pectinas. La densidad del café recién despulpado es de 18.1 qq/m<sup>3</sup>. (Anacafé, 1995)

El café de primera que fue cribado se lleva por agua hacia las pilas de fermentación con el fin de dejar el mismo en reposo por un periodo de aproximadamente 32 horas. De esta manera, las mieles que recubren el grano se desprenden a través de procesos químicos naturales de fermentación y oxidación. (Anacafé, 1995)

Posiblemente, esta es la fase del beneficio húmedo más delicada, en lo que se refiere a la obtención de calidades finas de café. La eliminación del mucilago se puede lograr por diferentes medios, pero la más común es la fermentación natural. Existen otros medios de eliminación del mucilago como las máquinas desmucilagadoras, la utilización de álcalis y otros productos químicos y la fermentación enzimática artificial. (Menchu, 1993)

Desde el punto de vista químico, la fermentación del café se reduce a la degradación de las pectinas y otras sustancias pécticas complejas a ácido galacturónico. Además, los azúcares del mucilago que no fueron lavados, durante el despulpado, son fermentados por microorganismos, produciendo alcohol y después ácidos orgánicos. (Menchu, 1993)

La formación de ácidos conforme avanza la fermentación hace que el pH de la masa baje de 6.0 que tiene cuando el mucilago está fresco hasta alrededor de 4.0 cuando está en lo que se llama “punto de lavado”. Por otro lado, la actividad enzimática se acelera fuertemente con la temperatura, haciéndose la fermentación más corta en los días calurosos, así mientras que en algunas zonas la fermentación puede durar hasta 24 horas en otras bastan 12 horas para efectuarse. Asimismo, cuando se recircula el agua de despulpado el proceso se acelera de tal manera que en menos de siete horas ya se puede lavar el café fermentado. (Menchu, 1993)

Como el mucilago es una sustancia gelatinosa insoluble en el agua (hidrogel), es necesario solubilizarlo para convertirlo en un material de fácil remoción en el lavado (hidrosol), en pilas. Las pilas poseen doble desagüe (para agua y para café), de tal manera que el agua que se ha usado en las etapas anteriores es recuperada y llevada a un tanque decantador. El propósito es reunir todas las aguas, decantar las fibras naturales y por medio de una bomba sumergible llevarlas a los distintos puntos de necesidad. El café recién despulpado posee una densidad aparente de  $18.5 \text{ qq/m}^3$ . (Anacafé, 1995)

El espesor del café en las pilas no debe sobrepasar de un metro de altura, el desnivel deberá ser, por lo menos, de 4 a 6% de pendiente. Además, deben tener pichachas en el piso, una por cada metro de longitud, para drenar con facilidad los jugos formados. (Anacafé, 1995)

**6. Lavado y clasificación.** Consiste en la operación de quitar los restos de mucilago que quedan adheridos al pergamino, por medio de la inmersión y paso de una corriente de agua. El café es expulsado de las pilas utilizando una corriente de agua y luego se lleva al canal de clasificación. El canal posee una pendiente de 0.75%; esto da al canal un flujo laminar que permite la clasificación del café recién lavado. (Anacafé, 1998)

Al final del canal se colocan reglillas de madera, con una pulgada de ancho, para ayudar a crear este flujo, en el cual, por densidad, primeramente son trasladados los materiales de inferior calidad, mientras que el café de mayor peso es llevado por el agua muy lentamente. Al completar la primera lámina de café se coloca una segunda reglilla y se repite de esta manera el ciclo, hasta llenar el canal, o bien, hasta que se agote el café. (Anacafé, 1998)

Para cantidades de grano elevadas, es necesario lavarlo por medio de dispositivos mecánicos como bombas centrifugas y eyectores hidráulicos. Las bombas centrifugas desprenden los residuos de la

fermentación por medio de la fricción provocada de la masa en movimiento a través de las tuberías de conducción. (Menchu, 1993)

Conviene mencionar el hecho de que períodos de remojo adicional de 24 ó 48 horas del café lavado, no sólo mejora el aspecto sino que puede eliminar los sabores indeseables derivados de procesar fruta inmadura o fermentaciones incompletas. Esto provoca tazas más limpias que demuestran mayor acidez en la prueba de catación. (Menchu, 1993)

7. **El secado.** Según Fernando Caldas, ingeniero en avances del secado del café, la dinámica del secado de café es el proceso de separación entre un líquido y el sustrato seco que lo contiene, y como tal, su dinámica constituye en un complejo proceso de transferencia de masa y calor dentro del grano, donde las características y velocidad de secado son determinadas por las propiedades de café, la cantidad de energía aplicada y la forma o el método a través del cual se produce calor en el producto.

Consiste en bajar la humedad del café pergamino recién lavado, de un 55% hasta un 10 a 12%, que es cuando está disponible para su almacenamiento y/o comercialización. El café se deja reposar en patios de cemento o, en el mejor de los casos, de arcilla en periodos de alrededor de 6 a 8 días, dependiendo de la intensidad solar, moviéndolo constantemente con herramientas adecuadas, tales como: rastrillos, paletas y escobones. Colocado en camellos, escurre el agua superficial, luego se extiende en capas con espesor que varía entre 5 y 10 centímetros. (Anacafé, 1999)

La mayor parte de los patios de café se hacen de concreto y ladrillo de cemento, sin embargo, aún se emplean sobre todo en la zona de Antigua Guatemala, los patios de ladrillo de barro, pese a su menor resistencia a la abrasión y cierto retraso en el secamiento. En ellos se consigue secar en forma menos drástica y más pareja. (Menchu, 1993)

También está la alternativa de utilizar secadoras de café, previo presecado en los patios. Estas secadoras son accionadas por combustible. Debe tenerse cuidado de mantener la temperatura entre 55 y 60°C máximo. (Anacafé, 1999)

8. **Almacenamiento del grano.** En muchas fincas del país se mantiene la costumbre de almacenar el grano en pergamino hasta finales de la cosecha. Por tanto, la tendencia ha sido ressecar ligeramente el pergamino pensando en una posible ganancia de peso por la humedad del ambiente, por lo que se seca el café hasta niveles del 10% o menos sobre la base húmeda. Se deben utilizar para los almacenes las áreas que parezcan más frescas durante el día y se debe mantener el mayor aislamiento posible para puesto que temperaturas promedio de 20 a 25°C y una humedad relativa de 65% en el ambiente es ideal para mantener el producto en buenas condiciones. (Menchu, 1993)

## E. Tipos de beneficiado húmedo

1. **Beneficiado tradicional.** El beneficiado que se usa tradicionalmente en Guatemala se hace de la manera descrita con anterioridad. Los sifones utilizados tienen una capacidad promedio de 40m<sup>3</sup>, según Anacafé. Se utilizan despulpadoras con pecho de hierro, pecho de hule, etc. de diseño antiguo que utilizan grandes cantidades de agua para el despulpado. El transporte de la pulpa hacia tanques de reposo se hace con métodos hidráulicos. (Barrios y Ponce, 1997)

Según publicaciones de Cenicafe, se consumen aproximadamente 20 L de agua limpia por kilogramo de café pergamino seco en el despulpado y transporte hidráulico de la pulpa. Cuando la pulpa es transportada con agua a los tanques de reposo, utilizando un litro de agua por cada kilogramo de fruto maduro, la cantidad de sustancias (materia orgánica) que pasan al agua por cada dos kilogramos de fruto maduro, tiene una capacidad contaminante equivalente al de una persona al día, según Zuluaga y Zambrano.

Este método presenta muchos inconvenientes, por ejemplo, es de duración variable, ya que la altitud y la temperatura afectan el tiempo de fermentación, pues el café de cada región tiene enzimas que actúan en forma diferente. En fincas ubicadas en alturas bajas, la fermentación requiere de 24-36 horas, en las altas desde 36 hasta un máximo de 80 horas, el tiempo varía conforme la época de la cosecha, prolongándose en los meses de temperaturas más bajas. (Alvarado y Rojas, 1994)

Cuando el café se lava manualmente en el tanque de fermentación, el consumo específico de agua es de 4.2 L/kg de café pergamino seco. La contaminación generada por el lavado del café, en términos de demanda química de oxígeno (DQO) expresada en g de DQO/kg de fruto maduro, es de 30.0 y representa el 26.3% de la contaminación potencial generada por el beneficio húmedo del café. (Oliveros, 1995)

2. **Beneficiado potencialmente inocuo para el ambiente.** Este tipo de beneficio es poco utilizado en Guatemala. Se denomina con este nombre a cualquier proceso de beneficiado húmedo que utiliza sistemas que disminuyen la cantidad de agua necesaria para la transformación del café al hacer uso de tecnología empleándola adecuadamente. La educación de las personas que operan dicha tecnología es clave para que el proceso sea realmente inocuo para el medio ambiente.

Para lograr una reducción de la cantidad de agua utilizada, se introducen diferentes variantes al método tradicional, una de las cuales es el uso de métodos mecánicos para transportar la pulpa que sale del despulpe hacia las fosas de almacenamiento. Para ellos se hace necesaria la adopción y construcción de sistemas de transporte diferentes al hidráulico, entre ellos el de gravedad, el tornillo sin fin y el cable-disco. (Zulunga y Zambrano, 1993)

Según Barrios, otra variante al beneficiado tradicional es el uso de máquinas llamadas demucilagadoras mecánicas que desprenden las miles del grano. Este tipo de máquina se basa en la fricción de los granos entre sí, o bien de los granos contra un sólido adecuado, que rota a velocidad variable. Existen varios tipos de demucilagadoras entre las que se pueden mencionar: Aquapulpa, Pinhalense, Raoeng, Hess, Tipo HAes, Elmu y Fimar.

El desmucilagado mecánico realizado con equipos apropiados permite remover el mucílago con ventajas sobre la fermentación natural, tales como: reducción significativa del consumo de agua, reducción de la contaminación, obtención de mayor cantidad de café seco (1 a 2% más), gracias a la eliminación de las pérdidas de materia por respiración del grano. (Oliveros ,1995)

En resumen, las mejoras que se han hecho al proceso original de beneficiado tradicional son: reducción de los volúmenes de tanques sifones hasta  $\frac{1}{4}$  de su capacidad original, construcción de recibidores secos o parcialmente secos, diseño e implementación de despulpadores que realicen el trabajo en seco, alimentación mecánica por medio de tornillos helicoidales del café maduro hacia los despulpadores en seco, traslado mecánico de la pulpa por medio de bandas y o tornillos helicoidales, incorporación de desmucilagado mecánico para reducir la carga contaminante, reciclaje de aguas en las etapas de despulpado, clasificación y lavado, lavado mecánico del café, tratamiento primario de decantación del agua residual en el tanque recolector/decantador, compostaje de la pulpa de café por medio de diferentes métodos, retención del agua residual a través de acequias, pozos de absorción y lagunas de oxidación.

## F. Procesado de café en Guatemala

Se estima que actualmente existen unos 5000 beneficios húmedos, los cuales se clasifican de la siguiente manera:

1. Beneficio tradicional
2. Semitecnificado
3. Tecnificado
4. Artesanal
5. Comercial

El siguiente cuadro muestra el número estimado de beneficios de cada tipo y el porcentaje del total que cada uno representa. (Barrios y Ponce, 1997)

Tabla No. 1 Número de beneficios húmedos de café por tipo

<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Tradicional	1490	29.8
Semitecnificado	1117	22.34
Tecnificado	373	7.46
Artisanal	2100	40
Comercial	20	0.4

(Barrios y Ponce, 1997)

1. **Beneficiado tradicional.** Este tipo de beneficio fue construido a finales del siglo pasado. Generalmente se encuentran ubicados en lugares que presentan una red hídrica con bastante caudal. Su característica principal es que debido a su diseño requieren del uso de grandes volúmenes de agua. Se estima que utilizan alrededor de 2000 a 3000 litros de agua para procesar un quintal de café pergamino seco. (Barrios y Ponce, 1997)

2. **Beneficiado semitecnificado.** Este tipo de beneficios se ubica en forma general cercano a una fuente de abastecimiento de agua, ya que el principio es el mismo de un beneficio tradicional con un proceso de reconversión gradual. Las mejoras que ha sufrido el proceso del tradicional hacia este sistema están basadas principalmente en minimizar los volúmenes de agua utilizados por medio del proceso de recirculación de las mismas, logrando una disminución de los volúmenes utilizados en el proceso anterior hasta 50%. (Barrios y Ponce, 1997)

3. **Beneficiado tecnificado.** Este tipo de beneficio puede estar ubicado en cualquier lugar de la finca, no necesariamente a orillas de un cuerpo de agua. El desarrollo tecnológico ha permitido crear sistemas que tienden a minimizar aun más la cantidad de agua a utilizar, que reduzca los volúmenes hasta un 90% en comparación con el proceso del beneficiado tradicional. La idea primordial es la reingeniería del proceso al reconvertir la infraestructura y equipo tradicional hacia tecnología que minimicen el impacto de la contaminación ambiental. (Barrios y Ponce, 1997)

4. **Beneficiado artesanal.** Están distribuidos regularmente dentro de las parcelas y/o viviendas de los productores. Debido a los bajos volúmenes, el grano de café recolectado y procesado el mismo día en pulperos manuales, elaborados por el propio productor (de madera) o bien de fabricación comercial. La fermentación y lavado se realiza en sacos de yute o nylon o bien en pilas de madera (canoas), y finaliza el proceso con un secamiento al sol. (Barrios y Ponce, 1997)

5. **Beneficiado comercial.** Estos beneficios encajan en cualquiera de los tipos mencionados con anterioridad con excepción del artesanal. Los propietarios no necesariamente son productores de café, sino que pueden estar conformados por sociedades de compradores/exportadores. Debido a los grandes volúmenes de procesamiento, lo cual genera de igual manera grandes cantidades de subproductos, estos en su mayoría no disponen de sistemas de tratamiento adecuados de los mismos. (Barrios y Ponce, 1997)

## G. Condiciones de operación del beneficiado húmedo en Guatemala y su relación con la calidad

Al igual que el resto de las características de la cadena cafetera, la densidad, tamaño, capacidad y características técnicas de los beneficios, varía según la región. Es decir, que la capacidad instalada de beneficiado no necesariamente se corresponde con una consecuente producción, sino que podría superarla o bien no lograr abastecer la demanda local. En algunas regiones del país como Alta Verapaz, gran parte del café debe salir del área para procesarse, lo que ocasiona problemas de calidad por sobrefermentación durante el transporte. En otras regiones, como Huehuetenango, hay muchos beneficios húmedos pero en precarias condiciones, así que los problemas de calidad proceden de un despulpado deficiente, una fermentación incorrecta y un proceso de secado a veces insuficiente o en tales condiciones que en los pequeños patios se continúa la fermentación, por un exceso de espesor de la capa de café. (Roux, 1992)

Entre otros beneficios húmedos, cerca de 1400 están situados en la zona cafetera de Huehuetenango y son pequeñas unidades de despulpa individuales poco sofisticadas.

En el caso de los pequeños productores que benefician el café, según un diagnóstico de la agroindustria rural en Guatemala realizado por Barrios y el INCAP se estableció que lo hacen básicamente con la siguiente tecnología:

1. Pulperos cilíndricos de metal (de marca Eterna de Colombia) y existen todavía entre 10 y 15 por ciento de pulperos antiguos de madera accionados manualmente. Algunos son móviles.
2. Pilas de cemento o canoas de madera para fermentar y lavar el producto y en algunos casos separar primeras y segundas.
3. Pequeños patios, cajas de madera, petates lienzos de plástico o de tela para secar el café.

En cuanto a la operación, el estudio concluyó que raramente se clasifica el uva fresca por separación de las flotes antes del despulpe. Los aparatos carecen de ajuste y no se hace clasificación por criba en la mayoría de los casos; tampoco se hace repaso. El sistema de eliminación del mucílago por fermentación se hace en una caja de madera o un saco de tela.

En los productores más importantes existen pilas de concreto para la fermentación pero varía bastante la duración de la fermentación, entre 12 y 48 horas, normalmente en función del clima, pero con un control frecuentemente deficiente. Muchos productores que no tienen pilas guardan los maduros 2 días antes del despulpado o mezclan las cerezas de dos cortas en el mismo recipiente. Esto provoca serias alteraciones sobre la calidad final del café. Asimismo, por el reducido espacio en las pilas, la fermentación no es uniforme, causando sobrefermentación en los granos que se ubican en el fondo de la pila; esto produce un café de sabor vinoso. Se hace un lavado muy sencillo, en cubetas o cajas, sin clasificación. El secado tiene una duración de 3 a 5 días, generalmente insuficiente o discontinuo, siendo guardado el café demasiado húmedo para su conservación sin pérdida de calidad.

Para los medianos y grandes productores que benefician café, el diagnóstico determinó que la complejidad del proceso aumentaba al aumentar el volumen procesado. Además, poseen una tecnología más apropiada y con más control. Esta se describe a continuación:

1. Pilas de recepción de café uva y clasificación según la densidad, en sifón, con separación de flotes o natas.
2. Despulpe del café uva en pulperos en metal, muchas veces mediante un motor.
3. Clasificación del café despulpado en zarandas o cribas y repasador.
4. Fermentación en pilas de concreto.
5. Secado del pergamino en patios de concreto, algunas veces sobre plástico.

El proceso del beneficiado húmedo tiene buena organización global del beneficio pero con numerosos defectos de manejo, según se describe a continuación.

Existe un mayor tiempo de espera en beneficio, lo que ocasiona fermentación del café en cereza. Sumado a esto, no existe una clasificación del producto por grado de madurez antes de despulparlo. No está programada una calibración frecuente de las máquinas lo que provoca que se pierdan granos entre la pulpa o un porcentaje de frutos no despulpados. La mala calibración en las zarandas o cribas permite el paso de café cereza junto con el pergamino o el pergamino dentro de los desechos. La presión de volúmenes de despulpado y en espera resulta en una fermentación mal controlada con sobrefermentación o subfermentación del producto. En la fase de secado, el tamaño de los patios es insuficiente por lo que se forman camas demasiado gruesas lo que provoca una sobrefermentación lo que da origen a producto manchado, con olor y sabor a moho.

Algunos procesadores y exportadores enfrentan problemas en el lavado del café debido a deficiencias en la cantidad y calidad de agua. Esto resulta en un pergamino de color amarillento o rojizo. Los beneficios

más grandes son generalmente los mejor mantenidos. El principal defecto encontrado consiste en la pila de recepción única y un número reducido de despulpadores grandes que no permite separar las uvas de orígenes o de calidad distintas.

## H. Aspectos ambientales del sector

El beneficiado húmedo de café se caracteriza por el alto consumo de agua para el despulpado, transporte, fermentación, lavado y clasificación del grano de café. En las operaciones anteriores no se utiliza ningún agente químico que ayude a procesar el producto.

Del fruto del café, solo alrededor del 18% termina siendo café oro, el resto constituye residuos potencialmente contaminantes al medio ambiente si no se manejan adecuadamente.

### 1. Residuos líquidos

a. Fuentes y caracterización. Las aguas residuales generadas por el proceso tienen generalmente alta carga orgánica y un pH ácido. En la mayoría de las operaciones del beneficiado húmedo se utiliza agua como medio o agente de transporte y clasificación, provocando su contaminación en menor o mayor grado. A continuación se presenta una tabla con las operaciones en donde se utiliza agua y las principales características contaminantes de los efluentes:

Tabla No. 2 Residuos líquidos en el beneficiado húmedo del café.

<b>Operación</b>	<b>Uso</b>	<b>Características de los efluentes</b>
Recibo y clasificación	Como medio de transporte y clasificación del café maduro.	Suciedad de frutos y componentes disueltos de granos maltratados por el transporte.
Despulpado y clasificación	Como agente de transporte y separación de la pulpa del café maduro, y clasificación de café despulpado.	Más del 50% de la carga contaminante generada en todo el proceso. Descarga mínima de 3 kg de DQO por quintal de café oro, depende del proceso.
Lavado y clasificación	Eliminación del mucilago según tipo de remoción (natural, mecánica o químico)	Aporta aproximadamente 3.4 kg de DQO por quintal de café oro en forma de sólidos suspendidos y materia disuelta en agua.
Transporte	Transporte del café a secado.	Mínima contaminación de las aguas que se utilizan en esta operación.

(Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

Tanto los volúmenes de agua que se emplean, como la demanda química de oxígeno, varían gradualmente y dependen de las condiciones de beneficiado, y las condiciones climáticas, ya que en zonas secas, o en época seca, obliga a la recirculación de las mismas. (Cifuentes, 2001)

b. Impacto al ambiente. Al descargar inadecuadamente las aguas residuales del beneficio se contaminan suelos, manto freático o fuentes de agua naturales. Todo esto debido a que las aguas residuales del beneficiado húmedo de café contienen alta carga orgánica, pH ácido, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, entre otros. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

La contaminación de las aguas con esta clase de desechos, se mide generalmente por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) o bien por la demanda química de oxígeno (DQO), las cuales están basadas en la determinación de la cantidad de oxígeno necesaria para que tales aguas resulten inofensivas para la vida vegetal acuática y los peces. (Cifuentes, 2001)

La contaminación generada por los beneficios de café se basa fundamentalmente en un aporte de carga orgánica del lavado del mucilago fermentado y otros componentes del fruto, el cual le confiere ciertas características indeseables al agua de arrastre del mismo, ya que afectan básicamente sus cualidades organolépticas (olor, color y sabor). Durante el procesamiento del fruto, no se le da ningún aporte de contaminación por medio de microorganismos que puedan ocasionar enfermedades de tipo gastrointestinal, de igual manera no se hace uso de ningún reactivo químico que pueda contener metales pesados. (Anacafé, 1998)

c. Tratamiento de las aguas residuales. Se entiende como tratamiento de aguas residuales, aquellos trabajos encaminados a conseguir la eliminación o reducción hasta límites tolerables de sustancias contaminantes presentes en el agua, posterior a un uso que se haya dado, ya sea doméstico, agrícola o industrial. Un trabajo de descontaminación de cualquier agua residual, persigue alcanzar la protección y/o preservación del medio ambiente humano y/o natural. (Toledo, 2003)

Dar tratamiento a aguas residuales, se torna una tarea difícil, puesto que se debe extraer de un volumen de agua, una o varias sustancias indeseables que prácticamente han sido disueltas y bien incorporadas al agua limpia. Es diferente la situación, cuando se trata de contaminación por sólidos, por ejemplo, depositados al aire libre; estos por su consistencia, pueden ser fácilmente colectados y depositados en lugares donde no sean perjudiciales. (Toledo, 2003)

Se ha visto como el beneficiado húmedo del café, provoca los problemas de contaminación al medio ambiente; en este caso, la afectación causada por las “aguas mieles”. Se sabe también, que estas aguas mieles, contienen principalmente, contaminación de origen orgánico. De tal manera lo que se pretende, al

tratar el agua, es reducir al máximo la cantidad de materia orgánica que se agrega durante el proceso de beneficiado húmedo. (Toledo, 2003)

Existe una amplia gama de posibilidades para dar tratamiento a aguas residuales, éstas alternativas se clasifican según los aspectos de su funcionamiento. Las principales formas de tratamiento que pueden ser aplicadas al tratamiento a aguas mieles del café, por separado o combinadas pueden ser:

1) Tratamiento químico. Este tratamiento incluye para su implementación la adición de sustancias químicas como principal elemento para su operación (Toledo, 2003)

2) Tratamiento físico. Con este método se persigue la remoción de sustancias contaminantes, separándolas generalmente por medio de sedimentación y/o filtración, aprovechando las propiedades de densidad de las partículas. (Toledo, 2003)

3) Tratamiento biológico. La implementación de un método de tratamiento biológico, incluye la presencia de una gran cantidad de microorganismos encargados de desempeñar la función de descontaminantes. Este tratamiento es el que ofrece las mayores posibilidades para remoción de contaminación orgánica. Puede operar de diferentes formas, de acuerdo a las condiciones, en cuanto a presencia de aire se refiere. (Toledo, 2003)

## 2. Residuos sólidos

a. Fuentes y caracterización. Los residuos sólidos en el beneficiado húmedo de café se generan principalmente en el despulpado. En caso que el beneficio cuente con un área de beneficiado en seco (producción de café oro), se generan residuos sólidos en el trillado llamados cascabillo o cascarilla. Para la pulpa se tiene un promedio de producción de 2.2 kg de pulpa por kg de café oro y un promedio en volumen de 2 m<sup>3</sup> por tonelada métrica de pulpa. Para el caso del cascabillo se tiene un promedio de producción de 0.25 kg por kg de café oro. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

b. Impacto al ambiente. Existen básicamente dos maneras inadecuadas de eliminar la pulpa del proceso: acumulándola en el suelo o desechándola en una fuente de agua. Si se acumula en el suelo esto provoca malos olores, crecimiento de insectos, lixiviación al suelo de agua mieles, contaminación visual y riesgo de contraer enfermedades. Si se desecha a una fuente de agua se crean condiciones de biodegradación con una alta demanda de consumo de oxígeno en el agua y la producción de compuestos con mal olor. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

c. Sistema de tratamiento para subproductos. La pulpa de café se obtiene durante el beneficiado húmedo del café al separarse por medio de la despulpadora, la corteza o mesocarpio del grano. Representa el 40% del peso total del fruto por lo que se considera uno de los desechos más importantes del beneficiado. (Toledo, 2003)

Cuando la pulpa se extrae del beneficio posee del 75-80% de humedad, esto expresa la dificultad de su manejo y su disposición constituye un problema de contaminación que en la mayoría de los países productores de café no se ha resuelto de manera satisfactoria: en busca de deshacerse de forma rápida y fácil es arrojada a ríos y quebradas que, en muchos casos, son fuente de abastecimiento de agua potable o de uso doméstico o agrícola representando un grave peligro para la salud humana y para el medio ambiente. (Toledo, 2003)

En la mayoría de los países productores de café el procesamiento del beneficiado húmedo se realiza en la finca del productor, independientemente de la escala de producción. Esta modalidad tiene como consecuencia que las cantidades de pulpa son más fáciles de manejar. A diferencia de los países, en los cuales se da un beneficiado centralizado generándose grandes volúmenes de pulpa, que ocasionan serios problemas a los beneficiadores. (Toledo, 2003)

Actualmente en Guatemala, al igual que en otros países centroamericanos, se hacen esfuerzos para incidir a través de la concientización y educación a los productores para que utilice de forma adecuada y económica la pulpa según sus necesidades. Existe un sin número de publicaciones científicas y prácticas para su uso, principalmente como abono orgánico y como alimentación de ganado. Otros usos que se le ha dado a la pulpa de café, es como un sustrato para el cultivo de hongos comestibles. Esta experiencia la han desarrollado con mucho éxito y de acuerdo a datos presentados, se pueden obtener de 113 hasta 175.8 Kg. de hongos frescos por tonelada de pulpa de café (peso húmedo). (Toledo, 2003)

Además, se ha utilizado la pulpa como lecho para crianza de larvas; esto, como fuente de proteína alterna para alimentación de cerdos y gallinas, y también, como sustrato en la lombricultura para producción de abono orgánico. Se han realizado investigaciones para utilizarla como materia prima para la producción de biogás como fuente alterna de energía o combustible.

1) La pulpa de café como abono orgánico. Se entiende por abono orgánico al conjunto de materia orgánica producida por animales y plantas que es biodegradable o sea que se puede descomponer, rico en bacterias nutritivas y microorganismos activos que permiten una mayor disponibilidad de macro nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y Potasio y micronutrientes, garantizando de esta manera la fertilidad permanente para los cultivos. (Toledo, 2003)

El empleo de componentes orgánicos y especialmente el de pulpa de café, tiene como principal objetivo el mejoramiento de las condiciones físico-químicas y biológicas del suelo. La importancia de la pulpa de café reside principalmente en el alto porcentaje de materia orgánica que contiene (mayor del 90%). El adicionamiento de materia orgánica al suelo permite ventajas que ningún fertilizante químico es capaz de proporcionar, sin embargo su uso trae desventajas a la vez. Por ejemplo, requiere de mucha mano de obra, el volumen de producción de pulpa no es suficiente para abonar a toda la plantación y sus efectos se notan a mediano plazo pues los elementos nutritivos los desprende paulatinamente. (Toledo, 2003)

A pesar de la inversión en mano de obra que en algunos países es una limitante, justifica su uso por el aumento en la producción y calidad del producto, así como la robustez de las plantaciones. El adicionamiento de abonos orgánicos en suelos escasos de materia orgánica proporciona al suelo, mayor resistencia al proceso erosivo y promueve un mayor grado de humedad en el suelo. (Toledo, 2003)

La pulpa de café como abono orgánico es una práctica que en diferentes países se ha considerado como una experiencia con resultados favorables económicamente. Países como Nicaragua y México valoran su uso como fertilizante orgánico en fincas con manejos biológicos. Es importante hacer notar, que existe interés de los países europeos por consumir café que se cultive bajo técnicas que requieran de un uso mínimo de agroquímicos. La utilización de fertilizantes químicos aumenta la producción, pero trae consigo efectos perjudiciales al suelo y al medio ambiente. (Toledo, 2003)

2) La pulpa como alimentación animal. Ante la necesidad de mejorar y asegurar la alimentación animal durante la época seca, se ha generado alternativas de sustento con materia prima existente en el país, una de ellas es precisamente la pulpa de café. La incorporación de la pulpa de café en la ración completa de ganado vacuno, en niveles que van de 20 a 40% de concentrado y del 10 a 20% de materia seca de la ración completa, no provocan disminuciones en la producción de lecheo. Para obtener resultados satisfactorios se recomienda introducir gradualmente la pulpa en la ración diaria. La limitante más grande de la industrialización de este desecho, la falta de educación y concientización de los sectores políticos y productivos. Otra de las dificultades es el problema de aceptación de los productores por el olor y la presentación del producto. (Toledo, 2003)

3) Combustión de la pulpa de café secada. El consumo energético en el proceso de secado en los beneficios, es garantizado por medio de combustibles fósiles como diesel, por leña o cascarilla (pergamino de café) y por medio de energía eléctrica. En los últimos años se ha procurado dar un valor energético a la pulpa de café, que como ya sabemos, representa el 40% del peso del fruto. La pulpa por su alto contenido de humedad, requiere de un proceso previo de deshidratación o secado para poder ser utilizada como combustible. En los trabajos realizados en Guatemala, se propone, primero, realizar un

prensado de la pulpa fresca, para romper su estructura fíbrica y eliminar un determinado porcentaje de humedad y posteriormente someterla a un proceso de secado con el fin de dejarla apta para la combustión.

#### 4) Emisiones atmosféricas

a) Fuentes y caracterización. La generación de emisiones atmosféricas se da en dos áreas del beneficiado húmedo: en el secado mecánico y en la degradación de la pulpa cuando no es manejada adecuadamente. En el secado mecánico se utilizan combustibles para el calentamiento del aire de secado (generalmente diesel, madera, poda de finca o cascabillo) y esta operación produce gases de combustión los cuales contienen CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> y partículas de sólidos. Las características de los gases dependen del tipo de combustible usado y la eficiencia del proceso. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

b) Impacto al ambiente. Usualmente el secado mecánico se realiza en áreas cerradas, existiendo la probabilidad de provocar problemas de salud a los trabajadores. El impacto al ambiente por la combustión se debe a la generación de gases de efecto invernadero. Regularmente las fincas cafetaleras producen biomasa en el manejo de tejido del café y el manejo de la sombra, la cual es utilizada para la combustión en los hornos. El uso de la biomasa o combustibles fósiles depende de la disponibilidad de la primera, el tipo del horno y la eficiencia del equipo. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

Por otro lado, en el caso de la degradación de la pulpa sin un control, se generan malos olores y dependiendo de la cantidad de la pulpa se puede generar gas natural por el proceso de descomposición de la materia orgánica. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

### I. Operaciones de producción más limpia en el beneficio húmedo de café

1. Buenas prácticas de producción más limpia. Las buenas prácticas de producción más limpia consisten en la implementación de labores de operación que optimizan los procesos, el uso de insumos, materia prima, energía, tiempo de operación, entre otros. Dentro de las buenas prácticas se incluyen desde las actividades más técnicas hasta las de limpieza habitual de las instalaciones del beneficio. La implementación de las buenas prácticas de producción más limpia implica una inversión mínima de capital, debido a que estas se basan esencialmente en la concienciación y capacitación del personal de la empresa. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

a. Capacitación del personal. La capacitación permanente de los operadores en los temas técnicos del proceso, la seguridad industrial y salud ocupacional, es una vía para optimizar el consumo de materias primas e insumos, reducir la cantidad de desperdicios, residuos y accidentes laborales. Es recomendable enfatizar la importancia del manejo adecuado del equipo e instalaciones, la aplicación del

mantenimiento preventivo a los mismos y la aplicación de un control continuo del desempeño de las actividades. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia)

La actividad de corte del fruto de café en el campo tiene un impacto en la calidad del procesamiento del café. Desde el punto de vista del tipo de fruto que se corta y se lleva al beneficio. Es por esto que se hace énfasis en capacitar y concientizar a los trabajadores de corte para que realicen esta actividad con el objetivo de llevar al proceso solo el café con las características adecuadas para su beneficiado. (IHCAFE, 2001)

b. Mantenimiento de equipos e instalaciones. El mantenimiento preventivo de los equipos e instalaciones logra evitar problemas de funcionamiento y eficiencia en las operaciones. A continuación se presentan algunas recomendaciones para el buen funcionamiento de las instalaciones del beneficio:

1) Equipo en general.

- a) Activar la maquinaria por unos minutos antes del proceso.
- b) Usar la capacidad de trabajo recomendada por el fabricante para cada equipo, maquinaria, accesorios, etc.
- c) Engrasar todos los rodamientos cada 50 horas de trabajo, previa inspección.
- d) Revisar el torque de chumaceras y maquinaria cada semana debido a vibraciones, mantenimiento y reajuste.
- e) Revisar las poleas y sus castigaderas para evitar corrimientos.
- f) Utilizar arrancadores y protectores térmicos adecuados para cada motor.
- g) Revisar la tensión de las fajas o cadenas (los eslabones de la cadena deberán tocar la rueda de cadena en la parte inferior del área de rotación).

2) Despulpadores y equipo de clasificación.

- a) Graduar los pechos de los despulpadores por lo menos 3-4 veces durante la cosecha, debido al comportamiento del tamaño del grano.
- b) No sobrealimentar los despulpadores y la criba de clasificación.
- c) Colocar despedradores para evitar el paso de material indeseable al despulpador, como piedras, madera, hojas, etc. Esto evita el daño de la camisa de despulpado.

d) Tomar en cuenta el diseño del pecho del despulpador para la velocidad de rotación del cilindro (entre 140 a 325 rpm).

e) Tomar en cuenta la abertura de la cámara de pulpa para que su descarga sea eficiente, esto evita el traslado de la pulpa al circuito de café despulpado. La cámara de pulpa puede tener el doble de abertura de la cámara de despulpado.

f) Al finalizar la cosecha se recomienda revisar toda la canalería para detectar reparaciones necesarias y pintarla con material anticorrosivo.

Es importante llevar un control de las actividades de mantenimiento realizadas, esto con el objetivo de tener a mano la información de las condiciones en que se encuentra el equipo y tener un parámetro para tomar decisiones respecto a actividades a realizar en esta área. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

c. Separación de residuos y efluentes. El objetivo de separar los residuos y efluentes es conocer sus características y cantidades generadas y a partir de esto poder definir el manejo más adecuado, esto puede incluir el aprovechamiento como un subproducto dentro de la empresa, comercializarlo o proporcionarlo a otra empresa a la cual le sea útil, y en caso que ninguna de estas opciones sea factible, implementar el tratamiento más idóneo para su disposición final para mitigar su impacto ambiental. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

En el caso específico del procesamiento de café, se dan dos puntos importantes en el tema de separación de residuos y efluentes: la separación de pulpa del agua de despulpado, y la separación de algunas de las aguas de proceso generadas. Al realizar esta operación se obtienen los siguientes beneficios:

1) Orden y limpieza debido a la ubicación de los residuos y efluentes en puntos determinados.

2) Facilidad de manejo y aprovechamiento de la pulpa.

3) Reducción de carga orgánica de los efluentes por separar la pulpa del agua de despulpado.

4) Reuso de aguas de proceso, esto conlleva a una reducción del uso del agua por quintal procesado de café, optimización de tiempo en diferentes operaciones, y facilidad en el tratamiento de agua.

d. Uso eficiente de materia prima e insumos. En el beneficiado húmedo de café la materia prima básicamente es el fruto de café maduro y los insumos que se utilizan usualmente son el agua, los materiales combustibles (leña, diesel, gasolina, etc.) y la energía eléctrica.

El insumo más importante para el beneficiado de café es el agua. El uso de agua es uno de los parámetros de evaluación en el caso de obtener certificaciones de calidad y ambiente para la búsqueda de nuevos y mejores mercados. Algunas acciones que permiten un ahorro en el uso de agua en el beneficiado húmedo son:

- 1) Instalación de un contador de agua, el cual debe ser instalado en un punto donde se pueda conocer el consumo total en el beneficio.
- 2) Eliminación de fugas.
- 3) Uso de llaves para abrir y cerrar circuitos (en tanques de recepción, entradas de agua al sistema, entre otros).
- 4) Uso de mangueras con pistolas para la limpieza general del beneficio.
- 5) Reuso de agua de despulpado, lavado y clasificación final.

En el control del uso del agua deben llevarse por períodos de tiempo establecidos usando las lecturas del contador de agua y la producción de café pergamino seco que se dan dentro del período establecido. El objetivo de usar estos índices de desempeño es tener un medio de comparación a nivel mundial, tomando en cuenta que algunos mercados que ya tienen como parámetro de calificación el uso de agua. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

Para conocer el uso del agua en el beneficiado es necesario conocer los  $m^3$  y el café pergamino seco en quintales producidos en un mismo tiempo de producción. En beneficios que cuentan con recirculación de agua, se tiene un consumo aproximado de  $0.12 m^3/qq$  de café pergamino seco. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

e. Reducción de residuos en la fuente. Este concepto se basa en reducir la cantidad de residuos en la fuente por medio de acciones de tipo técnicos o buenas prácticas. Sin embargo, por las características del beneficiado húmedo de café, en el área de residuos sólidos no se puede aplicar este concepto debido a que la pulpa y cascarilla son parte del fruto de café como tal, por lo que su reducción es imposible. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

En el caso de los efluentes, el volumen se reduce al implementar acciones que permitan la reducción del uso de agua fresca y el concepto de reuso de los efluentes generados, esto da como resultado un volumen mejor de agua residual a disponer.

f. Reciclaje y reuso

1) Reuso de agua. En el proceso de beneficiado húmedo existen diferentes opciones técnicas para minimizar el uso del agua a través del reuso de agua. Básicamente las aguas que pueden ser reusadas son las de despulpado, lavado y clasificación. Los beneficios de esta operación son:

- a) La reducción del uso de agua: un sistema de recirculación y reuso puede representar una reducción del 90% del uso de agua fresca.
- b) Optimización del tiempo en el proceso de fermentación.
- c) Facilidad de tratamiento y disposición final de aguas residuales.
- d) Optimización del proceso general de beneficiado.

El reuso de las agua de despulpado, lavado y clasificación se basan en la implementación de un sistema de recirculación, el cual interconecte las operaciones donde se consume agua en el beneficio. El sistema recomendado básicamente incluye: un tanque recolector decantador, árbol de distribución de agua, equipo de bombeo de impulsor abierto y tubería para los circuitos definidos. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

2) Recuperación de residuos sólidos. Como se mencionó con anterioridad el principal residuo solido es la pulpa, y en caso que se tenga implementado un sistema de recirculación de agua, también se generan lodos por la actividad del tanque recolector decantador. A partir de un manejo adecuado de la pulpa y los lodos se puede obtener abono orgánico (descomposición natural y controlada).

Para la producción de abono orgánico, inicialmente es necesario eliminar la mayor cantidad de agua que la pulpa y lodos contengan, esto para evitar que las aguas mieles sean descargadas al manto freático y lograr una mayor eficiencia en la producción del abono. La separación puede realizarse con la ayuda de equipo como un tornillo extractor o la utilización de una pichacha separadora de agua. En el caso de los lodos, la separación del agua se realiza por medio de un sistema de desniveles de tubos de descarga de agua en el tanque recolector decantador. Al separar la mayor cantidad de agua de los lodos, se ingresa al sistema de producción de abono por medio manual (uso de herramientas como pala, cubetas, entre otros). Los lodos se ingresan el mismo día en que se generan al sistema de producción de abono, por medio natural, realizado una mezcla con la pulpa existente. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

El área de producción de abono orgánico debe ser protegida del ambiente con una cobertura de materiales como lámina, nylon, tapexco naturales (siendo este el más recomendado debido a que mantiene estable la temperatura durante el día). Con el objetivo de tener un proceso de degradación uniforme, reducir el tiempo de producción de abono y evitar malos olores e insectos, se debe mantener una temperatura adecuada (ambiente, 21-25°C), un movimiento de la pulpa. Una opción para optimizar este proceso es la utilización de la lombriz conocida como Coqueta Roja (*Eisenia foetida*). En promedio, 40 libras de pulpa fresca equivalen a 7 libras de abono orgánico. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

g. Eficiencia energética

1) Consumo de energía eléctrica. En el beneficiado húmedo de café las áreas de consumo de energía eléctrica son: despulpado, clasificación, secado mecánico e iluminación. Básicamente el equipo utilizado para estas operaciones de producción son motores eléctricos los cuales activan la maquinaria como despulpadores, cribas de clasificación, ventiladores de secadoras, guardiolas, bomba, entre otros (en algunos beneficios se utilizan motores de combustión interna, los cuales consumen combustibles fósiles como diesel o gasolina).

Se recomienda tomar en cuenta las siguientes condiciones de trabajo para poder obtener una eficiencia en el consumo de la energía eléctrica: (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

- a) Realizar un levantamiento de información del equipo eléctrico usado en el beneficio.
- b) Revisar los siguientes elementos para evitar cambios de voltaje: conexiones flojas en cualquier parte de la línea de distribución eléctrica, corrosión en conexiones, flipones con defectos internos, pernos flojos en los flipones, conexiones flojas en barras de distribución, cables alimentadores que estén sobrecargados para su calibre, instalaciones de conducción con calibre no adecuado y calibración adecuada de los protectores térmicos.
- c) En caso no se cuente con un servicio de distribución de energía eléctrica y es necesario usar una planta generadora de energía eléctrica, se recomienda montar el equipo con la demanda global del beneficio (equipo de proceso, iluminación, entre otros). Tomar en cuenta el consumo nominal de la planta para efectos de consumo total de trabajo en el beneficio.
- d) Implementar la activación del equipo eléctrico por fases o pasos, para optimizar la demanda eléctrica y prevenir daños por sobre amperaje en el caso que se utilice una planta generadora.
- e) Desconexión de todo equipo eléctrico cuando no se esté usando.
- f) Mantenimiento preventivo para todo el equipo.

2) Consumo de energía calórica. Se recomienda tomar en cuenta las siguientes condiciones de trabajo para poder obtener una eficiencia en el consumo de energía calórica.

a) Realizar un levantamiento de información del equipo consumidor usado en el beneficio.

b) Aislar el sistema de distribución de aire caliente de la secadora, esto con el objetivo de disminuir la pérdida de calor al ambiente a través de la tubería. Beneficios: optimización del consumo de combustible, la eficiencia del proceso de secado, así como en la seguridad de los trabajadores.

c) Eliminar fugas en el sistema de distribución de aire caliente y en los quemadores.

d) Mantenimiento preventivo para todo el equipo.

En el caso que se cuente con motores de combustión interna, se recomienda:

a) Revisión de filtros de aceite y de combustible diesel.

b) Cambios periódicos de aceite, según manual del usuario del equipo.

c) Calibración continua del equipo.

Las recomendaciones anteriores tienen el objetivo de optimizar el desempeño de los motores, evitar sobrecalentamientos, alto consumo de combustible, y la vida útil del equipo.

Dentro de las operaciones de secado se ha mencionado anteriormente los tipos natural y mecánico, el uso del secado natural depende de las condiciones climáticas donde está ubicado el beneficio. El uso del secado natural tiene un efecto positivo en la calidad del producto obtenido, así como en el consumo de combustible. En algunas regiones, el secado del café se da por vía natural por lo que no se da el secado mecánico, evitando el consumo de combustibles para el mismo y la generación de emisiones atmosféricas. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

Existen dos tipos de secado natural, el uso de patios de secado (de diferentes materiales) y el uso de patios protegidos (invernaderos). A continuación se presentan algunas recomendaciones para optimizar el uso de patios de secado y patios protegidos.

3) Patios de secado:

a) La cantidad de café mojado aceptable necesario por metro cuadrado de patio, debe estar entre 27.2- 31.7 kg. (60-70 libras) de café lavado (55% de humedad).

b) Efectuar movimientos al café que se está secando en patios. Se recomiendan de 12 a 14 movimientos por día utilizando un rastrillo para lograr una alta eficiencia en el tiempo del proceso.

c) Instalar casillas, son obras civiles de madera o block que sirven para la protección del café durante las noches, el volumen de las mismas dependen del volumen de café a secar, y en las cuales deben colocarse las partidas individuales evitando la mezcla de éstas.

d) La pendiente de los patios debe ser menos del 1% en dirección de la pichacha (separador de agua).

e) Utilizar colores oscuros en el patio, mientras más oscuro sea el color la captación de energía será mayor reduciéndose así el tiempo de secado.

#### 4) Patios protegidos (invernaderos):

a) El café debe colocarse en parigüelas o zarandas ubicadas a un metro de altura del suelo. En algunos casos el café puede colocarse en el suelo del patio, pero la parigüela representa el método más eficiente para evacuación del agua de secado. Las parihuelas puede ser de malla o lámina.

b) La capacidad de los patios protegidos es similar a la de los patios de secado, de 60 a 70 libras por metro cuadrado.

c) El material a utilizar en el techo, debe ser de calibre grueso, color claro (usualmente se usa amarillo). Debe estar estirado y a una altura de dos metros del suelo del patio.

d) Usualmente se utiliza madera para la construcción de la estructura del techo del invernadero, en el caso de invernaderos con techo curvo puede utilizarse tubería PVC desde  $\frac{1}{2}$  a  $1\frac{1}{2}$  de diámetro.

e) En el caso de patios protegidos, tomar en cuenta la pendiente del techo (del 1 al 5%) y la orientación de oriente a poniente para permitir la entrada y circulación de aire.

f) Evitar que el café en proceso de secado sea mojado por lluvia o sereno.

En el caso de consumo de combustibles fósiles, una alternativa para la reducción o sustitución de éstos se ha dado por el uso de biomasa, la cual es generada por la actividad de la finca y del beneficio (leña, poda, y cascabillo por ejemplo). En las zonas donde no se genera suficiente biomasa se debe utilizar otro tipo de combustible (diesel, gas propano, entre otros) para el proceso de secado. La biomasa (leña, poda, cascabillo) tienen el poder calorífico necesario para cumplir los requerimientos que exige el proceso de secado. Es un recurso disponible en la mayoría de las zonas cafetaleras que deben ser aprovechados. El uso

de biomasa permite el secado adecuado del café, el uso de subproductos generados a través del manejo de la finca y la reducción de combustibles fósiles. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

## J. Recomendaciones para el mantenimiento de la calidad durante el beneficiado.

En las secciones anteriores se han presentado opciones para la optimización de la eficiencia en las operaciones de un beneficio, el uso adecuado de insumos, la reducción de los residuos y el manejo adecuado de éstos.

A continuación se presentan recomendaciones en relación con el mantenimiento de la calidad del café durante el proceso de beneficiado y de la optimización de la eficiencia de las operaciones. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

### 1. Condiciones generales de operación

a. El café recolectado en el día, debe despulsarse el mismo día, preferiblemente en un máximo de 4 a 5 horas.

b. Los tanques de fermentación tienen que tener la capacidad del día pico de producción y deben ser por lo menos 4 a 5 tanques (pilas de fermentación).

c. El café debe lavarse y clasificarse cuando está en su punto de fermento. El lavado debe hacerse en un máximo de 5 horas.

d. Preferiblemente el café no debe entrar mojado a la secadora. Deberá pre-secarse al sol o a máquina.

e. El café deberá sacarse del canal de clasificación con agua limpia y debe ser escurrido adecuadamente.

f. El mantenimiento de la calidad del café obtenido en la finca depende del control, la eficiencia y administración en el beneficiado.

### 2. Manejo de agua en el proceso

a. Preferiblemente utilizar agua limpia al inicio, también se puede utilizar agua de lavado.

b. Para beneficios con sistemas de recirculación, llenar los depósitos del sistema (sifón, tanque de criba y tanque decantador).

c. El equipo de bombeo no debe funcionar en seco.

- d. Al finalizar el proceso, desfogar el agua de proceso hacia la planta de tratamiento.
- e. Limpiar el beneficio con agua limpia.
- f. Limpiar la maquinaria y equipo.
- g. Es importante que el drenaje de las pilas de fermento (pichachas), sea suficiente, por lo que se recomienda colocar pichachas a lo largo de toda la pila de fermento (su costo es alto) o como mínimo un 60 a 70% del largo de la pila. Además se recomienda colocar el drenaje con ojo chino (tipo de perforación de la pichacha).

### 3. Secado.

- a. Pueden utilizarse temperaturas hasta de 70°C en el aire caliente de entrada, usar temperaturas mayores puede causar daños en el aspecto del grano (color grisáceo de grano sobrecalentado, bebida sobrefermentada).
- b. El periodo final de secado, o sea, la etapa en la cual se alcanza punto de secado, puede realizarse de preferencia al sol o con secado mecánico, con temperaturas inferiores a 60°C.
- c. La superficie de los patios debe repararse antes de la cosecha, eliminando grietas y descascaramientos. Deberá revisarse los drenajes, tuberías, canales, etc.
- d. Se recomienda alimentar las guardiolas y secadoras estáticas con café seco superficialmente o presecado.
- e. El tiempo total de secado desde escurrido hasta seco de punto nunca deberá ser como mínimo 24 horas; de lo contrario la calidad del café resultará afectada en mayor o menor grado.
- f. En el caso de secadoras guardiolas se recomienda no llenarlas por completo con café a secar, para que permita su movimiento, así que se deben llenar de un 80 a 90% cada compartimiento. Para que tenga espacio para su movimiento.

4. **Fermentación.** Específicamente para la fermentación, etapa del proceso que tiene más variables y por tanto requiere más control, se deben tener las siguientes consideraciones.

- a. La temperatura de 30° grados o más, acelera la fermentación y una temperatura menor a 20° grados retarda la fermentación.
- b. El volumen de café en pilas no debe ser mayor a un metro de alto.

c. La pila debe llenarse en un tiempo máximo de una hora y tener buen drenaje. Además su tamaño debe ser proporcional a la capacidad de despulpe.

d. Es importante que realice muestreos constantes del café para determinar el punto de lavado.

e. Mantenga las pilas limpias para evitar contaminación. (Procafé, 2000)

5. **Tratamiento de aguas residuales.** La contaminación por aguas residuales del beneficio húmedo depende de la cantidad de café procesado por un lado (carga contaminante global) y de la concentración de materia orgánica de las mismas. Esta contaminación no depende de la cantidad de agua utilizada por quintal de café procesado.

La recirculación de agua no disminuye la contaminación pero permite disminuir los costos de manejo y tratamiento posterior de las aguas utilizadas en el proceso ya que el volumen es menor.

Por las características de las operaciones y los materiales usados en el beneficiado de café, las aguas residuales tienen una alta carga orgánica que provoca una alta demanda de oxígeno (DBO, DQO), diferentes tipos de sólidos (suspendidos y sedimentables) y un pH con características ácidas. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

Debido a las características usuales de las aguas residuales generadas en el beneficiado húmedo, se recomienda aplicar un tratamiento físico y químico a las aguas residuales:

a. Tratamiento físico, incluye el uso del tanque recolector decantador y filtros.

b. Tratamiento químico se recomienda aplicar una solución de carbonato de calcio para la neutralización de las aguas residuales.

6. **Almacenamiento de cosecha.** Se debe controlar el ambiente en la bodega y, el tiempo que permanece el café almacenado debe ser corto ya que estas dos condiciones afectan seriamente la calidad del café. El ambiente tiene que ser fresco, con temperaturas máximas de 20° C y humedad relativa del 65%. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

Si el grado de humedad del grano no es uniforme, tal como ocurre con partidas diversas, es preciso voltearlo o almacenarlo en sacos. Al almacenar en sacos, se forman estibas sobre tarimas de madera para protegerlas de la humedad del piso. El café deberá ocupar 2/3 del área disponible, el resto es para ventilación y tráfico. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

## K. Factores que influyen en la calidad del café

La calidad es subjetiva ya que los parámetros utilizados para determinar la calidad del café han cambiado por los gustos del consumidor. Cada día el consumidor se vuelve más exigente y el producto debe contener menos defectos, de un tamaño de grano más homogéneo, el secado tiene que ser uniforme y las condiciones de almacenamiento no deben alterar el sabor original de la bebida.

Entre los factores que influyen en la calidad del café se tiene los siguientes:

1. **Factor agroclimático.** La altitud, el tipo de suelo y el clima son los que más influyen. A medida que el café se cultiva a mayor altura (arriba de 3,000 p.s.n.m) este va presentando mejores características organolépticas (sabor y olor), que los cultivados debajo de ésta. Además, los suelos con alta capacidad de intercambio catiónico presentan al momento de cosecha y durante el cultivo, un mejor desarrollo de la planta y el fruto. La temperatura y humedad influyen en la incidencia de plagas y enfermedades a diferentes alturas, provocando problemas en fruto y hoja. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

2. **Factor varietal (relacionado a la variedad de la planta).** Las variedades de café cultivadas influyen en gran medida sobre la calidad. Es necesario que el fito mejoramiento del café sea más controlado a fin de evitar la introducción de líneas no evaluadas. Variedades como bourbon, caturra y catuai manifiestan buenas características organolépticas (sabor y olor). Estas características son superiores al resto de variedades por arriba de 3, 000 p.s.n.m. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

3. **Manejo adecuado del cultivo.** Es necesario alimentar la planta de acuerdo a sus necesidades; tomar en cuenta que los requerimientos nutricionales de una planta en crecimiento no son similares a una planta en producción. Las plantillas necesitan desarrollar tejido y raíces, por lo que sus necesidades nutricionales básicas son nitrógeno y fósforo. Cuando la planta comienza a producir necesita nitrógeno y potasio; los balances de estos influyen en el correcto desarrollo del fruto y en un correcto desprendimiento de la pulpa del pergamino. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

Las necesidades de abonos con micronutrientes (Ca, Br, Zn, Fe, Mg) se aplican durante toda la vida del cafetal y actúan como complemento al desarrollo del fruto.

El café debe cultivarse con 2/3 de la radicación total imperante en el área. No existen cafetales al sol. Las zonas donde se nubla el medio día en adelante son zonas con sombra natural pero hay que tomar en cuenta que los suelos se degradan año con año, por lo que el uso de arboles de sombra dentro del cafetal ayuda a incorporar materia orgánica al suelo, mantener la humedad en el suelo, mantener la radiación necesaria para la fotosíntesis en la hojas del café, mantener una temperatura estable durante el ciclo de

cultivo y contribuye a un rendimiento estable y de buena calidad del fruto al evitar la adherencia de la pulpa al pergamino por exceso de radiación solar, desmereciendo la calidad del café pergamino. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

Los distanciamientos de siembra constituyen un punto muy importante, tanto para el suelo (su fertilidad, capacidad de intercambio y aireación) como para la productividad constante y su manejo. Para variedades de porte alto 1.4 m entre plantas y 2.2 m entre surcos, y para variedades de porte bajo 1m entre plantas por 2m entre surcos. (Centro Guatemalteco de Producción más Limpia, 2006)

Es necesario efectuar muestreos de plagas y enfermedades, conociendo la metodología para llevar un mejor control fitosanitario.

4. **Factor cosecha y beneficiado.** La calidad del café no se puede aumentar con el beneficiado pero sí mantenerse. Y en el peor de los casos es aquí donde fácilmente se puede perder la calidad que se ha desarrollado en el cultivo. A continuación se presentan algunos puntos importantes para mantener la calidad obtenida en el campo:

a. Durante el corte del café se debe tomar los cuidados necesarios para cortar solamente café maduro.

b. En cuanto al recibo del café es necesario clasificarlo ya que siempre habrán frutos que flotan y hay necesidad de separarlos. Todo el café maduro se hunde, al fruto que le hace falta maduración flota al inicio y luego se hunde. Todo el café seco flota.

c. Durante el despulpado es necesario evaluar y graduar el despulpador; que no pase café despulpado con la pulpa y que no pase demasiada pulpa hacia el café despulpado. La pulpa se dirige siempre hacia atrás y el café despulpado hacia delante.

d. El café despulpado tiene que clasificarse para separar grano vano, grano limpio y grano con pulpa (el cual deberá ser repasado).

Uno de los factores importantes en esta parte del proceso es el control continuo dentro de la planta, pues permitirá corroborar el cumplimiento de los parámetros deseados en el producto y del buen funcionamiento del equipo.

## L. Especificaciones de calidad del café

Las especificaciones de calidad y características organolépticas de los cafés constituyen la base para un sistema de manejo de calidad adecuado. Se llama un café especial a aquel que es considerado por el

mercado como uno de calidad excepcional y características especiales que lo diferencian de la calidad promedio.

Según la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA), los parámetros para la medición de la calidad de los cafés especiales utilizados por los compradores internacionales para su decisión de compra son tres: la evaluación de café en verde (oro), la evaluación del café tostado y la evaluación de la taza.

### 1. Evaluación del café en verde.

- a. Color: el grano debe caer en las categorías azul-verde, verde-azulado, o verde.
- b. Tamaño del grano: entre mayor el tamaño del grano mejor será el precio. Debe ser igual o mayor que 1/4 de pulgada.
- c. Categorías de defectos:

Tabla No. 3 Categorías de defectos

<b>Categoría 1</b>	<b># de granos/350 g que equivalen a un defecto</b>
Grano negro, entero	1
Grano agrio, vinagre o fermentado entero	1
Cereza seca, cáscara	1
Dañado por hongos	1
Daño de insecto severo	5
Materia extraña	1
<b>Categoría 2</b>	<b># de granos/350 g que equivalen a un defecto</b>
Grano negro parcial	3
Agrio, vinagre o fermentado parcial	3
Pergamino	5
Granos vanos, flotadores	5
Quebrados	5
Inmaduros	5
Pulpa o cereza seca	5
Averanado	5
Daño de insecto parcial	10
Concha	5

- d. Permisibilidad de defectos por muestra de 350gramos: para clasificar un café de grado “especial” o se permiten defectos de la categoría 1, y no permiten más de cinco defectos de la categoría 2.
- e. Fragancia: se evalúa la fragancia del grano verde, esta debe ser “normal” y limpia.
- f. Grado de humedad: se mide el porcentaje de humedad del grano, debe estar entre 10-12%.

2. Evaluación del café tostado. Al tostar el café a un término suave-medio (*Light roast/city roast*) según la escala Angtron 58-63 #55, se evalúa la presencia de:

- a. Compleción y carácter del grano tostado. Se persigue un carácter intenso, corrugado y compacto.
- b. Presencia de grados inmaduros. No se acepta la presencia de granos inmaduros.

3. Evaluación de la taza. La metodología de evaluación de taza más exigente hasta ahora desarrollada en la industria de los cafés es el Protocolo de Catación de SCAA. Esta metodología para la Catación permite registrar 11 atributos del sabor del café. Estos atributos son: la fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, taza limpia, dulzor, defectos y total. Los atributos específicos del sabor son calificaciones positivas de calidad determinadas por la opinión del catador.

- a. Taza limpia. Se persigue como mínimo una taza limpia, libre de imperfecciones, por ejemplo, sabores u olores desagradables. Esta es la transparencia necesaria para que resalten las características únicas que lo distinguen como un café especial y diferenciado. Para ello la evaluación de café verde debe cumplir con las especificaciones de calidad descritas en el punto 1.d.

- b. Fragancia y aroma. Los aspectos aromáticos incluyen la fragancia (definida como el olor del café de la muestra molida cuando todavía está seca) y el aroma (el olor del café mezclado con agua caliente).

- c. Cuerpo. La calidad del cuerpo se basa en la sensación táctil del líquido en la boca, especialmente como se percibe entre la lengua y el paladar superior de la boca. La mayoría de las muestras con cuerpo pesado pueden recibir un puntaje alto en términos de calidad debido a la presencia de coloides (de infusión). Sin embargo, algunas muestras con el cuerpo más ligero pueden tener también una sensación agradable en la boca.

- d. Acidez. Este es el elemento que da distinción a un café. La cantidad de acidez no está relacionada con la calidad. La acidez puede ser pronunciada o suave, lo importante es que sea placentera al paladar.

- e. Sabor. El sabor se evalúa por el paladar, este puede clasificarse como dulce, ácido, salado, fructuoso, terroso, vinoso o fuerte. En este elemento es en el que un café fino puede resaltar como una expresión genuina de su origen, obtenidas del cuidado del productor y la habilidad del procesador.

f. Sabor residual. Se refiere al sabor que deja o el sabor que se queda después que el café se trago, puede reafirmar el placer derivado de otros atributos del grano o puede también hacerlo desagradable. El catador evalúa si se mantiene sutilmente el sabor o si se crea algún tipo de aspereza.

g. Balance. Es la resultante combinación de todos los aspectos del sabor (sabor residual, la acidez y el cuerpo). Se evalúa si los aspectos de la muestra trabajan juntos y se complementan o se contrastan uno al otro. Si la muestra no tiene ciertos atributos de aroma o sabor o si algunos atributos se opacan, el puntaje del balance se reducirá.

h. Dulzor. El dulzor se refiere a una plenitud agradable del sabor así como algún dulzor obvio y su percepción es el resultado de la presencia de ciertos carbohidratos. Lo contrario del dulzor en este contexto es agrio, astringencia o los sabores “verdes”.

i. Uniformidad. la uniformidad se refiere a la consistencia del sabor de las tazas de la muestra probada. Si las tazas saben diferente, la calificación de este aspecto no será alta.

La metodología de puntuación según el Protocolo de Catación SCAA (ver anexo) es de acuerdo al puntaje del catador donde se refleja la calificación holísticamente integrada de la muestra como es percibida por el panelista individual. Una muestra con muchos aspectos sumamente agradables, pero que no llegue exactamente a la medida esperada recibirá una evaluación más baja. Un café que cumple con las cualidades en cuanto a su carácter y la calidad particular del sabor de su origen, recibirá un puntaje alto. Un ejemplo fuerte de características preferidas no completamente reflejadas en el puntaje individual de los atributos, quizás reciba una cuenta más alta. Cada panelista hace una evaluación personal.

Los defectos son los sabores negativos o malos que bajan la calidad del café. Estos se clasifican de la siguiente manera: defecto ligero, defecto y rechazo. Un defecto ligero es un “des-sabor” que es notable, pero no choca, encontrado generalmente en los aspectos aromáticos. Un defecto es un “des-sabor”, encontrado generalmente en los aspectos del sabor, que choca o deja la muestra no tomable. El rechazo es un defecto más grave que puede ser descrito por ejemplo (“agrio”, “huiloso”, “fermentado”, “fenólico”).

### III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Tabla No. 4 Bases de diseño del proyecto.

<b>Descripción del proyecto</b>	Diseño de un beneficio húmedo de café
<b>Capacidad</b>	500 qq café cereza/día
<b>Localización</b>	San Martín Jilotepeque, Chimaltenango, Guatemala ubicado a 83 km de la ciudad capital. Altura: 1692 MSNM
<b>Meses de operación</b>	4 meses (enero-abril)
<b>Especificaciones de materia prima</b>	El fruto del cafeto es una drupa, comúnmente llamada cereza, de forma subglobosa, de color rojo al llegar a su madurez, y que alcanza, según la especie o variedad, de 8 a 15 mm. de largo. Tienen en promedio 10 mm. de espesor; su peso en torno de 0.15 a 0.20 gramos.  El cultivo está distribuido en lotes individuales de variedades que representan una producción de 30% bourbon, 30% de caturra, 20% de catuai y 20% de otras variedades.
<b>Especificaciones del producto final</b>	0 defectos de primera categoría 5 máximo defectos de segunda categoría. Humedad entre 10 y 12%. Ver en el apéndice (página 125) los Parámetros establecidos por la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA).
<b>Servicios</b>	Agua, electricidad
<b>Recirculación de agua</b>	Cuenta con sistema de recirculación de agua
<b>Desechos y subproductos del proceso</b>	Aguas mieles Pulpa de café
<b>Manejo de desechos</b>	Planta de tratamiento de aguas Manejo de pulpa

## IV. JUSTIFICACIÓN

Desde el siglo XIX el sector cafetalero ha sido uno de los principales impulsores del desarrollo centroamericano y ha tenido una repercusión tanto a nivel económico como social. En Guatemala, no solo se ha constituido como el principal cultivo del país por el valor de la producción sino que también por la cantidad de divisas y empleo que genera. Como consecuencia a una superproducción en el mundo cafetalero, se identificó que la producción de Cafés de Especialidad puede ser una alternativa para los productores guatemaltecos y centroamericanos para afrontar dicha crisis.

La calidad del grano de café viene definida desde el campo por la altura de la zona de cultivo, condiciones ambientales, clima y suelo. Sin embargo, se sabe que las buenas prácticas agronómicas y un sistema de procesamiento en el beneficiado húmedo le dan un valor agregado al producto. Estas dos variables son las que garantizarán la calidad del producto final y la competitividad del productor de café en el negocio tanto nacional como internacional.

Hoy en día en el mercado de café se busca, en primer lugar, la calidad del grano pero también se exige una sostenibilidad social y ambiental que involucra un programa de mejoras y construcción de nuevos beneficios húmedos que tomen en consideración esto. Es por esto que el proyecto presentado está orientado a modernizar las instalaciones y el proceso de beneficiado húmedo del café, para mejorar la calidad del grano con un procesado adecuado y así aumentar los ingresos de los productores. Asimismo, impulsar en fincas cafetaleras de mediana escala tecnología innovadora que promueva el desarrollo de un sector agrícola competitivo, tecnológicamente preparado, social y ambientalmente responsable. Además, esto implica una reintegración de los trabajadores de la zona que ayude a reducir la migración a zonas urbanas.

El sistema de procesado del grano de café es similar en toda la región centroamericana, de tal manera que la creación de un modelo del proceso de beneficiado húmedo con normas y controles que garanticen, desde el proceso, la calidad del café le facilitará al productor y exportador el comercio internacional. Por esta razón y para el mejoramiento de los beneficios húmedos de café, se hace necesario realizar un diagnóstico del procesamiento y de las condiciones actuales de los beneficios húmedos de café en el país que permita sugerir a los productores las modificaciones necesarias a implementar para cumplir con estándares establecidos internacionalmente. A la vez, esto permitirá elevar la inocuidad y trazabilidad del producto. Así, cumplir con las principales evaluaciones para obtener certificaciones de calidad y ambiente en la búsqueda de nuevos mercados será una meta alcanzable fácilmente. Por ejemplo, el buen manejo de las aguas residuales y de los desechos sólidos y un diseño de beneficio orientado al consumo mínimo de agua, es de mucha importancia hoy en día para la certificación de sellos de comercialización, tales como Utz Kapeh, Rainforest Alliance, y C.A.F.E Practices de Starbucks.

Por otro lado, en Guatemala gran parte del beneficiado húmedo se realiza en fincas que utilizan tecnología generada a mediados del siglo pasado y la mayoría de los beneficios en operación requieren de

varias operaciones manuales y poco eficientes. Por esta misma razón, muchos de los productores desconocen las pérdidas que pueden tener durante el proceso pues no se tiene una cuantificación adecuada tanto de los servicios utilizados, el grano en proceso como de la calidad del grano en proceso. Así que, la implementación de sistemas de control es importante pues la trazabilidad de las condiciones de manejo en el beneficiado húmedo brinda un sistema de registro de control interno. Además, los productores generalmente desconocen de qué forma las etapas del beneficiado pueden afectar la calidad de la taza del café. Por esta razón, en el proyecto se ha considerado la necesidad de elaborar una guía de control de calidad durante el proceso para asegurar un producto que cumpla con estándares de calidad internacional. De esta manera, se podrán identificar los puntos críticos del proceso y los problemas o anomalías en el proceso y corregirlas a tiempo.

Debido a presiones por parte de los gobiernos de países consumidores y de grupos de derechos humanos, se han iniciado programas para pagar mejor el café al productor según los parámetros del “comercio justo” o parámetros de cuidado al ambiente. Sin embargo, en la mayoría de los casos el productor desconoce la ganancia neta que podría obtener al vender un producto procesado industrialmente en comparación de venderlo cereza. Así pues, un análisis financiero de tanto de la viabilidad de la implementación del proyecto como de sus costos de operación permitirá proporcionar una asesoría del aspecto financiero que involucra la construcción o modernización de un beneficio húmedo en su finca para poder tomar decisiones acertadas. De igual manera, este estudio podría ser la base para la solicitud de créditos destinados a la construcción de beneficios pues demostraría la viabilidad del proyecto y el tiempo de recuperación de la inversión requerida.

## V. OBJETIVOS

### A. General

1. Diseñar un proceso de beneficiado húmedo de café modelo orientado a cumplir con estándares de calidad del mercado internacional.
2. Presentar un análisis financiero del proyecto que le permita al productor tomar una decisión sobre la implementación y operación de un beneficio húmedo para aumentar sus ganancias y su competitividad a nivel internacional.

### B. Específicos

1. Elaborar un diagrama de flujo del proceso.
2. Realizar el balance de masa y energía del proceso.
3. Diseñar el equipo necesario para la operación de la planta.
4. Realizar el layout de la planta procesadora.
5. Presentar un sistema de control de los parámetros que afectan la calidad en las etapas críticas del proceso de beneficiado húmedo de café de modo que se asegure un producto que cumpla con estándares de calidad internacional.
6. Elaborar una guía para el control de calidad durante el proceso de beneficiado húmedo de café que permita determinar la efectividad del sistema de control.
7. Realizar un análisis financiero del proyecto.

## VI. PROBLEMA A RESOLVER

La situación actual en el mercado internacional obliga a buscar formas de procesar café de calidad con una conciencia social y ambiental; de modo que el diseño de un proceso de beneficiado húmedo que cumpla con estas especificaciones es de mucha importancia. Este proyecto pretende cumplir con la necesidad del caficultor de contar con diseño prototipo orientado al cumplimiento de estándares de calidad y buenas prácticas de producción, además de presentar un sistema de control de calidad que permita asegurar que el producto final cumple con estándares establecidos internacionalmente.

A la vez, se presentará un análisis financiero del diseño prototipo de manera que el caficultor tenga una base científica para la toma de decisiones sobre su inversión en este tipo de proyectos.

## VII. METODOLOGÍA

Para poder realizar el diseño de un beneficio húmedo de café se fundamentó la propuesta técnica presentada en referencias de consultoría y la captura de datos por medio de:

A. Recopilación de información disponible para documentar la situación actual del beneficiado húmedo de café en Guatemala con base en estudios efectuados sobre el beneficiado húmedo tradicional y proyectos formulados o ejecutados sobre construcción de beneficios húmedos.

B. Utilización de instrumentos o herramientas tales como: modelos de diseños de beneficios húmedos, manuales de beneficiado húmedo y producción de café, manuales de diseños de plantas, catálogos de maquinaria y equipo, tesis sobre el tema y afines, manuales de producción más limpia, sistemas de manejo de calidad y documentación sobre evaluación de proyectos.

C. Entrevistas y reuniones con expertos o conocedores del tema, ejecutores de proyectos y productores líderes.

D. Visitas de campo para observar las instalaciones de beneficios húmedos en fincas.

Para llevar a cabo la investigación se siguió el siguiente procedimiento:

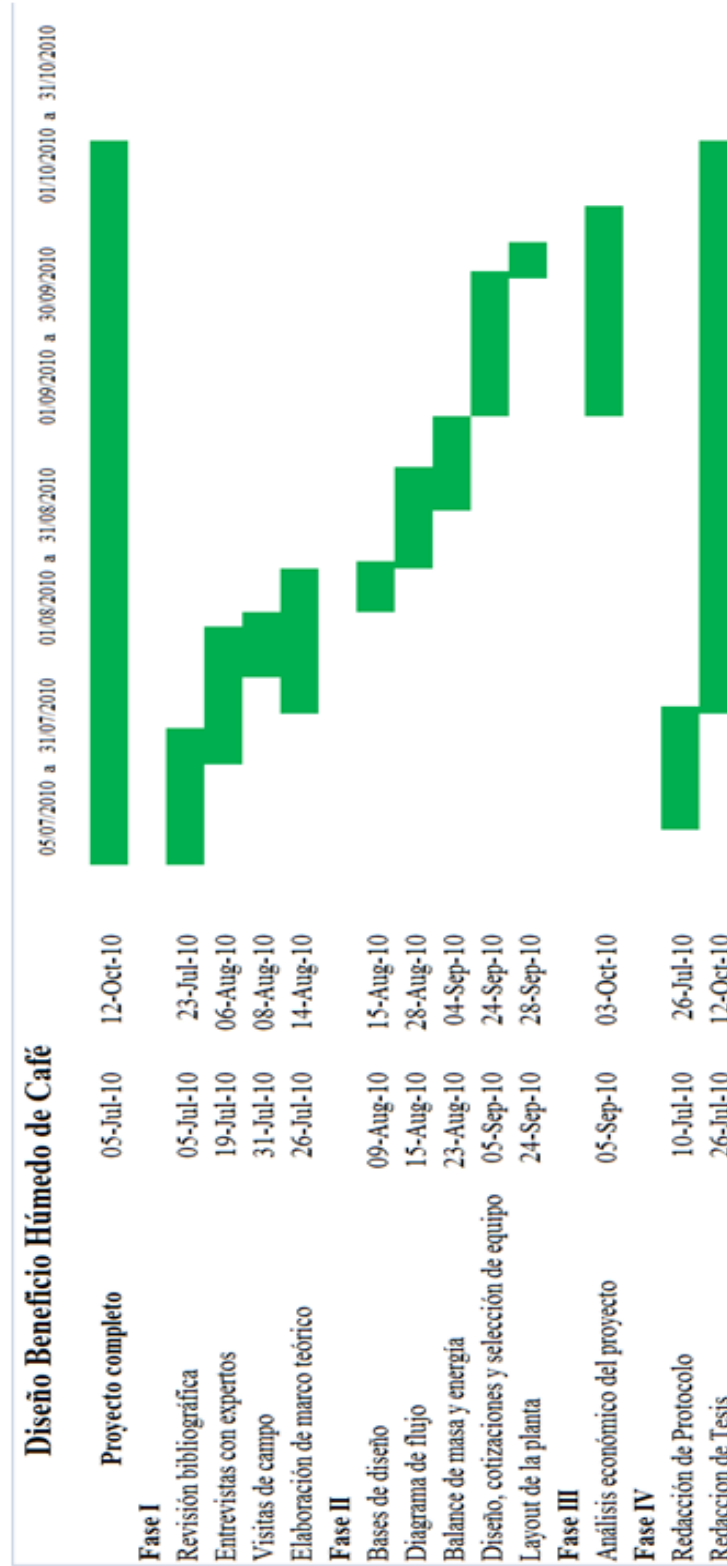
En la primera fase de la investigación se visitó la Biblioteca de la Asociación Nacional del Café (Anacafé) y otras para investigar los conceptos básicos de la producción cafetalera y el proceso de beneficiado húmedo de café en Guatemala. Esto incluyó entrevistas con expertos en el tema del departamento de Post-Cosecha de la Asociación citada anteriormente.

Después de definir la producción de la planta y otros lineamientos básicos de diseño, se eligió el tipo de beneficiado a utilizar y se realizó el diagrama de flujo del proceso. Luego, se realizó el balance de masa y energía del proceso y de acuerdo a éste se diseñó la maquinaria y equipo necesario. Tras analizar las opciones y eligiendo la más adecuada en términos de eficiencia y costos, se procedió entonces a elaborar el layout de la planta procesadora. Además, se definieron los parámetros que permiten el cumplimiento de normas de calidad internacional y prácticas de producción más limpia.

La última fase de la investigación incluyó la evaluación económica del proyecto propuesto. A partir del diseño modelo propuesto se hizo un análisis financiero de la construcción, instalación y operación del beneficio. Se utilizó una base de 500 quintales al día de café cereza. Se calculó la inversión inicial, la tasa de retorno, el valor neto actual y el período de recuperación de la inversión. Para esto se tomaron los precios de venta de café pergamino en el mercado en el año cafetalero 2009/2010 y una tasa de cambio del dólar americano con respecto al quetzal de \$1.00 = Q. 8.10.

## VIII. CRONOGRAMA

Figura No. 2 Cronograma de actividades del proyecto.





## B. Balance de masa y energía

Tabla No. 5 Balance de masa teórico del proceso de beneficiado húmedo de café para una base de 500 qq maduro/día.

<b>BALANCE DE MASA</b>					
<b>Etapa 1: Separación de flotas</b>	<b>Entradas</b>				
	Café maduro	500.00	qq	22,686.03	kg
	<b>Salidas</b>				
	Café sin flotas	475.00	qq	21,551.72	kg
	Flotas	25.00	qq	1,134.30	kg
<b>Etapa 2: Clasificación de flotas</b>	<b>Entradas</b>				
	Flotas	25.00	qq	1,134.30	kg
	<b>Salidas</b>				
	Bolita y otros	10.00	qq	453.72	kg
	Vano	15.00	qq	680.58	kg
<b>Etapa 3: Despulpado</b>	<b>Entradas</b>				
	Café sin flotas	475.00	qq	21,551.72	kg
	Vano	15.00	qq	680.58	kg
	<b>Salidas</b>				
	Café despulpado	294.00	qq	13,339.38	kg
	Pulpa	196.00	qq	8,892.92	kg
<b>Etapa 4: Clasificación de café despulpado</b>	<b>Entradas</b>				
	Café despulpado	294.00	qq	13,339.38	kg
	<b>Salidas</b>				
	Café de primera	249.90	qq	11,338.48	kg
	Café de segunda	44.10	qq	2,000.91	kg
<b>Etapa 5: Remoción del mucílago</b>	<b>Entradas</b>				
	Café de primera	249.90	qq	11,338.48	kg
	Café de segunda	44.10	qq	2,000.91	kg
	<b>Salidas</b>				
	Café de primera	187.43	qq	8,503.86	kg
	Café de segunda	33.08	qq	1,500.68	kg
	Mucílago	73.50	qq	3,334.85	kg

<b>Continuación Tabla No. 5</b>					
<b>Etapa 6: Secado</b>	<b>Entradas</b>				
	Café de primera	187.43	qq	8,503.86	kg
	Café de segunda	33.08	qq	1,500.68	kg
	<b>Salidas</b>				
	Café de primera	126.62	qq	5,745.21	kg
	Café de segunda	22.35	qq	1,013.86	kg
	Agua	71.54	qq	3,245.92	kg

Tabla No. 6 Balance de energía teórico del proceso de beneficiado húmedo de café para una base de 500 qq maduro/día.

<b>BALANCE DE ENERGÍA</b>			
<b>Equipo</b>	<b>Potencia (HP)</b>	<b>Tiempo de operación (h)</b>	<b>Consumo (kW-h)/día</b>
<b>Criba de Flotes</b>	3/4 hp	0.5 h	0.28
<b>Módulo de despulpado</b>	14 hp	4 h	41.75
<b>Criba de clasificación</b>	1 hp	4 h	2.98
<b>Bomba de lavado y recirculación</b>	2 hp	6 h	8.95
<b>TOTAL</b>			53.96

### C. Diseño de equipo y construcciones.

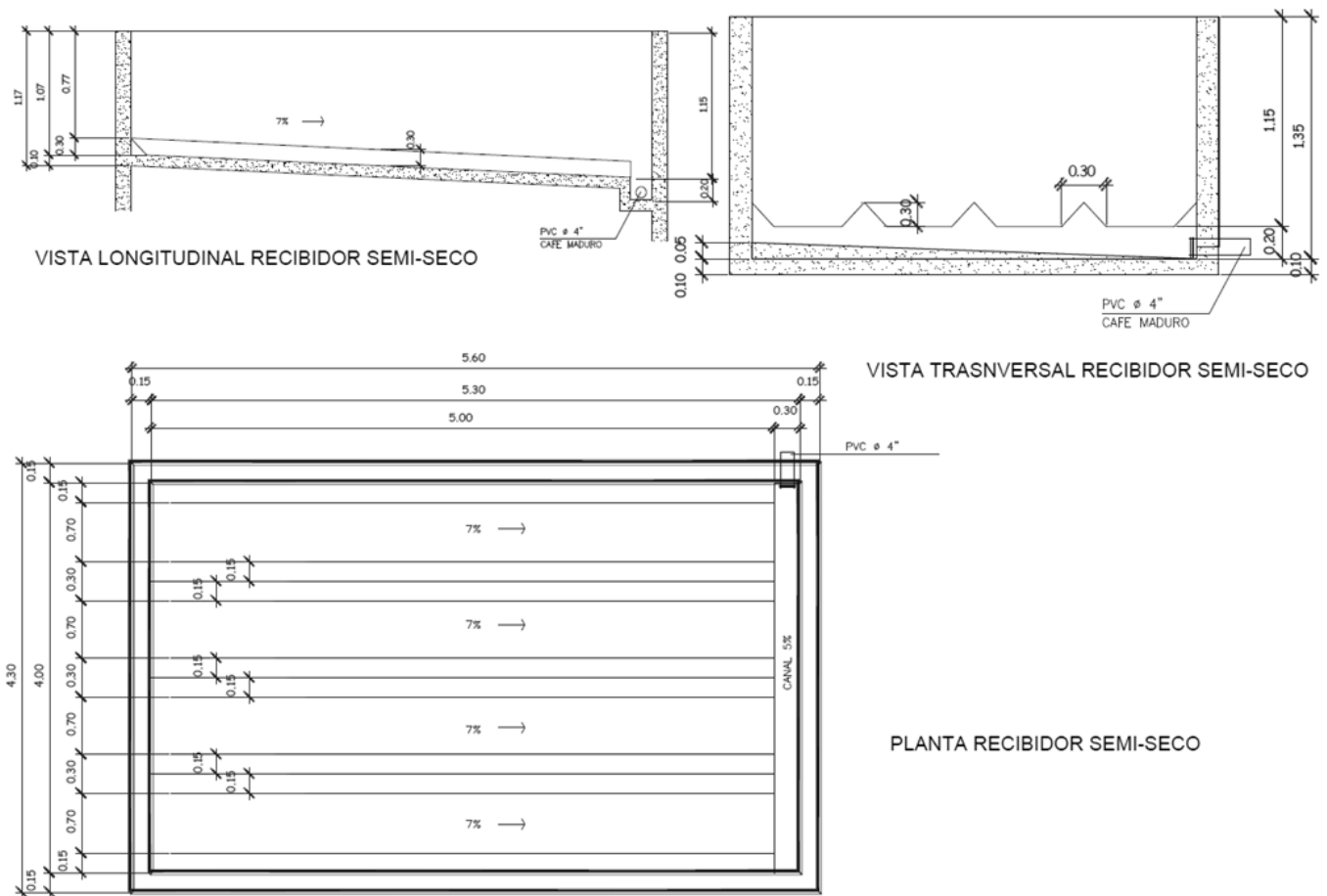
#### 1. Recibidor semi-seco

Tabla No. 7 Dimensiones y descripción del recibidor semi-seco.

<b>Detalles</b>		<b>Descripción</b>
<b>Capacidad del recibidor</b>	300.00 qq café maduro	- El recibidor está dividido en secciones no mayores de 0.70 metros, separadas por camellones piramidales.  - Está cubierta con azulejo.  - Cuenta con un canal transversal que recibe el fruto de las diferentes secciones y lo conduce al área de maquinaria.
<b>Ancho</b>	4.00 m	
<b>Largo</b>	5.30 m	
<b>Profundidad</b>	1.15 m	
<b>Ancho del canal</b>	0.30 m	
<b>Profundidad del canal</b>	0.20 m	

Continuación Tabla No. 7		
Número de camellones piramidales	3	- Para el control de salida de café, debe instalarse una compuerta metálica perforada, para evitar la excesiva retención de agua en el recibidor.
Secciones	4	
Ancho pirámides	0.30 m	
Alto pirámides	0.30 m	
Desnivel	7%	
Volumen neto del recibidor	23.48 m <sup>3</sup>	
Material	Concreto	

Figura No. 4 Detalles de construcción del recibidor semi-seco.

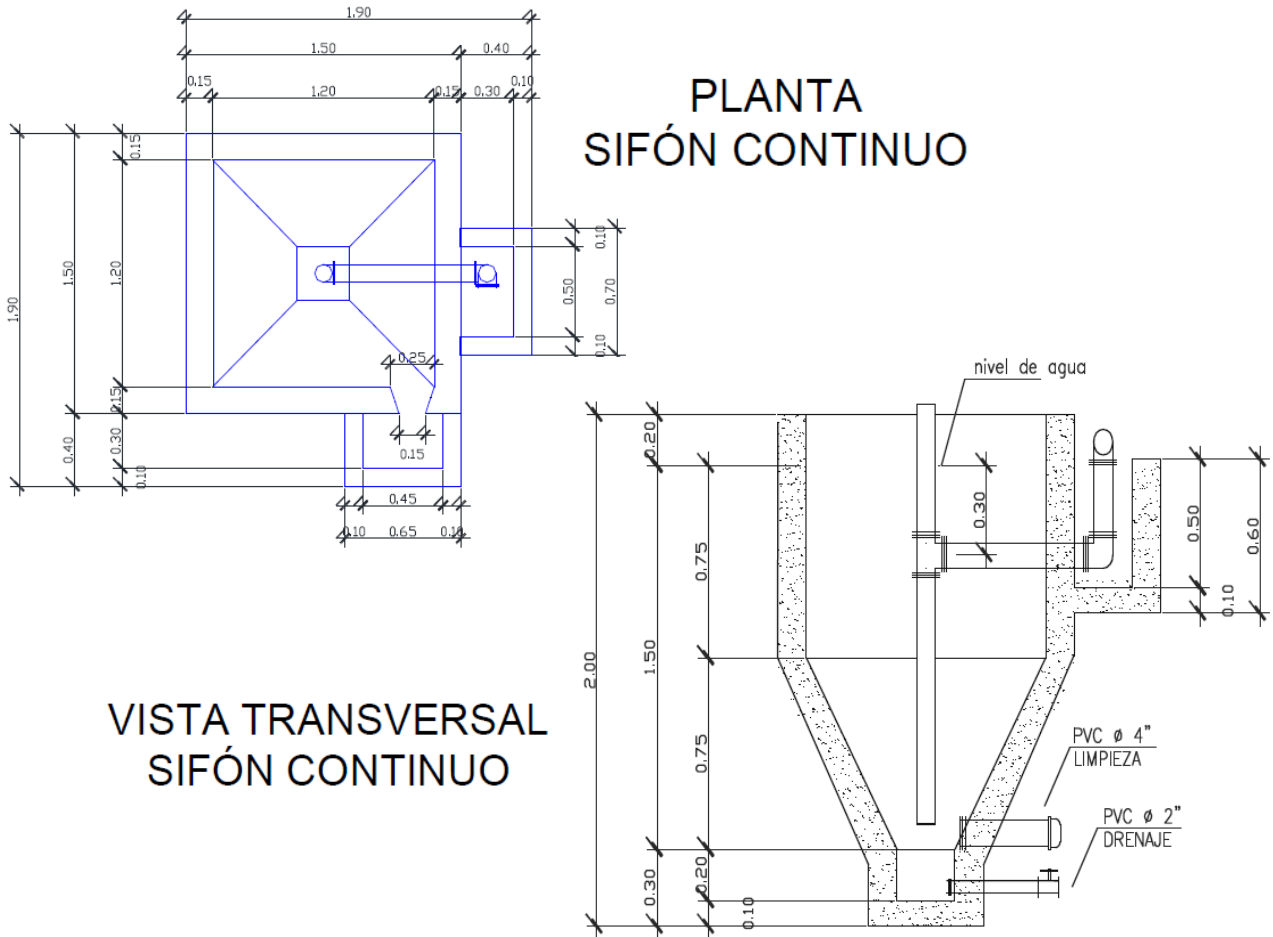


2. Sifón continuo de clasificación

Tabla No. 8 Dimensiones y descripción del sifón continuo de clasificación.

Dimensiones		Descripción
Ancho	1.50 m	- Su forma es cónica invertida con cuatro lados. - El sifón está construido con tubería de PVC de 4" de diámetro.
Largo	1.50 m	
Profundidad	1.50 m	
Pendiente	45°	- La distancia entre el tubo y la pichacha es equivalente a un diámetro de la tubería instalada (4"). - Cuenta con canales para salida de flotes y compuerta de salida graduada hacia pulperos y despedrador.
Material	Concreto	

Figura No. 5 Detalles de construcción del sifón continuo de clasificación.

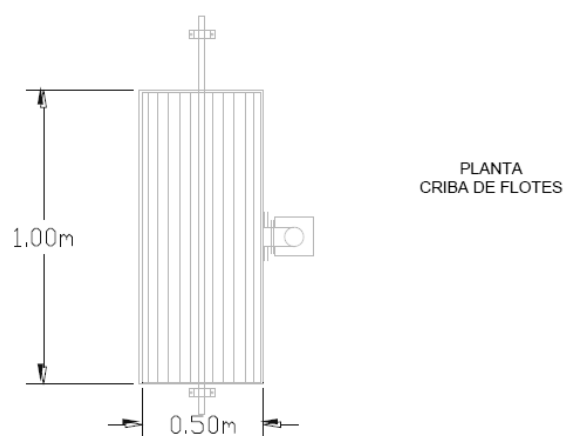


## 3. Criba de clasificación de flotes

Tabla No. 9 Dimensiones y descripción de la criba para clasificación de flotes.

Dimensiones		Descripción
<b>Diámetro</b>	0.50 m	- Todo contenido en una caja de 1/16" de lámina negra. - Varillas de 1/4" de diámetro
<b>Largo</b>	1.00 m	- Eje de rotación de 1" de diámetro
<b>Separación entre Varillas</b>	0.011m	- Trabaja en seco a 18 r.p.m. - Accionada por un motoreductor de 3/4 hp

Figura No. 6 Detalles de la criba para flotes.



## 4. Módulo de despulpado

Tabla No. 10 Descripción de los despulpadores principales y repasador.

<b>Despedrador principal</b>	Accesorio incorporado al set de despulpado, sirve para eliminar residuos dañinos a la maquinaria.
<b>Transportador helicoidal inclinado tipo U</b>	8" diámetro 6 m de largo, de largo inclinado, con recuperador de agua, con chumaceras tipo flange, motor de 2 HP monofásico 220 voltios 1725 rpm
<b>Estructura</b>	Estructura de acero al carbón para fijar pulpero de 4 palacios y sistema de transmisión incluye: chumaceras de servicio pesado, contraeje, poleas, fajas, motor eléctrico de 2 HP monofásico 220 voltios 1725 rpm.

<b>Continuación Tabla No. 10</b>	
<b>Despulpadores</b>	Despulpadores de alto rendimiento en hierro fundido de 40 qq de café cereza por hora, cilindro de hierro fundido, camisa de acero inoxidable, pecho de hierro fundido, 4 palacios tipo FF de alta eficiencia, tolva separadora de agua con pichacha escurridora, tolvas de descarga de pulpa, doble rodamiento bujes de bronce y chumaceras de servicio pesado. Las dimensiones del despulpador son: 0.91 m de largo, 0.48 m de ancho y 0.71 de alto.
<b>Transportador helicoidal para transporte de pulpa</b>	8" diámetro 12 m de largo motor de 2 HP monofásico 220 voltios 1725 rpm

Figura No. 7 Detalles del módulo de despulpado.

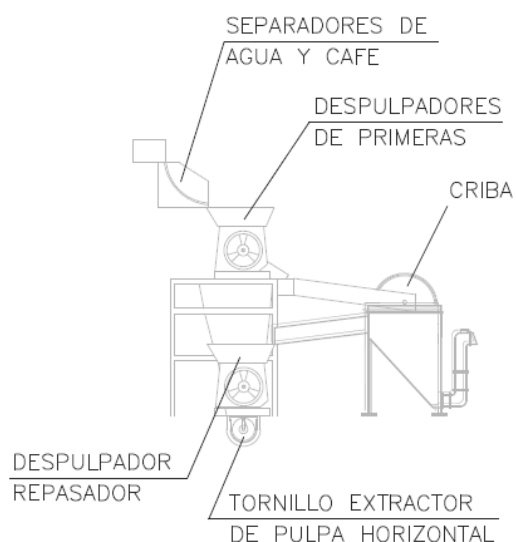
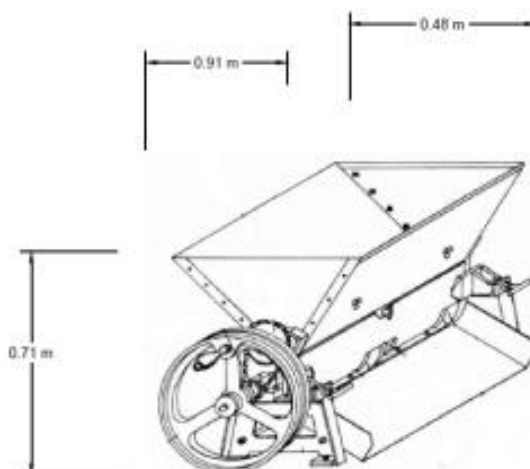


Figura No. 8 Dimensiones y detalles del despulpador.

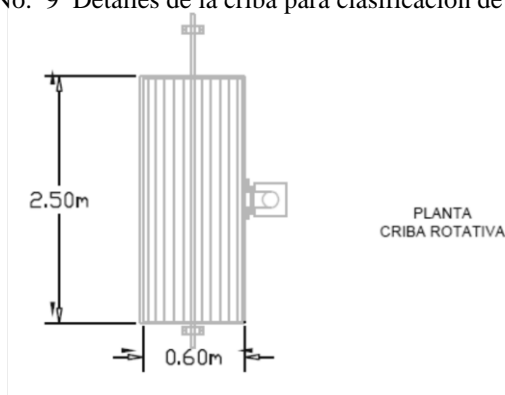


## 5. Criba de clasificación de café despulpado

Tabla No. 11 Dimensiones y descripción de la criba para clasificación de café despulpado.

Dimensiones		Descripción
<b>Diámetro</b>	0.60 m	- Instalada en un tanque metálico en lamina de 1/16" de hierro negro
<b>Largo</b>	2.50 m	- Chumaceras de 2" pillow block.
<b>Separación entre hilos</b>	0.007 m	- Hilos de polietileno de alta densidad, 1/4" de diámetro
		- Trabaja a 18 r.p.m.
		- Accionada por un motoreductor de 1 hp

Figura No. 9 Detalles de la criba para clasificación de café despulpado.



## 6. Pilas de fermentación

Tabla No. 12 Dimensiones y descripción de las pilas de fermentación.

Dimensiones			Descripción
<b>Pilas de café de primera</b>	Ancho	2.75 m	-Son de concreto y cubiertas en el interior con azulejo. -El espesor de café no debe de pasar de 1.00 metro de altura. -Todas las esquinas deben ser redondeadas. -Deben tener rejillas en el piso, de 4 m de longitud y 0.4 de ancho para drenar.
	Largo	6.00 m	
	Profundidad	1.00 m	
	Volumen por pila	16.50 m <sup>3</sup>	
	Número de Pilas	3	
	Pendiente	6%	
<b>Pilas de café de segunda</b>	Ancho	1.00 m	-Están provistas de dos salidas: una para café y otra para aguas mieles, cada una con compuerta para control de bocado y con canales de conducción. -Los canales de conducción para café tienen un 3% de pendiente y los de aguas mieles un 2% de pendiente.
	Largo	6.00 m	
	Profundidad	1.00 m	
	Volumen por pila	6.00 m <sup>3</sup>	
	Número de Pilas	2	
	Pendiente	6%	

Figura No. 10 Detalles de las pilas de fermentación de café de primera

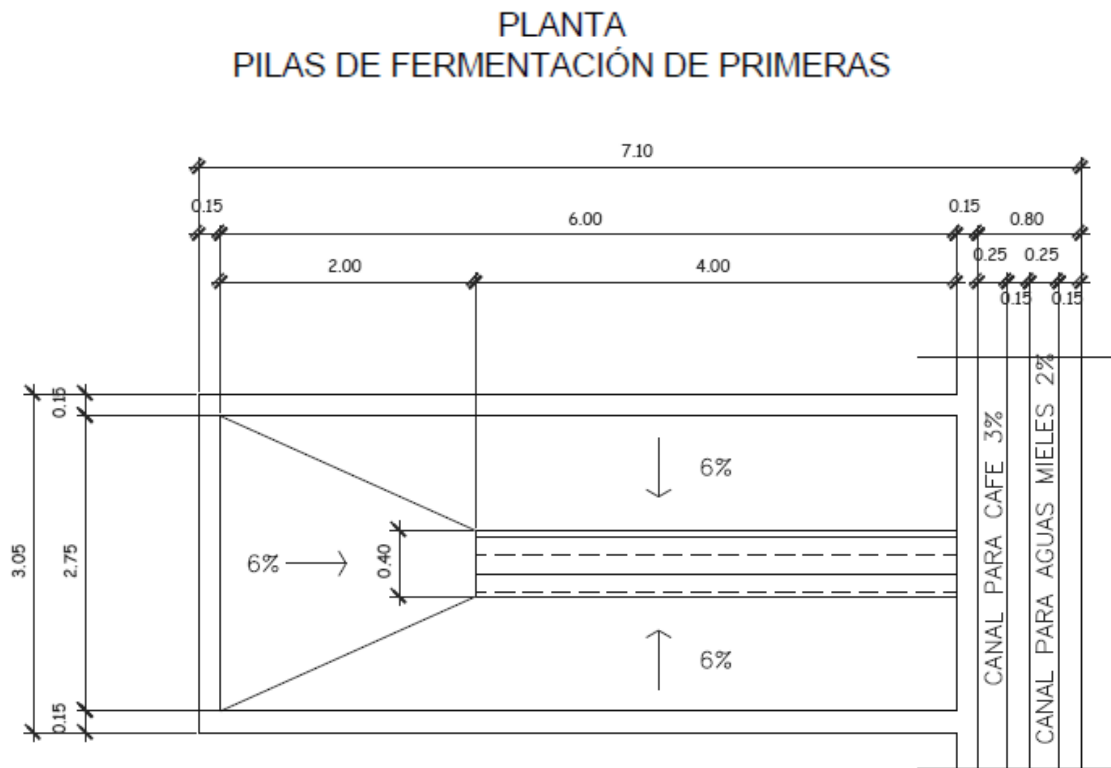
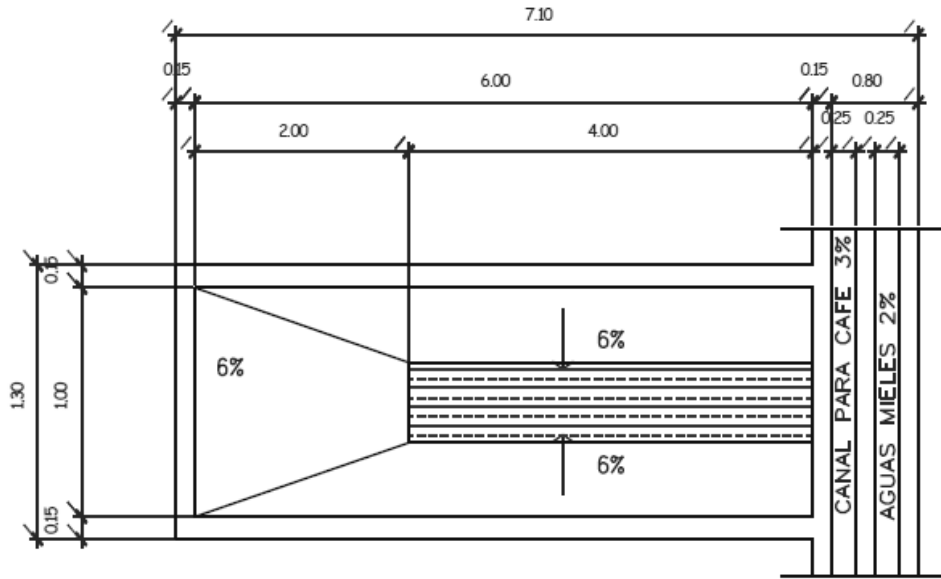
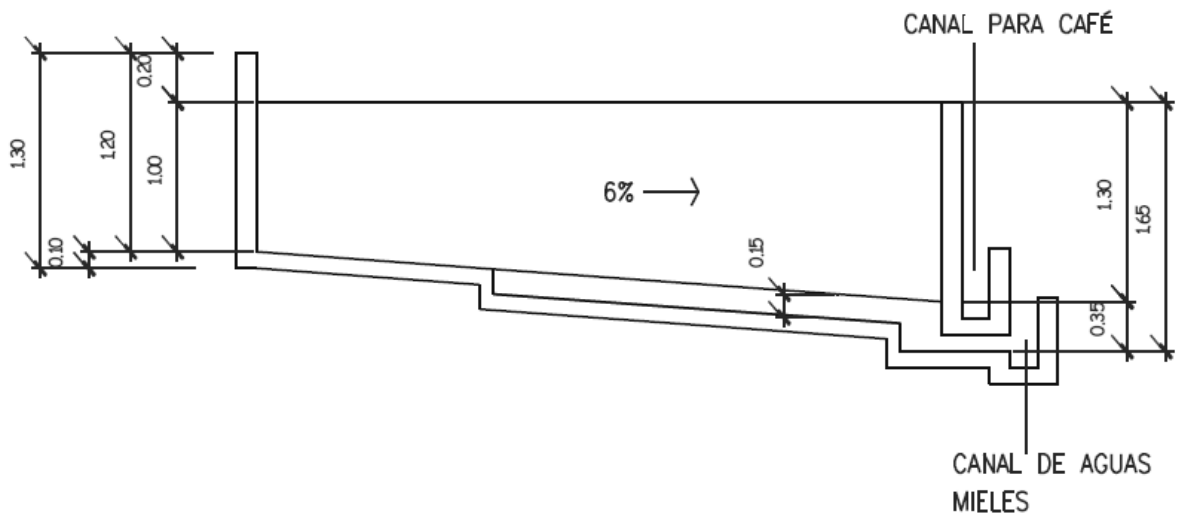


Figura No. 11 Detalles de las pilas de fermentación de café de segunda calidad.

PLANTA  
PILAS DE FERMENTACIÓN DE  
SEGUNDAS



VISTA LONGITUDINAL  
PILAS DE FERMENTACIÓN DE  
SEGUNDAS

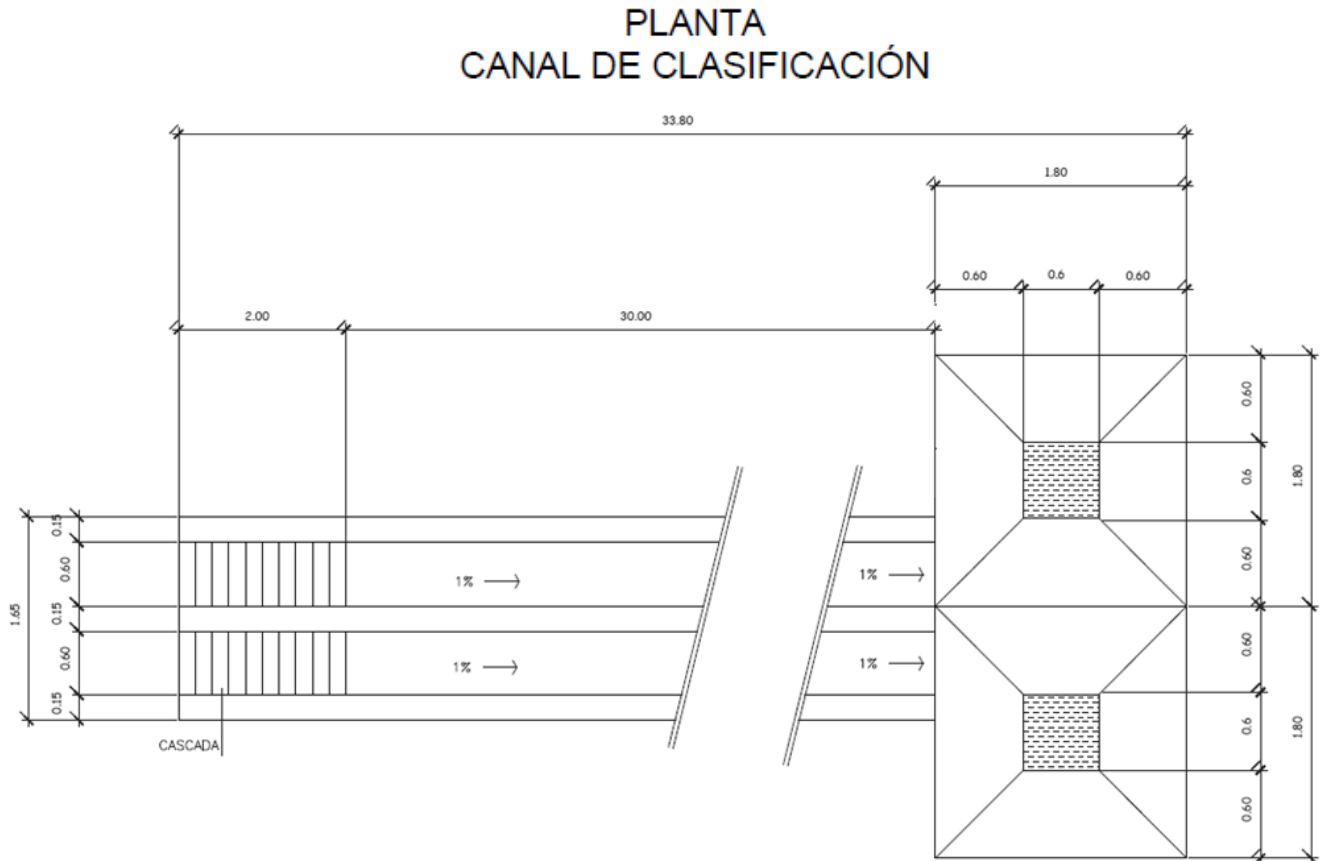


7. Canal de lavado

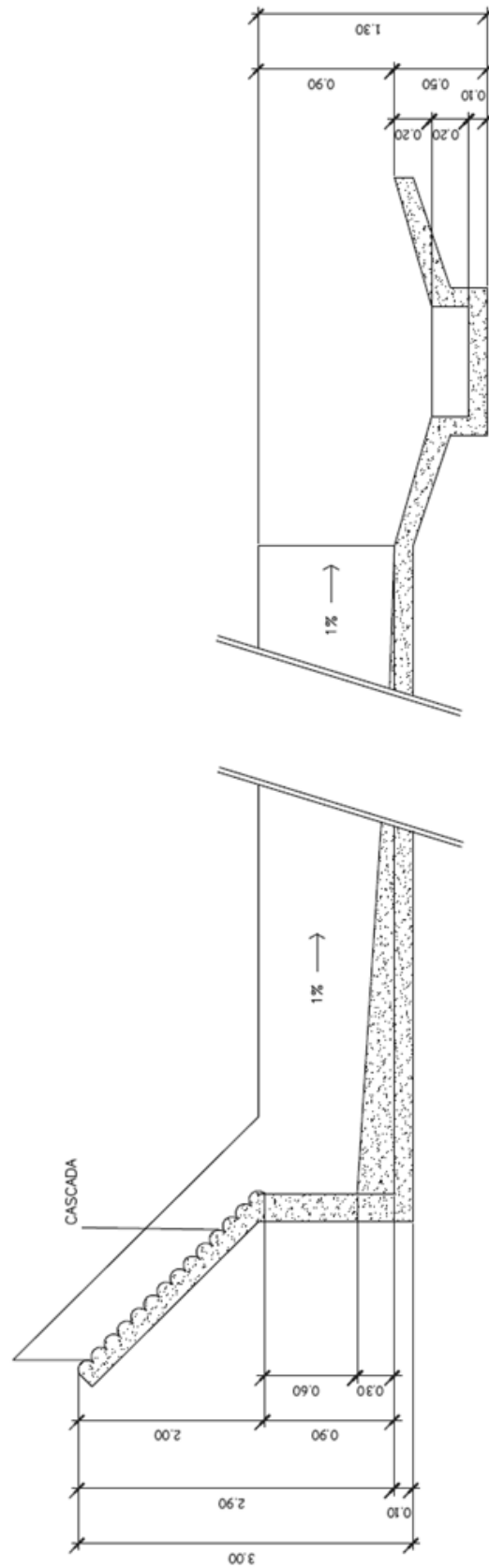
Tabla No. 13 Dimensiones y descripción del canal de flujo continuo

Dimensiones		Descripción
Ancho	0.40 m	-Son de concreto y están cubiertos en el interior con azulejo. - Tiene una cascada de 2 m de largo.
Largo	60 m	- Cuenta con por lo menos tres tabiques hechos con reglas de madera, cuya altura se gradúa, agregando o quitando reglas (el primer tabique se coloca a la mitad, el segundo a los dos tercios y el último al final) conforme se van llenando.
Altura extremo 1	0.60 m	
Altura extremo 2	0.90 m	
Pendiente	1%	- Al final, se colocaran dos rebosaderos de concreto de 1.80 x 1.80 metros y con una rejilla de lámina con perforaciones de 24 x 24 pulgadas como mínimo, para capturar las natas y separar el agua, uno al final de cada canal.
Número de canales	2	

Figura No. 12 Detalles del canal de clasificación continuo.



VISTA LONGITUDINAL  
CANAL DE CLASIFICACIÓN



## 8. Patios de secado

Tabla No. 14 Dimensiones y descripción de los patios de secado.

Dimensiones		Descripción
Ancho	25 m	Patios recubiertos con ladrillo de barro
Largo	20 m	
Número de patios	4	
Área total	2000 m <sup>2</sup>	
Espesor de la capa de café	0.05 m	

## 9. Decantador

Tabla No. 15 Dimensiones y descripción del decantador de volumen variable.

Dimensiones		Descripción
<b>Sección rectangular</b>		Tiene dos capacidades, una a 50% de su volumen total y otra a 100%.
Largo	5.70 m	
Ancho	1.00 m	
Profundidad	1.00 m	
<b>Sección cuadrada</b>		
Largo	1.00 m	
Ancho	1.00 m	
Profundidad	1.50 m	
<b>Área Total</b>	7.20 m <sup>3</sup>	

Figura No. 13 Detalles del decantador de volumen variable vista de planta.

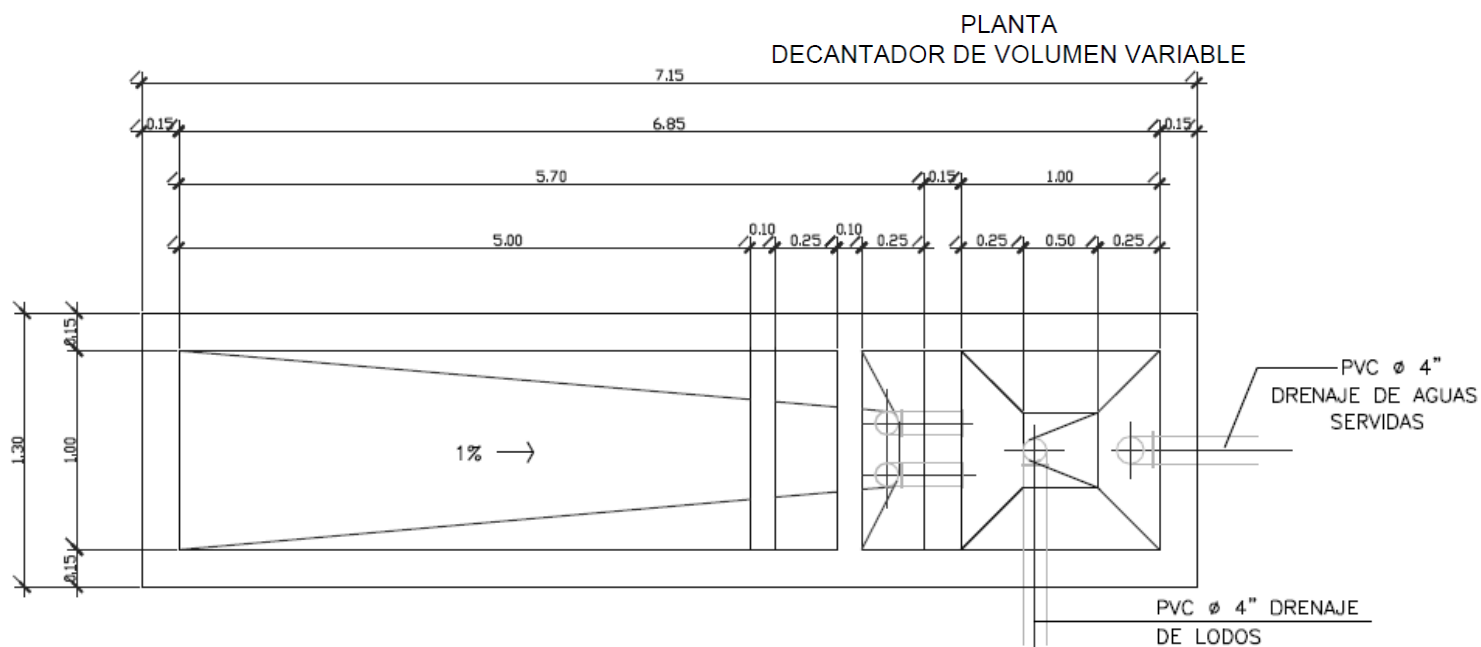
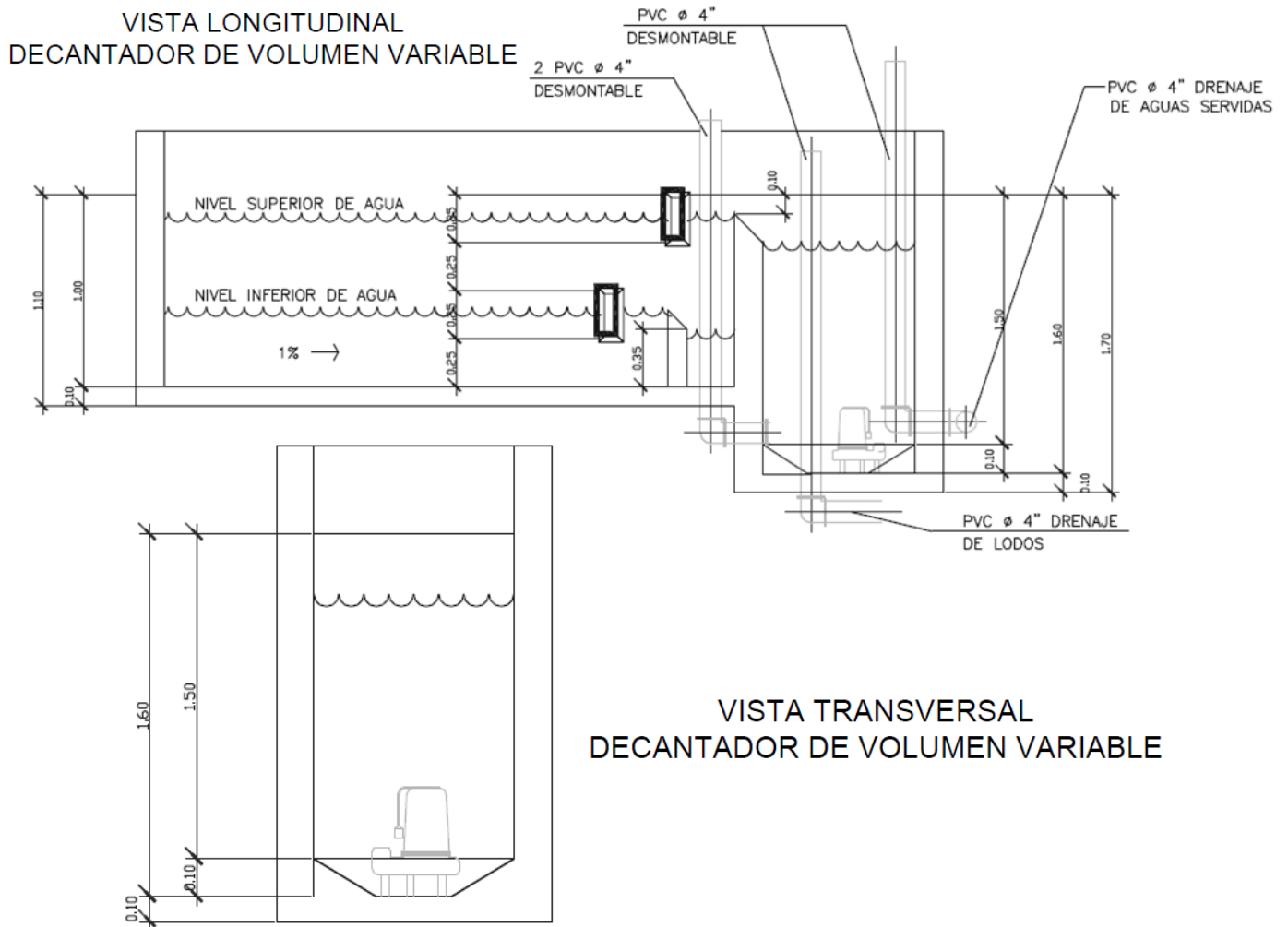


Figura No. 14 Detalles del decantador de volumen variable vista longitudinal y transversal.

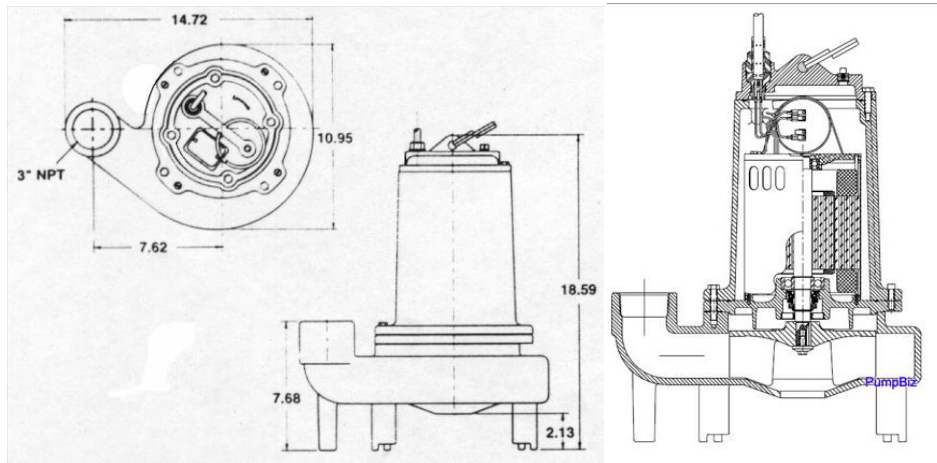


## 10. Bomba sumergible

Tabla No. 16 Descripción de la bomba sumergible para el sistema de recirculación y lavado de café.

Descripción
- Bomba sumergible con impulsor semi-abierto, inatascable, manejo de sólidos de hasta 2" de diámetro, conexión de descarga de 3" accionada por motor eléctrico monofásico de 2 HP, 230V, 60 Hz, 1750 r.p.m. con sello mecánico, cojinetes de bolas, motor en aceite mineral, cable sumergible de 20 pies de largo.
- Temperatura máxima de trabajo de 55°C.
- Control de nivel para operación automática.
- Arrancador de 7 amperios 230 V.

Figura No. 15 Dimensiones de la bomba sumergible en pulgadas.



Fuente: Sta-Rite Industries, Inc.

D. *Layout* de la planta

Figura No. 16 Layout de la planta.

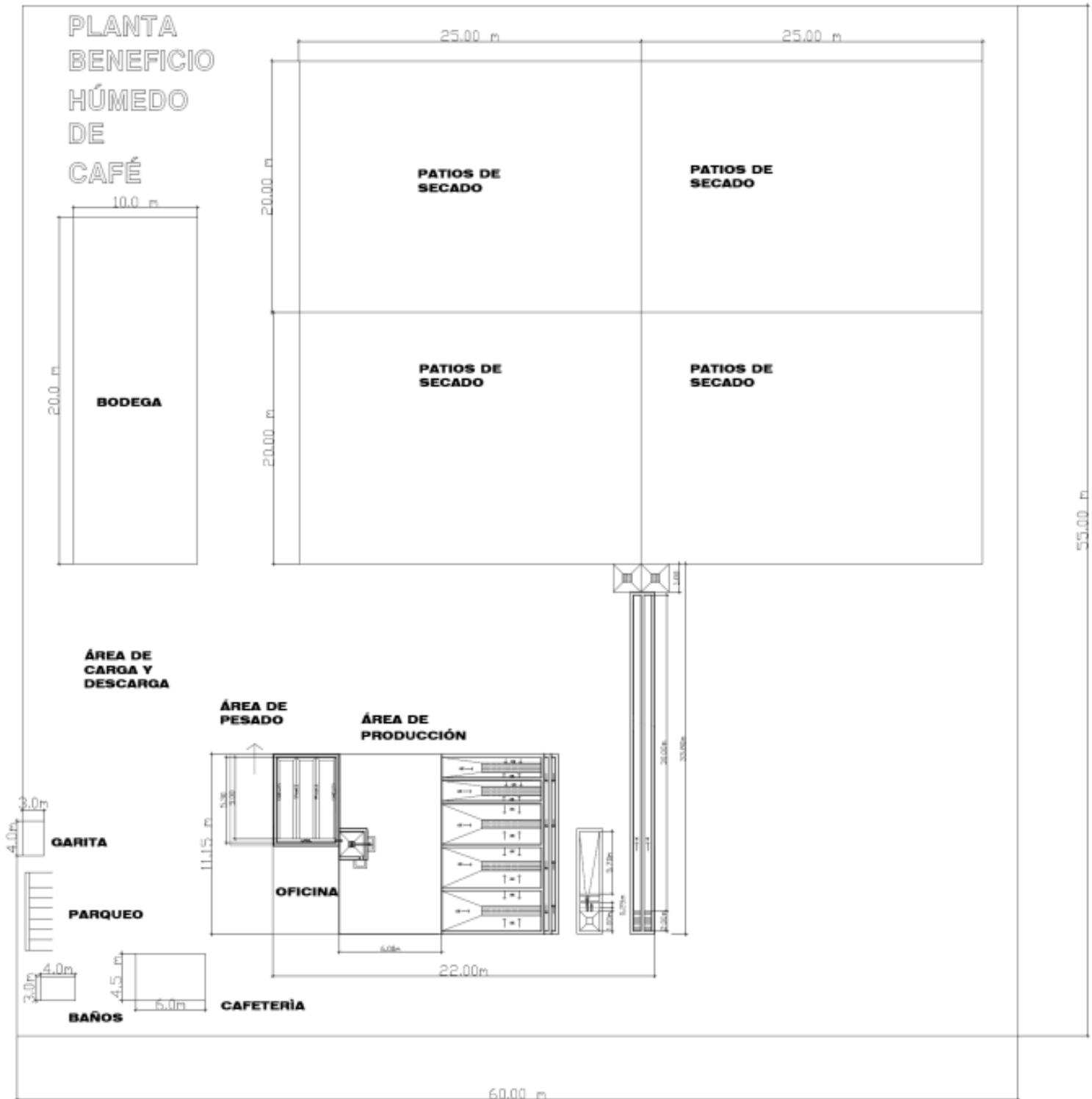
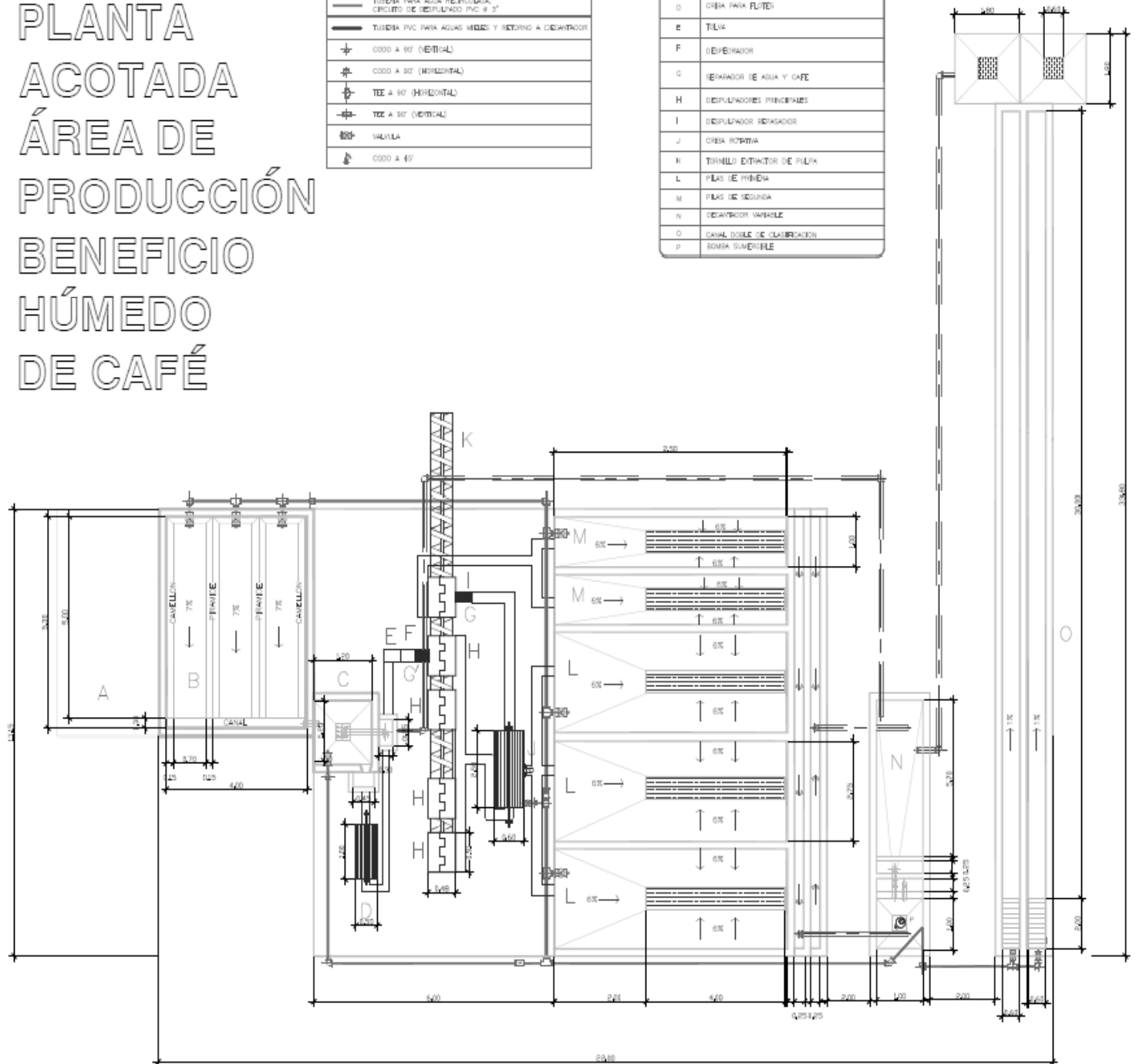


Figura No. 17 Vista en planta del área de producción.

PLANTA  
ACOTADA  
ÁREA DE  
PRODUCCIÓN  
BENEFICIO  
HÚMEDO  
DE CAFÉ

SIMBOLOGÍA	
	TUBERÍA PARA CAFÉ LARADO CÍRCULO DE LARADO PVC Ø 4"
	TUBERÍA PARA AGUA DE LARADO LIBER CAFÉ A DECAVADOR CÍRCULO DE LARADO PVC Ø 4"
	TUBERÍA PARA AGUA RECICLADA, CÍRCULO DE DEFLUJADO PVC Ø 3"
	TUBERÍA PVC PARA AGUAS HECHAS Y RETORNO A DECAVADOR
	CODDO A 90° (VERTICAL)
	CODDO A 90° (HORIZONTAL)
	TEE A 90° (HORIZONTAL)
	TEE A 90° (VERTICAL)
	VALVULA
	CODDO A 45°

Lista de equipo	
A	AREA DE PESADO
B	RECIPIENTE SEMA-SECO
C	SEFIN
D	ORERA PARA FLUTEO
E	TILVA
F	DEBIBRADOR
G	SEPARADOR DE AGUA Y CAFÉ
H	DEFLUJADORES PRINCIPALES
I	DEFLUJADOR SECUNDARIO
J	ORERA ROTATIVA
K	TORNILLO EXTRACTOR DE PULPA
L	FILAS DE PRIMERA
M	FILAS DE SEGUNDA
N	DECAVADOR VARIABLE
O	SARAL DOBLE DE CLASIFICACION
P	BOMBA SUMERGIBLE





## E. Sistema de control de parámetros que afectan la calidad en puntos críticos del proceso.

### 1. Recibo del fruto maduro en beneficio y clasificación.

#### a. Parámetros que aseguran la calidad

1) Separación por calidades. Si se cosechan variedades distintas de café en la finca, se debe asegurar que no se mezclen frutos de variedades diferentes pues disminuye la apreciación de las características organolépticas de un café especial.

2) Tiempo de retención. Debe evitarse que el café permanezca en las instalaciones para evitar que se inicie la fermentación.

3) Eliminación de frutos secos, brocados o enfermos. Se deben eliminar los frutos que le puedan dar propiedades indeseadas en taza al café.

4) Capacitación de los operarios del beneficio. Los operarios encargados del recibo de café deben saber cómo usar el instrumento para pesar el café recibido y conocer la diferencia entre la fruta madura sana y los verdes, sobre maduros y vanos que puedan dañar la calidad.

5) Calibración de la balanza: Debe mantenerse calibrada la balanza utilizada para el recibo de café.

6) Limpieza. El recibidor, el sifón y canales deben limpiarse después de cada partida para evitar la contaminación de la partida siguiente.

#### b. Acciones preventivas

1) Sumergir en agua la partida de café para eliminar frutos o materia extraña no deseada en el proceso.

2) Separar diferentes calidades de café.

#### c. Acciones correctivas

1) Problema 1: Taza áspera, astringente, frutosa y vinosa.

Causa: Frutos inmaduros, café sobre-maduro.

Solución: clasificar por densidad el fruto maduro y separar el café maduro y sobre maduro

2) Problema 2: Imperfecciones en oro (inmaduros, película plateada, vanos, brocados o enfermos)

Causa: café inmaduro y falta de clasificación en el recibo

Solución: clasificar por densidad el fruto maduro y separar el café maduro y sobre maduro

## 2. Despulpado y clasificación.

### a. Parámetros que aseguran la calidad

- 1) Despulsar únicamente fruto maduro.
- 2) Tiempo de retención: debe despulsarse el mismo día de corte.
- 3) Capacitación de los operarios del beneficio: los operarios encargados de esta etapa deben estar capacitados en la operación y mantenimiento de las máquinas.
- 4) Revisar el funcionamiento diariamente para cuantificar los granos mordidos o quebrados.
- 5) Mantenimiento y calibración: cumplir con las especificaciones de mantenimiento y operación de los despulpadores según el manual proporcionado por el fabricante y calibrar la máquina de acuerdo a la observación diaria de la operación.
- 6) Limpieza: se debe limpiar todos los días para evitar que se fermenten las siguientes partidas.
- 7) Cumplir con las especificaciones del manual de mantenimiento y operación de la criba.

### b. Acciones preventivas

- 1) Deben mantenerse repuestos de las partes para asegurar que no se interrumpa el proceso en caso de que alguna falle.
- 2) Si no se puede despulsar el mismo día se debe sumergir el café maduro en agua para evitar que se empiece el proceso de fermentación.
- 3) Evitar que entren frutos inmaduros al despulpador porque dañan el equipo.
- 4) Calibrar la máquina despulpadora al tamaño de los granos, según variedad de café procesada.

c. Acciones correctivas

1) Problema 1: Granos quebrados o mordidos.

Causa: pechero muy ajustado al cilindro, dientes de la camisa muy agudos o disparejos, venas del pechero muy gastadas, platinas alimentadoras muy abiertas, chumaceras gastadas, paso de café verde o reseco.

Solución: separar el pechero, corregir los dientes con un material blando, emparejar las venas, graduar las platinas, cambiar las chumaceras, separar el café verde y seco en el recibo.

2) Problema 2: Café maduro pasa sin ser despulpado.

Causa: el pechero está muy separado del cilindro, camisa en mal estado, café muy verde

Solución: ajustar el pechero, cambiar la camisa, exigir buena recolección y clasificación.

3) Problema 3: Hay café despulpado en la pulpa.

Causa: el pechero está muy separado del cilindro, camisa en mal estado, cilindro gira muy rápido

Solución: ajustar el pechero, revisar las chumaceras, cambiar la camisa, disminuir las revoluciones.

4) Problema 4: Sale mucha pulpa por la salida de café despulpado.

Causa: excesiva alimentación, dientes de la camisa desgastados, paredes de los canales del pecho con ángulo muy cerrado, cilindro gira muy rápido

Solución: reducir el bocado, rectificar los canales, disminuir las revoluciones del cilindro.

5) Problema 5: El cilindro no gira.

Causa: objetos extraños en el equipo, desperfectos en la banda o faja, tornillo de la polea flojo, falta de energía eléctrica.

Solución: realizar una limpieza previa, apretar y aplicar cera a las fajas, apretar las roscas, revisar el voltaje o los fusibles.

6) Problema 6: Taza, frutosa y vinosa.

Causa: retraso en el despulpado.

Solución: despulpar el mismo día.

### 3. Fermentación

#### a. Prácticas que aseguran la calidad

1) Control del tiempo de fermentación: se recomienda un control constante pues no existe un tiempo establecido para el proceso de fermentación.

2) La altura de la masa de fermentación no debe exceder de un metro.

3) Mover el café dentro de la pila para mantener una homogeneidad.

4) Utilizar agua limpia para descargar el café de las pilas y para su limpieza diaria.

5) Asegurar que ningún grano se quede en la pila de fermentación que pueda contaminar a partidas siguientes.

6) Las aguas mieles deben recibir el tratamiento adecuado.

#### b. Acciones preventivas

1) Verificar que toda la masa de café tenga la misma madurez.

2) Se debe contar con un sistema de drenaje de aguas mieles adecuado.

3) Evitar la sobrefermentación del grano mediante el control y registro continuo considerando el tiempo promedio de fermentación del lugar.

4) Evitar la contaminación de lotes nuevos con granos fermentados de la partida anterior, limpiando el tanque después de cada partida.

#### c. Acciones correctivas

1) Problema 1: Granos quebrados o mordidos.

Causa: pechero muy ajustado al cilindro, dientes de la camisa muy agudos o disperejos, venas del pechero muy gastadas, platinas alimentadoras muy abiertas, chumaceras gastadas, paso de café verde o reseco.

Solución: separar el pechero, corregir los dientes con un material blando, emparejar las venas, graduar las platinas, cambiar las chumaceras, separar el café verde y seco en el recibo.

2) Problema 2: Taza agria y sucia.

Causa: fermentaciones disperejas y descuidos en la misma, falta de limpieza en las pilas de fermentación.

Solución: lavar el café con agua limpia en su punto de fermentación, limpieza adecuada de las pilas.

3) Problema 3: Grano sobrefermentado.

Causa: demasiado tiempo en la pila, contaminación con partidas anteriores

Solución: lavar inmediatamente cuando el café esté en su punto de fermento, controlar el proceso continuamente, si hubiese un exceso de pulpa, retirarla.

4) Problema 4: película plateada adherida

Causa: falta de fermentación.

Solución: control individual de cada partida, no predeterminar tiempos de fermentación.

5) Problema 5: película rojiza

Causa: exceso de pulpa en la pila

Solución: calibrar los despulpadores correctamente y limpieza adecuada en la pila.

4. Lavado

a. Prácticas para asegurar la calidad

- 1) Lavar inmediatamente después que se haya terminado la fermentación.
- 2) Utilizar agua limpia.
- 3) Realizar un muestreo por partida para garantizar que el pergamino ya no tenga residuo de miel para dar por terminado el lavado.
- 4) Realizar una última clasificación por densidad en el canal.

b. Acciones preventivas

- 1) Limpiar los canales y utilizar agua limpia.

c. Acciones correctivas

- 1) Problema 1: Defectos en taza : sucio, frutoso y sobrefermento

Causa: calidad de agua, recirculado excesivo, mal lavado, mezcla de diferentes partidas, variedades y calidades.

Solución: utilizar agua limpia, no recircular más de una jornada de trabajo en el despulpado, realizar un mantenimiento adecuado a el equipo de lavado y lavar justamente en el punto final de fermento.

2) Problema 2: Granos lastimados, brocados y enfermos en el muestreo.

Causa: falta de mantenimiento de la bomba de lavado, no hay clasificación por densidad correcta, equipos mal calibrados.

Solución: darle mantenimiento a toda la maquinaria del beneficio, asegurar una correcta clasificación antes del lavado y en el canal.

## 5. Secado

### a. Prácticas que aseguran la calidad

1) Tiempo de inicio de secado: se debe iniciar lo antes posible para evitar el surgimiento de mohos o post-fermentación.

2) Eliminar el exceso de agua, reduciéndolo aproximadamente a un 42% antes de iniciar el secado.

3) Nunca almacenar café mojado.

4) Se debe mover el café constantemente para garantizar un secado uniforme con un rastrillo, por lo menos cada media hora.

5) Se debe secar el café a un nivel de humedad entre 12 y 10%.

6) Debe medirse la humedad del grano con un medidor de humedad para obtener una mayor exactitud y precisión en el resultado.

7) Calibrar el medidor de humedad para que funcione adecuadamente y corregir por temperatura de acuerdo al manual del equipo.

8) Complementar la determinación del punto de secado con técnicas empíricas.

9) El patio debe estar limpio y seco.

10) La profundidad de la capa de café no debe ser mayor a 5 cm.

11) El patio debe tener un desnivel de 1% para evitar que se estanque el agua que pueda escurrir del café.

12) Evitar que el café se moje.

b. Acciones preventivas

- 1) Si el proceso de secado no puede empezar inmediatamente se deberá mantenerse en agua fría.
- 2) Mantener limpio el patio para evitar contaminación con materia extraña, granos sobre-secados o fermentados.

c. Acciones correctivas

- 1) Problema 1: Olor a moho o fermento

Causa: café más húmedo de un 12%, café en capas gruesas.

Solución: controlar el punto ideal de secado, no almacenar el café por periodos prolongados.

- 2) Problema 2: Color pálido, grisáceo, opaco, blanqueado.

Causa: excesiva temperatura, café con una humedad menor al 9%

Solución: controlar el punto ideal de secado y que la temperatura de la masa nunca alcance más de 40°C.

- 3) Problema 3: Contenido de humedad disparejo, sobreseco o húmedo

Causa: mezclar partidas con distinta humedad, falta de movimiento, falta de experiencia en las mediciones, mediciones empíricas de humedad.

Solución: mover frecuentemente, utilizar un medidor de humedad, comparar criterios empíricos con los del medidor, no capas mayores a 5 cm en los patios, no mezclar partidas.

6. Almacenamiento

a. Prácticas que aseguran la calidad

- 1) No mezclar diferentes calidades de café en el mismo saco.
- 2) La bodega debe tener suficiente ventilación para la circulación de aire.
- 3) La humedad relativa del ambiente no debe ser mayor a 65%.
- 4) No debe almacenarse nada más en esa bodega.

5) Los sacos deben apilarse sobre tarimas a una distancia adecuada del suelo y pared para que permita la circulación de aire.

6) Debe monitorearse la temperatura y la humedad.

7) Evitar el humo cerca de la bodega porque el café es susceptible a tomar ese olor.

8) Asegurar que los sacos estén limpios y secos.

9) Evaluar el café periódicamente el café almacenado para verificar que no hayan cambios en sus propiedades.

b. Acciones preventivas

1) Seguir los lineamientos de almacenaje para prevenir la proliferación de moho y evitar la contaminación con olores.

2) No almacenar el café por más de 5 meses.

3) Monitorear la humedad del café.

c. Acciones correctivas

1) Problema 1: Olor a moho, viejo o humo

Causa: almacenar en malas condiciones, cosecha vieja, mezcla de calidades, almacenar húmedo.

Solución: almacenar a la humedad adecuada, controlar las condiciones de la bodega (Temperatura 20°C y 65% de humedad relativa), almacenar lejos de cocinas y maquinas.

2) Problema 2: Taza mohosa.

Causa: almacenar café húmedo y en malas condiciones

Solución: almacenar el café a la humedad adecuada, controlar las condiciones de la bodega (Temperatura 20°C y 65% de humedad relativa), almacenar lejos de cocinas y maquinas, no mezclar partidas, no mezclar cosecha vieja.

## F. Guía de control de calidad durante el proceso de beneficiado húmedo de café.

### 1. Evaluación de café maduro.

a. **Objetivo.** Determinar, a través de un muestreo de café maduro, el porcentaje en peso los frutos de café de alta calidad y de los defectos presentes en una partida de café.

b. **Beneficio.** Se podrá identificar la calidad de la recolección del fruto del café, los posibles problemas de calidad en taza y retroalimentar con información veraz al personal encargado de la recolección en el campo para mejorar la práctica del corte. Además, permitirá determinar si se acepta o no la partida para mezclarla con café en el recibidor.

c. **Frecuencia.** Se realiza por cada partida que llega al área de pesado.

d. **Muestreo.** Debe realizarse cuando el fruto del café aun se encuentra en los costales o transporte a granel que se utilice, para evitar una posible contaminación de fruto bien recolectado en el recibidor.

e. **Materiales a utilizar:**

1 balanza en gramos
1 recipiente
1 calculadora
Formularios de recolección de datos de proceso
Bolígrafo

f. **Procedimiento :**

1) Tomar al azar una muestra de café maduro representativa de una partida de café. El tamaño de la muestra dependerá de la capacidad de la balanza a utilizar, se recomienda una de 2, 000 g.

2) Pesar la muestra y anotar el peso exacto.

3) Revisar visualmente el aspecto del café cortado y anotar las observaciones al respecto.

4) Al obtener la muestra y haberla pesado, separar y pesar los frutos según las siguientes características: frutos maduros, frutos sobre maduros, frutos secos (bolitas), frutos camagües (bayos, pintones), frutos enfermos, frutos verdes (no maduros), frutos brocados, otros que considere conveniente.

5) Anotar todos los resultados encontrados en el cuadro 1\* del formulario y presentar el resultado como porcentaje.

- 6) La suma de todos deberá ser igual al peso inicial de la muestra.
- 7) Tomar de nuevo todos los frutos de la muestra original e introducirlos en un balde con agua. Se deben separar los que flotan de los que se asentaron en el fondo y pesar los dos grupos.
- 8) Del grupo de frutos que se asentó en el fondo del balde, separar cada tipo y anotar en el cuadro 2\* el peso y porcentaje de cada tipo analizado.
- 9) Del grupo de frutos que flotó en el agua, separe cada tipo (maduros, verdes, sobre maduros, pintos o bayos, secos, enfermos y brocados) y anote en el cuadro 3\* el peso y porcentaje de cada tipo analizado.
- 10) Verifique que la suma de los resultados de los dos cuadros (2 y 3) sea el 100% de la muestra.
- 11) Analice los datos obtenidos y escriba sus observaciones y recomendaciones.

\*Ver en el apéndice (página 105) el formulario.

## 2. Evaluación de café despulpado.

- a. Objetivo: Determinar a través del volumen de café despulpado la cantidad de granos eficientemente despulados y la cantidad de granos mal despulados presentes en una partida de café.
- b. Beneficio: Identificar la calidad del despulpado del fruto del café, el porcentaje de daño mecánico, los posibles problemas de calidad en taza y retroalimentar con información veraz al personal encargado de la maquinaria de despulpado para mejorar la práctica del despulpado.
- c. Frecuencia: Se realiza diariamente al inicio del despulpado.
- d. Muestreo: Debe realizarse cuando se encuentre en funcionamiento la maquinaria de despulpado en la salida de café en “baba” y en la salida de extracción de pulpa.
- e. Materiales a utilizar:

1 balanza en gramos
1 recipiente
1 calculadora
Formularios de recolección de datos de proceso
Bolígrafo

f. Procedimiento:

- 1) Tomar al azar una muestra representativa de una partida de café.
- 2) Pesar la muestra y anotar el peso exacto
- 3) Al obtener la muestra y haberla pesado, separar y pesar los granos según las siguientes características: granos buenos, granos sin despulpar, granos quebrados, granos pelados, granos brocados y enfermos, pulpa, otros que considere conveniente.
- 4) Anotar todos los resultados encontrados en el cuadro 4\* del formulario y presentar el resultado como porcentaje.
- 5) La suma de todos deberá ser igual al peso inicial de la muestra.
- 6) Para el análisis de la pulpa tomar con una cubeta una muestra al azar de pulpa a la salida del tornillo extractor de pulpa.
- 7) Al obtener la muestra y haberla pesado, separar y pesar los granos según las siguientes características: granos grandes, granos medianos, granos pequeños, granos quebrados, pulpa, otros que considere conveniente.
- 8) Anotar los resultados en el cuadro 5\* del formulario y presentar el resultado como porcentaje

\*Ver en el apéndice (página 107) el formulario.

### 3. Evaluación en el punto de fermentación.

- a. Objetivo: Determinar a través de pruebas y muestreos si el café ya está en su punto para lavado.
- b. Beneficio: Identificar con anticipación el momento en que el café estará de punto para lavado y evitar que se sobrefermente.
- c. Frecuencia: Se realiza por partida.
- d. Muestreo: Debe realizarse horas antes del tiempo promedio que tarda la fermentación natural, efectuando pruebas y muestreos en diferentes lugares de la pila de fermentación.

## e. Materiales a utilizar:

1 palo
1 recipiente
Formularios de recolección de datos de proceso

## f. Procedimiento:

- 1) Anote la fecha y hora en que el café ingreso a la pila de fermentación.
- 2) Tome el palo y métalo hasta el fondo, si el agujero formado por el palo se mantiene y los granos de café no se desprenden de la pared dentro del mismo, este ya está listo para ser lavado. Realice el mismo procedimiento en diferentes puntos de la pila de fermentación.
- 3) Verifique el punto de fermentación, tomando muestras de café de diferentes puntos de la pila y lávelos con agua en una cubeta. Observe si el café suelta la miel y queda limpio al tacto y a la vista, si no es así aún requiere más tiempo en fermentación.
- 4) Anote la fecha y hora en que el café dio punto.

\*Ver en el apéndice (página 108) el formulario.

## 4. Evaluación del café lavado.

a. Objetivo: Determinar a través de un volumen de café lavado y clasificado, la cantidad de granos eficientemente clasificados y granos defectuosos que afectan la taza.

b. Beneficio: Determinar la calidad del café clasificado y lavado. Evaluar si la separación de café de segundas corresponde a cafés de rechazo y si la clasificación de primeras aun contiene granos que no son de primera calidad. Ayudará a ajustar el equipo para minimizar los posibles problemas de calidad en taza y retroalimentar con información veraz al personal encargado del proceso de clasificación de café lavado para mejorar esta práctica.

c. Frecuencia: Se recomienda que se realice por lo menos tres veces durante la cosecha: en el primer corte, en el pico de cosecha y al finalizar la cosecha; o bien con la frecuencia necesaria según los parámetros de eficiencia de las máquinas instaladas.

d. Muestreo: Debe realizarse cuando el café se encuentre lavado y clasificado listo para entrar a la etapa de secado.

## e. Materiales a utilizar:

1 balanza en gramos
1 recipiente
1 calculadora
Formularios de recolección de datos de proceso
Bolígrafo

## f. Procedimiento:

1) Al terminar de lavar la partida, tomar una muestra de café lavado que sea representativa de una partida de café y deje escurrir.

2) Seleccionar a mano el café que usted considere defectuoso.

3) Pesar los granos separándolos en las siguientes categorías: granos normales, granos verdes, granos sobrefermentados, granos brocados, granos pelados, granos quebrados o enfermos y representarlos en forma porcentual de acuerdo al cuadro No. 7\*.

4) Anote sus observaciones.

Nota: Anote en observaciones, la presencia de granos con mucílago “miel” (indicativo de una fermentación dispareja)

\*Ver en el apéndice (página 108) el formulario.

## 5. Evaluación del café pergamino durante el secado.

a. Objetivo: Determinar a través de muestreos y pruebas de punteo, si el café que se encuentra en proceso de secado, ya está en el punto ideal para su almacenamiento (entre el 10-12% de humedad en café oro o verde).

b. Beneficio: Evitar el deterioro de su calidad durante la etapa de secamiento y la de almacenamiento. Identificar los posibles problemas de calidad en taza y retroalimentar con información veraz al personal encargado de esta etapa.

c. Frecuencia: Debe realizarse por partida.

d. Muestreo: Debe realizarse varias horas antes del promedio de tiempo en que un volumen de café tarda en secarse. Efectúe pruebas y muestreos en diferentes lugares de la partida.

e. Materiales a utilizar:

1 trilla de muestras
Formularios de recolección de datos de proceso
Bolígrafo
1 determinador de humedad

f. Procedimiento:

- 1) Tomar una muestra de café pergamino en secamiento.
- 2) Trillar la muestra para obtener café verde (en oro)
- 3) Dejar reposar y enfriar a temperatura ambiente.
- 4) Hacer una evaluación visual. Observar el color del café en oro: debe ser parejo con tonos verde azulado a verde jade, esto según la altura y tipo de café.
- 5) Tome varios granos de la muestra y muérdalos. Si el diente se hunde, hay falta de secamiento. Si el grano se quiebra, está sobre seco. Si el diente queda marcado en el grano, es señal de que está a punto para ser almacenado.
- 6) Anote la hora en que inició y finalizó el proceso de secamiento.
- 7) Verifique el resultado anterior en el determinador de humedad.

\*Ver en el apéndice (página 109) el formulario.

## G. Análisis financiero del proyecto

Tabla No. 17 Análisis financiero del proyecto para tres escenarios proyectados a 10 años.

<b>Escenario</b>	<b>Parámetro</b>
<b>Optimista</b> (15% arriba del promedio)	<b>TIR</b>
	33%
	<b>VAN</b>
	Q3,243,708.20
	<b>Período de recuperación</b>
	3.86 años
<b>Probable</b> (sin cambios al promedio)	<b>TIR</b>
	27%
	<b>VAN</b>
	Q2,439,084.36
	<b>Período de recuperación</b>
	3.89 años
<b>Pesimista</b> (15% abajo del promedio)	<b>TIR</b>
	21%
	<b>VAN</b>
	Q1,634,460.52
	<b>Período de recuperación</b>
	3.94 años

\*Ver las variables de cada escenario en el apéndice (página 111).

## X. DISCUSIÓN

El objetivo de ese trabajo de tesis fue diseñar una planta de beneficiado húmedo de café que garantizara un producto final que cumpliera con estándares de calidad internacional. Los parámetros que se buscaban cumplir fueron los establecidos por la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA), que se pueden observar en el apéndice (página 122) donde se muestra el formato de calificación. La producción de café se encuentra localizada en San Martín Jilotepeque, Chimaltenango a una altura de 1692 metros sobre el nivel del mar (msnm) y el cultivo está distribuido en lotes individuales de variedades que representan una producción de 30% bourbon, 30% de caturra, 20% de catuai y 20% de otras variedades. Dado que el café puede sufrir un proceso de fermentación si no se procesa horas después del corte, se decidió localizar la planta de procesado en la misma finca. El área cultivable de la finca es de 75 manzanas y en la actualidad, 50 de estas están cultivadas. Basado en la planificación de siembra de la finca, se espera un crecimiento de 5 manzanas sembradas al año. Es importante mencionar que se tiene un rendimiento promedio por manzana de 200 quintales de café cereza. Así, la cosecha máxima posible será de 15,000 quintales de café cereza y a partir de ese valor y sabiendo que el pico de cosecha en la actualidad es de 250 quintales de café cereza, se pudo determinar que el pico de cosecha máximo proyectado será de 500 quintales de café cereza en un día. Así pues, se decidió hacer el diseño del beneficio de acuerdo a esa capacidad.

El diagrama de flujo del proceso de beneficiado húmedo de café se puede observar en la Figura No. 3 Diagrama de flujo del proceso de beneficiado húmedo de café. (Pág. 43) El proceso consta de 7 etapas críticas, siendo el recibo del café, la clasificación del café maduro, el despulpado, la clasificación de café despulpado, la fermentación, el lavado y el secado. Se realizó un balance de masa para estas etapas y los resultados se pueden observar en la tabla Tabla No. 5 Balance de masa teórico del proceso de beneficiado húmedo de café para una base de 500 qq maduro/día. (Pág. 44) Las consideraciones que se tomaron en cuenta para este balance de masa fueron la composición del fruto de café y la distribución promedio del café de acuerdo a tres tipos de calidad de la producción (café de calidad exportable o de primera, café de segunda y las natas o flotes. Los porcentajes de composición en peso del fruto pueden apreciarse en la Figura No. 1. Componentes del fruto de café. (Pág. 2)

Basado en datos históricos, se sabe que la producción ha tenido en promedio un 5% de flotes en su producción y un 25% de café de segunda calidad. Los flotes se refieren a café de menor densidad, sin embargo, esto no significa que el café sea de mala calidad. Entre los frutos que flotan se puede encontrar café seco, enfermo, brocado, verde y vano. Se debe tener especial cuidado con el café vano pues a pesar de que flota, es un café de primera calidad pero tiene menor densidad que el resto de café de primeras puesto que solo una de sus almendras se desarrolló. Por esta misma razón, su tamaño es mayor al de los otros flotes y se puede separar. Se sabe que el porcentaje de café vano en la producción representa en promedio

un 3% del total. Por tanto, en el diagrama de flujo del proceso se decidió agregar al proceso tradicional una criba para flotes que seleccione por tamaño el café vano y se reintegre a la línea de café de primera.

Una vez despulpado el café se debe clasificar el café por calidades, por lo que el proceso cuenta con una criba rotativa de clasificación que separa por tamaño y densidad el grano de primera calidad del de segunda. El café clasificado como segunda se pasa a un despulpador repasador pues es probable que contenga pulpa que no se pudo separar porque el grado de maduración no era el adecuado. Por otro lado, se decidió llevar a cabo la remoción del mucilago por medio de una fermentación natural pues, en comparación con la remoción mecánica, esta acentúa las propiedades organolépticas del café y no maltrata físicamente el café como lo podría hacer una desmucilagadora mecánica. Un factor determinante para la elección del método de remoción del mucílago es la aceptación de este en el mercado. Es decir, algunos compradores de café tienen especificaciones o preferencias del método de remoción utilizado. El mismo caso se da con la forma de secado del café pergamino. Existen secadoras para café que podrían hacer más eficiente el proceso, sin embargo, además de que la inversión es alta el mercado al cual está dirigido el producto procesado solicita un secado totalmente natural. En este proyecto, se decidió dejar ambos procesos naturales.

Para determinar el balance de energía del proceso se tomó en cuenta únicamente el consumo energético de los equipos asociados al proceso. Así pues, se tomó en cuenta el motor de las cribas, de los despulpadores y de la bomba de recirculación y lavado de café. El balance de energía se puede observar en la Tabla No. 6 Balance de energía teórico del proceso de beneficiado húmedo de café para una base de 500 qq maduro/día. (Pág. 45) Es importante mencionar que para determinar el consumo total de energía se supuso que la maquinaria se encendía una vez al día, consumiendo tres veces su potencia, y se determino a través de la capacidad del equipo el tiempo de operación para calcular el consumo durante su operación.

A partir del balance de masa se llevó a cabo la dimensión y selección del equipo. La primera etapa del proceso es el recibo del café maduro. Las dimensiones del recibidor y el diagrama de los detalles se puede observar en la sección de resultados. La selección del recibidor fue de un recibidor semi-seco pues utiliza menores cantidades de agua pues solo la requiere para erosionar el café a través del mismo. Para facilitar el arrastre de café hacia la salida del recibidor para el sifón de clasificación se separan en secciones no mayores a 0.70 metros separados por camellones y una pendiente de 7%. Debe estar cubierto de azulejo para facilitar el arrastre pues la fricción es menor y así utilizar volúmenes de agua menores. Asimismo, esto facilita la limpieza del mismo. Para determinar el volumen necesario del recibidor se tomó en cuenta que la cantidad de café que se va a recibir depende de los volúmenes que genera el corte, conforme avanza la maduración. Así, se decidió por recomendación del Manual de Beneficiado Húmedo de Café que la capacidad de recibo del beneficio debe estar de acuerdo a un 60% del recibo en un día pico de cosecha. La

densidad del fruto en cereza es de 13.50 quintales por metro cúbico, por lo que el volumen del tanque resultó ser de 23.48 m<sup>3</sup>.

Los sifones para separación de flotes son continuos y de medidas estándares. Según el Manual de Beneficiado Húmedo de Café, se deben construir de 1.5m x 1.5m. y su forma es cónica invertida con cuatro lados y con pendientes de 45 grados. Debido a la presión que ejerce el peso del agua sobre la masa de café colocada en el fondo del tanque, los frutos más pesados son evacuados del fondo hacia el área de maquinaria, mediante un tubo colocado verticalmente, el cual tiene adaptado otro tubo en forma horizontal, que son los que realizan el efecto sifón. Sobre el tubo horizontal debe haber, por lo menos, 30 centímetros de agua, para que este tanque funcione sin problemas. El sifón está construido con tubería de PVC de 4" de diámetro para evitar que el café se atore y la distancia entre el tubo y la pichacha es equivalente a un diámetro de la tubería instalada.

Para la selección de la criba de flotes a utilizar se dimensionó el largo necesario tomando en consideración Tabla No. 19 Constantes en el proceso agro-industrial del café. (Pág. 91) En esta tabla se especifica que para clasificar un quintal maduro por hora se necesitan 2 centímetros de largo en la criba de varilla de hierro. Las varillas están separadas entre sí 11mm para que el café con un tamaño menor sea separado y llevado a los patios, café que se venderá como natas y tiene un mercado nacional. La criba se sobredimensiono considerando que las flotas pudiesen aumentar hasta el doble como máximo.

El despulpado es la mecánica del proceso en la que el fruto es transportado a los despulpadores a través de helicoidales y es sometido a la eliminación de la pulpa. Esta operación se efectúa en aparatos que aprovechan la cualidad lubricante del mucílago del café, para que por presión se suelten los granos y se separe de la pulpa. Se escogió trabajar en seco porque esto reduce el tiempo de la fermentación del café ya que evita el lavado de los azúcares, reduce el consumo y contaminación de agua y preserva los nutrientes orgánicos de la pulpa. Para determinar la capacidad necesaria de los despulpadores se tomó en consideración de acuerdo al balance de masa la alimentación a estos. Además, se estableció que el tiempo de despulpado no debía durar más de 4 horas. Estudiando las opciones en el mercado se escogió invertir en 4 despulpadores de una capacidad de 40 quintales de café cereza por hora. Invertir en 4 despulpadores de esa capacidad, a diferencia de menos con más capacidad, radica en la posibilidad de trabajar con menos despulpadores de acuerdo al recibo de café diario. Es decir, en un día pico se deberán utilizar los 4 despulpadores durante 4 horas, pero para días de inicio de cosecha o final de cosecha se podría trabajar únicamente con dos o uno según sea el caso. Para la selección del despulpador de segundas o repaso se siguió el mismo criterio. El módulo de despulpado que se propone incluye los despulpadores, un despedrador, un recuperador de agua, la tolva de alimentación al modulo, el tornillo distribuidor de café y el tornillo de extracción de pulpa. El despedrador se agrega al flujo del proceso para evitar que objetos extraños pesados sigan el flujo. La forma del despedrador permite que las piedras y otros se estanque en

secciones cónicas pues el flujo de agua no es suficiente para sacarlas a diferencia del café. Por otro lado, el recuperador de agua está conectado al sistema de recirculación de agua para el circuito de recibo de café.

Para la selección de la criba rotatoria de clasificación del café despulpado, se siguió el mismo criterio que para la criba de flotes, con la variante que esta criba está depositada en un tanque con agua para hacer una selección no solo por tamaño pero también por densidad. La separación entre las varillas es de 7 mm y se utilizan hilos de polietileno de alta densidad. Se utiliza este material puesto que la criba es de mayor tamaño que la de flotes y el peso de las varillas de hierro requeriría una potencia del motor mayor.

El café recién despulpado posee una densidad aparente de 18.5 quintales por metro cúbico. Para determinar el volumen de las pilas de fermentación tanto de primeras como de segundas se utilizó este factor y los datos obtenidos en el balance de masa para la entrada a esa etapa. Además, el Manual de Beneficiado Húmedo de Café sugiere añadir un 25% de volumen extra para facilidad de trabajo. Las dimensiones de las pilas se muestran en la sección de resultados en la Tabla No. 12 Dimensiones y descripción de las pilas de fermentación. (Pág.50) Se propone la construcción de 2 pilas extras para primeras y una extra para segundas pues el tiempo de fermentación puede durar hasta 36 horas. Además, esto permitiría fermentar partidas especiales en una pila o separar por variedades para la fermentación. Esto evita que café de mala calidad o la mezcla entre variedades o días de despulpado desacentúe las propiedades organolépticas del café o resulta en una taza “sucia”. Cuando se unen en una pila 2 días de café despulpado, se producen cafés con sabor a fermento y en otras más críticas, cafés tipo Stinker. Se decidió trabajar con fermentaciones en seco ya que al instalar pichachas o drenajes en el fondo, los jugos formados se dejan escapar continuamente y el proceso resulta más rápido que en los otros sistemas. Cuando se trabaja con agua el proceso se prolonga y el pergamino se decolora. Por esta razón, las pilas tienen instalados canales para las aguas mieles que se dirigen continuamente al decantador de flujo variable y un canal para el café. Las pilas deben estar cubiertas con azulejo para facilitar la limpieza y con esquinas redondeadas para evitar la acumulación de residuos que podrían contaminar a los próximos lotes de café. Otro factor importante que se debe considerar para el diseño de las pilas de fermentación es que deben tener un desnivel en el piso de un 6% para facilitar tanto el drenaje de las aguas mieles como para facilitar la descarga del café. Asimismo, el espesor de la masa de café no debe pasar de un metro de alto para que la fermentación sea homogénea.

Para el canal de lavado y clasificación se utilizará un canal de flujo continuo pues utiliza menos agua que los canales tradicionales. Las dimensiones se presentan en la Tabla No. 13 Dimensiones y descripción del canal de flujo continuo. (Pág.53) Para determinar el largo del canal de clasificación se tomó en consideración el volumen total que debería tener el canal. El volumen se determina a partir de la densidad del café lavado mostrado en la Tabla No. 19 Constantes en el proceso agro-industrial del café. (Pág. 91) Se asumió un porcentaje de agua-café de 40-60 respectivamente y se sobredimensionó el canal en este

factor. El Manual de Beneficiado Húmedo recomienda un ancho de canal de 0.40 m y una pendiente de 1% para asegurar un flujo laminar y una profundidad de 0.60 m en un extremo y 0.90 en el otro extremo. El largo del canal resultó ser de 60.0 m, sin embargo, es recomendado que no se trabaje en canales con longitudes mayores a 30 m. Entonces, se optó por diseñar un canal doble de clasificación de 30.0 m de largo. El diseño cuenta con dos recibideros de café lavado, uno al final de cada canal. Esto permite aumentar la eficiencia en el lavado, pues se puede descargar un canal y trabajar en el otro independientemente.

En la Tabla No. 14 Dimensiones y descripción de los patios de secado. (Pág.55) se muestran las dimensiones propuestas de los patios de secado. Se dividió el área total necesaria en cuatro patios pues permite un mayor control sobre los lotes en secado, identificándolos por número. Para diseñar los patios de secado se debe tomar en consideración que no se debe expandir el café sobre los patios en capas mayores a 0.05 m de espesor. Asimismo, las capacidades de los patios se deben basar en un 60% del café procesado en un día. De debe tomar en cuenta que el tiempo de retención en los patios depende de las condiciones ambientales del sector. Basado en experiencias de beneficios instalados en las cercanías de la finca, se supuso un tiempo de retención en patios de 10 días. Con estas especificaciones y con la densidad del café húmedo se pudo determinar las dimensiones mostradas en los resultados.

Por último, el flujo de agua propuesto para el diseño consta de dos circuitos de recirculación de agua, uno para recibo, clasificación y despulpado y otro para el lavado del café. Para esto se utiliza un decantador de flujo variable que se compone de dos secciones: una alargada con un juego de cortinas y tirantes al final de ésta para utilizar dos volúmenes de agua, uno al 50% y el otro al 100%. Después de esta sección rectangular, existe una sección cuadrada, donde se deposita el agua de menor densidad para ser reciclada. Se utiliza este diseño porque al inicio y al final de la cosecha los requerimientos de agua son menores que durante el pico de la producción. Para determinar las dimensiones del decantador se siguieron los estándares establecidos en el Manual de Beneficiado Húmedo que indican que la sección cuadrada debe ser de un 1 m y con una altura de 1.50 m. De acuerdo a esto y al volumen de agua necesario para llenar el canal de clasificación en un día pico se pudo determinar las dimensiones del área rectangular. Las dimensiones y especificaciones del decantador se pueden observar en la Tabla No. 15 Dimensiones y descripción del decantador de volumen variable. (Pág.55) Los lodos que se sedimentan en el tanque se descargan las pilas de tratamiento de lodos. El sistema de recirculación funciona de la siguiente manera. Al inicio de la mañana, generalmente se debe lavar el café en su punto de fermentación. Así, se utiliza un tanque decantador para lavar el café y remover la mayor parte del mucílago. Esta agua se descarga a la planta de tratamiento de aguas y se llena el decantador con agua limpia. Esto se debe a que el agua del canal de clasificación debe estar completamente limpia para evitar que la carga de las aguas mieles induzca la fermentación en las siguientes etapas. Una vez se lavo el café esa agua se mantiene en el decantador y se utiliza en el circuito de recibo de café y despulpado. Los circuitos de recirculación de agua se pueden

observar en la Figura No. 17 Vista en planta del área de producción. (Pág. 59) El cálculo para la potencia requerida para la bomba utilizada en este proceso y en el lavado de café se puede observar en la sección de apéndice. Dado que en el proceso no se necesita un caudal específico puesto que el flujo de agua necesario queda a criterio del operador se partió de el dato presentado por McCabe, 2007 que dice que el flujo de agua regularmente se encuentra entre 0.9 y 1.8 m/s. Utilizando el promedio de esta velocidad lineal y un diámetro de tubería de 3" se pudo determinar la carga desarrollada por la bomba. La bomba debía ser sumergible, centrífuga y con impulsor abierto para que permitiera el paso adecuado de los sólidos. Las especificaciones de la bomba que se seleccionó se muestran en la Tabla No. 16 Descripción de la bomba sumergible para el sistema de recirculación y lavado de café. (Pág. 56)

Una vez determinado todo el equipo y construcciones necesarias se procedió a la determinación de la distribución de la planta. El área total de la planta resultó ser de 3,300 m<sup>2</sup>. En la Figura No. 16 Layout de la planta. (Pág. 58) se observa que tanto el área de ingreso de materia prima y la bodega de producto empacado cuentan con áreas de carga y descarga. Estas áreas se encuentran en la cercanía a la entrada para facilitar el proceso y tener un mejor control en garita. Además, en la Figura No. 17 Vista en planta del área de producción. (Pág. 59) La distribución del equipo se hizo en una secuencia lógica al proceso para aprovechar el espacio y recursos disponibles. En la Figura No. 18 Vista en elevación del área de producción. (Pág. 60) se puede notar que las pilas de fermentación deben estar cubiertas con techo para evitar que los rayos del sol aceleren el proceso de fermentación aumentando la temperatura y el área de maquinaria para protegerla. Asimismo, la planta cuenta con parqueo para visitas, baños, cafetería y una oficina de administración.

En la sección de apéndice se muestran en la Tabla No. 21. Posibles efectos en taza de acuerdo a la recolección del fruto. (Pág. 103) Este proyecto tenía como objetivo presentar un Sistema de Control en cada etapa del flujo de beneficiado de manera que se logren reducir o evitar los defectos en taza a través de parámetros que aseguran la calidad y de acciones preventivas y correctivas en caso se detecte un producto no conforme a los estándares establecidos en este proyecto. Asimismo, se propone una guía de control de calidad y sus formatos que permiten registrar la composición de los lotes en cada etapa poder determinar un balance de masa certero del lote al finalizar. Esto, además de permitir la trazabilidad del lote de producción a lo largo del proceso, evalúa si la clasificación de acuerdo a las propiedades físicas del café durante el proceso fue adecuada. Esto viene a ser un factor económico importante pues el beneficio seco invierte mucho dinero en la clasificación del café pergamino. Por tanto, si se puede comprobar que el café que se entrega al beneficio seco cumple desde ya con los parámetros de calidad internacional, dando un valor agregado al producto final y una potencial diferenciación del beneficio húmedo.

Dado que la agroindustria del café está ligada a varios factores determinantes como el precio en la bolsa, la producción en el campo y la calidad del café producido y procesado, se decidió evaluar la

rentabilidad del proyecto realizando un análisis financiero para tres escenarios distintos, uno optimista, uno probable y un último pesimista. Las variables en cada escenario fueron el porcentaje de café de exportación, café de segunda calidad y café para mercado nacional. En la Tabla No. 23 Variables de los escenarios. (Pág.111) se pueden observar las variaciones en estas variables.

Suponiendo que habría un crecimiento de 5 manzanas sembradas anualmente, se tomó en consideración que el primer año de siembra solo se cosecha un 5% del promedio esperado, en el segundo año un 25%, en el tercero un 75% y en el cuarto año el 100%. Esto se evaluó porque el costo de producción de un quintal de café cereza está ligado al rendimiento de la producción. Es decir, el costo por manzana cultivada es constante y por tanto, el costo por quintal varía directamente con el rendimiento. Se utilizó como base los costos determinados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería y se supuso una inflación en los costos del 8% anual. En el apéndice (Pág. 121) se muestra una tabla con los costos promedios presentados.

Se utilizó un precio promedio por quintal de pergamino estrictamente duro de Q 672.92 para una calidad exportable, Q 403.75 para un café de segunda calidad y de Q 270.00 para las natas. Este precio se obtuvo a partir de datos proporcionados por el departamento de comercialización de la Asociación Nacional del Café para el café oro puesto en Nueva York. Según Roux, en su reporte de la caracterización de la cadena de café en Guatemala, el precio puesto en el beneficio viene a ser un 20% menos. Asimismo, el exportador reporta a sus proveedores un índice de conversión promedio de café oro a café pergamino de 1.3. Para el análisis financiero de este proyecto se supuso que el crecimiento del precio de café era de un 5% anual basado en estadísticas de la Asociación Nacional del Café de café exportado y las divisas que genera durante los últimos 5 años. Se debe tener en consideración, que para castigar al proyecto se utilizó ese precio de venta pero el precio real de venta puede variar dependiendo del comprador y la calidad del producto entregado. Los mercados alternativos pueden pagar hasta el doble de ese precio por calidad del café que posee la finca.

Los costos de la conversión de cereza a pergamino están asociados a las planillas, a los costos de producción de la materia prima, electricidad, agua y otros suministros y al costo de la tierra. Para la determinación de la planilla necesaria se hizo una distribución de responsabilidades y la determinación del sueldo se basó en el salario mínimo en la agroindustria. Asimismo, se tomaron en cuenta las bonificaciones y prestaciones por ley. Para fines de este proyecto, el costo de la utilización de la tierra es representado por los ingresos que la finca podría obtener de la cosecha de café en esa área, además del precio en el mercado del área utilizada para la construcción. En el apéndice se presentan tablas de los costos variables y los costos fijos para cada escenario.

La inversión inicial se puede observar con detalle en la Tabla No. 27 Resumen inversión inicial. (Página 113). Además de esto, se supuso un capital de trabajo del 50% de los costos totales del primer año. Se determinó que el tiempo de recuperación de tanto la inversión inicial como el costo de capital de trabajo es de 3.90 años (en promedio para los tres escenarios).

Los flujos de caja para una proyección de 10 años para cada escenario se encuentran en el apéndice. Se utilizó una tasa mínima atractiva de retorno de 5% y un 32% de impuestos que representan 31% de ISR y un 1% de ISO. Se tomo un 5% como tasa mínima pues, según la Superintendencia de Bancos de Guatemala, la tasa pasiva promedio en moneda nacional en las instituciones bancarias de los seis meses anteriores a este trabajo de graduación es de 4.45%. Hay que tomar en cuenta que no se evaluó un préstamo bancario para cubrir parte de la inversión inicial, de manera que se evaluó el proyecto en el mayor porcentaje de descapitalización. Aún así, el proyecto resultó ser rentable para los tres escenarios. La rentabilidad se midió como un porcentaje de recuperación de la inversión (TIR) y el valor actual neto (VAN) que mide en valores monetarios los recursos que aporta el proyecto después de recuperada la inversión y sobre la rentabilidad exigida a la inversión.

Los resultados de la evaluación financiera fueron: para el primer escenario se obtuvo una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 33% con un VAN de Q. 3,243,708.20, para el escenario probable se obtuvo una TIR de 27% y un VAN de Q. 2,439,084.36 y, por último, para el escenario pesimista resultó una TIR de 21% y un VAN de Q. 1,634,460.52. Dado que los valores actuales netos del proyecto para los tres escenarios son positivos y los porcentajes de retorno son atractivos, se puede concluir que el proyecto es rentable.

Como se mencionó anteriormente, la variación del precio del café es bastante considerable y podría representar un riesgo alto para la inversión. Además, puesto que el rendimiento de producción (la cosecha de la producción esperada) no solo depende de las buenas prácticas agronómicas sino que también de las condiciones climáticas este factor también es determinante en la utilidad del proyecto. Por tanto, se realizó un análisis de sensibilidad del proyecto de acuerdo a los precios y a al rendimiento de producción en el campo. Así, se determinó que para el escenario optimista el proyecto es rentable hasta cambios en un 28.30% del precio y un 17.99% en la producción. El escenario probable puede amortiguar disminuciones en el precio de hasta un 22.89% y en la producción de un 14.39%. Por último, en el escenario pesimista se pueden variar los precios en un 16.59% y en la producción como máximo en 10.31% y el proyecto sigue siendo rentable.

## XI. CONCLUSIONES

- A. El beneficio húmedo diseñado para una capacidad de 500 quintales de café maduro al día se ubicará en San Martín Jilotepeque, Chimaltenango y ocupando un área total de 3,300 m<sup>2</sup>.
- B. Las etapas críticas del proceso son el recibo del café, la clasificación de café maduro, el despulpado, la fermentación, el lavado y el secado del café.
- C. Se diseñó un recibidor semi-seco de 23.48 m<sup>3</sup>, un sifón de 1.5x1.5 m, una criba para flotes de un metro de largo y 0.50 m de diámetro, 5 despulpadores de capacidad de 40 quintales /hora, una criba de clasificación de 2.50m de largo y 0.60 de diámetro, 3 pilas de fermentación de 16.50 m<sup>3</sup> y dos pilas de fermentación de 6.00 m<sup>3</sup>, un canal de clasificación doble para el lavado de 60 m de largo y un decantador con capacidad para 7.00 m<sup>3</sup> de agua.
- D. La distribución de la planta está separada en área de producción, patios de secado, bodega de producto empacado, oficina administrativa, garita, baños y parqueo para visitas.
- E. La inversión inicial del proyecto y el capital de trabajo se recuperan en 3.90 años.
- F. Para el escenario optimista se obtuvo una tasa interna de retorno (TIR) de 33% con un valor actual neto (VAN) de Q. 3,243,708.20.
- G. Para el escenario probable se obtuvo una TIR de 27% y un VAN de Q. 2,439,084.36.
- H. Para el escenario pesimista resultó una TIR de 21% y un VAN de Q. 1,634,460.52.
- I. Para el escenario optimista el proyecto es rentable hasta cambios en un 28.30% del precio de venta y un 17.99% en la producción en el campo.
- J. El escenario probable es rentable hasta disminuciones en el precio de un 22.89% y en la producción en el campo de un 14.39%.
- K. En el escenario pesimista se pueden variar los precios en un 16.59% y en la producción como máximo en 10.31% y el proyecto sigue siendo rentable.

## XII. RECOMENDACIONES

- A. Determinar los flujos óptimos de agua en cada etapa del proceso que la requiera para poder instalar rotámetros en las líneas que permitan regular el flujo de manera rápida y efectiva. Esto evitaría que los flujos queden a criterio del operador y se utilice más agua de la necesaria.
- B. Evaluar la instalación de una criba rotatoria más para la clasificación de café despulpado. Esto permitiría realizar el proceso de clasificación en menor tiempo.
- C. Aplicar un sistema de mantenimiento preventivo y correctivo en conjunto con una capacitación del personal para evitar defectos en el café provocados por una mala operación del equipo.
- D. Realizar un estudio de impacto ambiental.
- E. Diseñar la planta de tratamiento de aguas y un sistema de manejo de pulpa.
- F. Evaluar la rentabilidad del proyecto tomando en cuenta los costos de operación y construcción de la planta de tratamiento de aguas y los ingresos que podría obtener la empresa por aprovechamiento de la pulpa.
- G. Comparar la rentabilidad de este proyecto con la rentabilidad del negocio de vender el café en cereza y evaluar los flujos de caja en ambos casos.
- H. Realizar un estudio de mercado que permita determinar con mayor exactitud el precio de venta para un café estrictamente duro *fancy* en mercados alternativos y con las especificaciones de producto presentadas en este proyecto.
- I. Evaluar el proceso de producción desde el punto de vista HACCP (Análisis de control de riesgos en puntos críticos).

### XIII. BIBLIOGRAFÍA

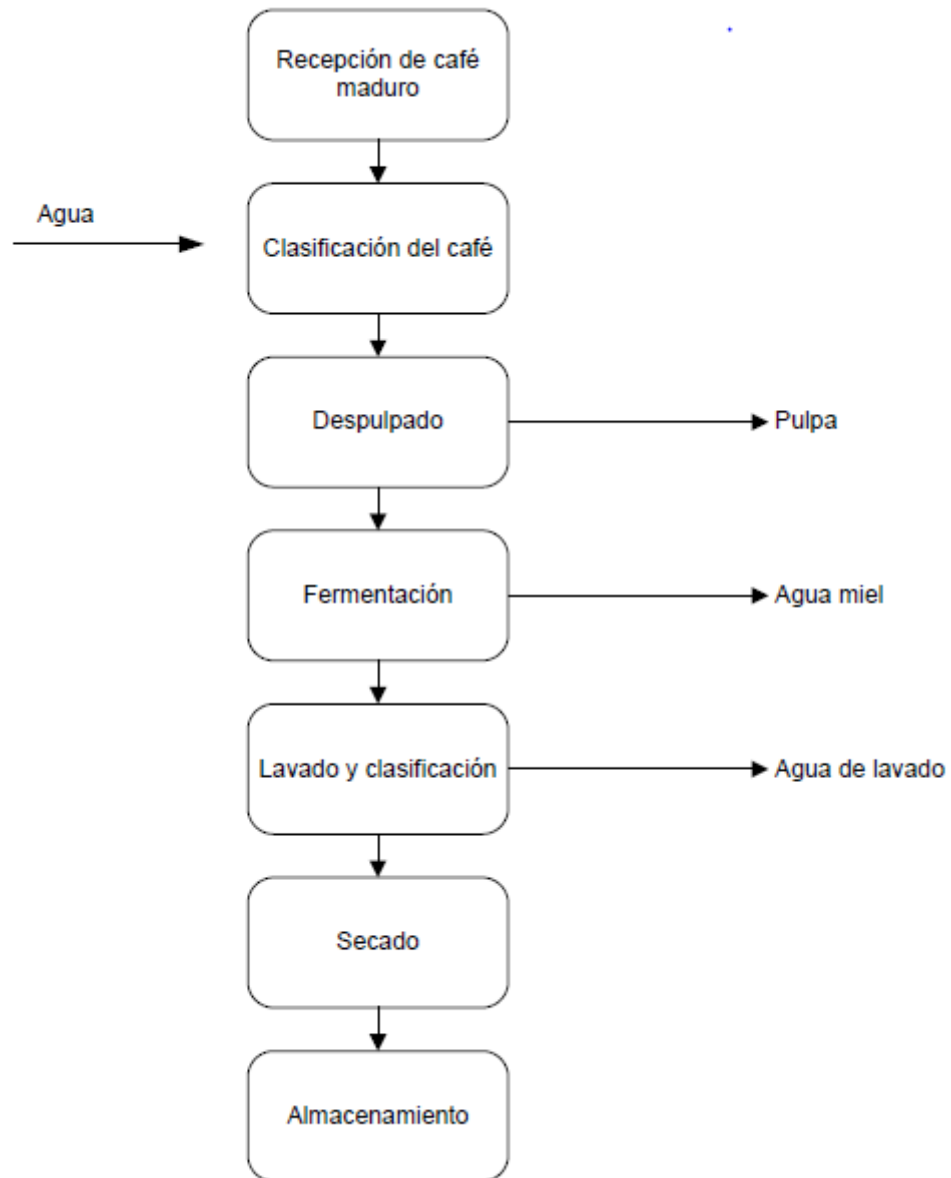
- A. Alvarado, M y G. Rojas. 1994. *El cultivo y beneficiado del café*. San José, Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia. 130 pp.
- B. Anacafé. 2005. *Manual de beneficiado húmedo del café*. Guatemala. 250 pp.
- C. Anacafé. 1999. *Manual de caficultura orgánica*. Guatemala. 240 pp.
- D. Anacafé. 1998. *La reglamentación de aguas servidas del beneficiado húmedo y sus implicaciones para el sector cafetalero*. 1ª. Ed. Guatemala. Asociación Nacional del Café.
- E. Anacafé. 1998. *Manual de caficultura*. Tercera edición. Guatemala. 318 pp.
- F. Asociación nacional del café. 1996. *El beneficiado potencialmente ecológico, la calidad y los subproductos del café*. Guatemala.
- G. Asociación nacional del café. 1995. *Cafetin*. Unipres.
- H. Barillas, C. 1992. *Diagnóstico de la agroindustria rural en Guatemala, la cadena de comercialización del café en la zona de Huehuetenango*. INCAP.
- I. Barrios, A. y O. Ponce. 1997. *Caracterización del parque de beneficios*. Guatemala, Anacafé. 30 pp
- J. Barrios, A. 1994. *Diseño de un prototipo para eliminar mecánicamente y de forma continua el mucilago del café*. Guatemala. 55 pp.
- K. Centro Guatemalteco de Producción más Limpia. 2006. *Manual de buenas prácticas operativas de producción más limpia en el sector de beneficiado de café*. Guatemala. 40 pp.
- L. Cifuentes, A. 2001. *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, para un beneficio húmedo de café*. Tesis. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 73 páginas.
- M. Diem, C. 2002. *Beneficio de café utilizando maquinaria ecológica en la Finca El Chorro*. Tesis. Facultad de Ciencias y Humanidades. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 69 pp.
- N. McCabe Warren L., Smith Julian C. 2007. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. McGraw-Hill, Séptima edición.

- O. Menchu, E. 1993. *Aplicación de la Ingeniería Química a la Agroindustria del Café*. Tesis. Facultad de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- P. Peters, M.; Timmerhaus, K. 2003. *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. McGraw-Hill, Inc. Fifth Edition.
- Q. Procafé. 2000. *Recolección y beneficiado húmedo de café*. El Salvador.
- R. Proyecto de café para Centroamérica. 2008. *Guía Práctica para el control de calidad en la cosecha y beneficiado húmedo para producir cafés de especialidad*. Proyecto: ATN/ME-8292-RG. Publicación con apoyo de TechnoServe y el Banco Interamericano de Desarrollo.
- S. Proyecto de café para Centroamérica. 2008. *Sistema de manejo de calidad para cafés especiales de Centroamérica ISO 9001:2000*. Proyecto: ATN/ME-8292-RG. Publicación con apoyo de TechnoServe y el Banco Interamericano de Desarrollo.
- T. Proyecto de café para Centroamérica. 2008. *Sistema de manejo de calidad para cafés especiales de Centroamérica (SMC)*. Proyecto: ATN/ME-8292-RG. Publicación con apoyo de TechnoServe y el Banco Interamericano de Desarrollo.
- U. Proyecto de café para Centroamérica. 2008. *Manual de Buenas Prácticas para Cosecha y Beneficio Húmedo de Café de Calidad*. Proyecto: ATN/ME-8292-RG. Publicación con apoyo de TechnoServe y el Banco Interamericano de Desarrollo.
- V. Roux, G.; Camacho, C. 1992. *Caracterización de la cadena del café en Guatemala*. Guatemala. 34 pp.
- W. Sapan, N. 2007. *Proyectos de inversión: formulación y evaluación*. Editorial Pearson Educación, México.
- X. Zimeri, S. 1998. *Evaluación de un proceso de beneficiado húmedo de café, potencialmente inocuo para el ambiente (Finca Las Cruces, Guatemala)*. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala. 99 pp.
- Y. Zuluaga, J. y D. Zambrano. 1993. *Manejo del agua en el proceso de beneficiado húmedo del café para el control de la contaminación*. Avances Técnicos de Cenicafé. Colombia. Pp. 187

## XIV. APÉNDICE

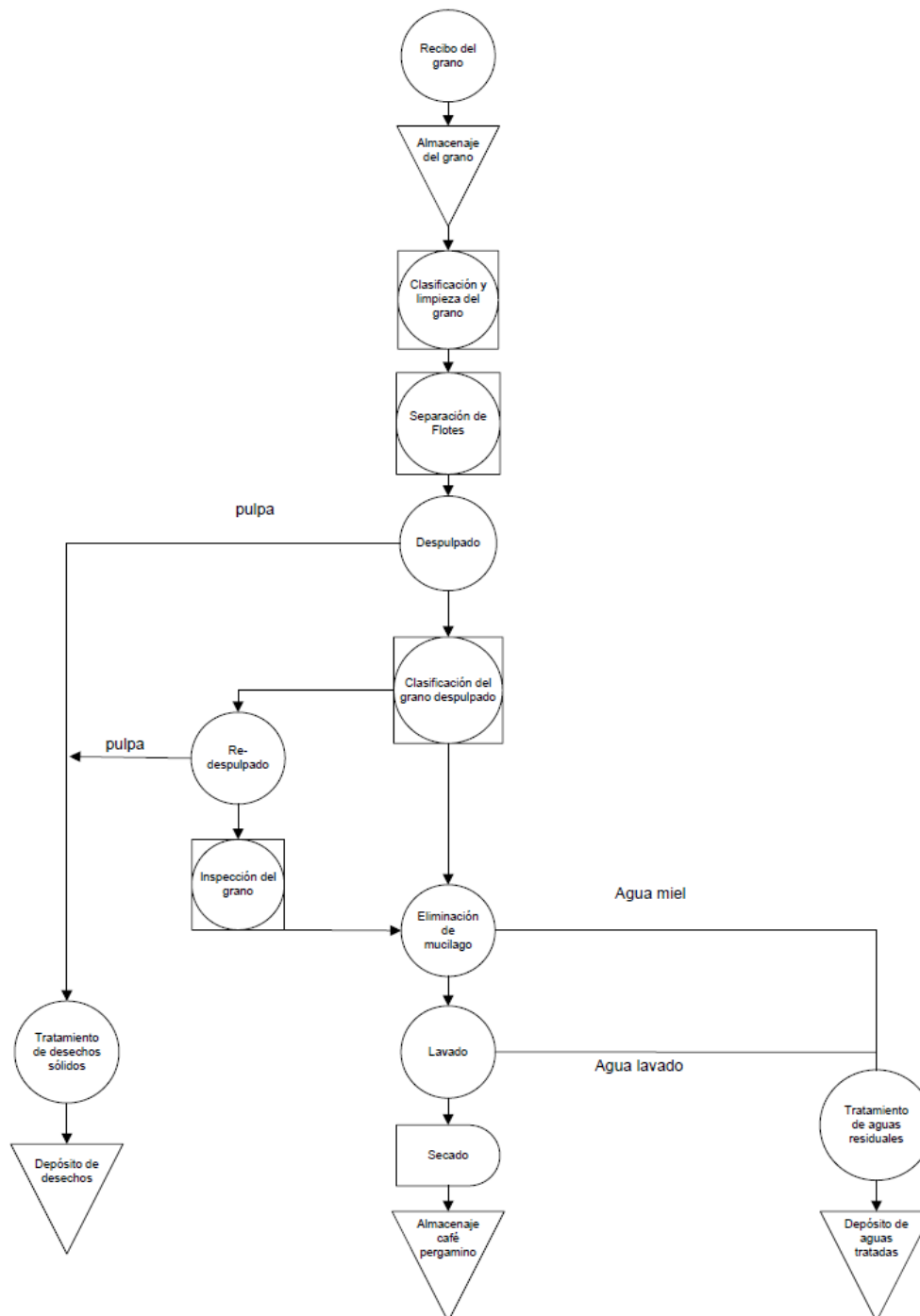
## A. Diagrama de bloques

Figura No. 19 Diagrama de bloques del proceso de beneficiado húmedo de café.



## B. Diagrama de operaciones

Figura No. 20 Diagrama de operaciones del proceso de beneficiado húmedo de café.



## C. Datos originales

Tabla No. 18 Datos de referencia para las densidades a granel en el proceso agro-industrial del café.

<b>Producto</b>	<b>Densidad (qq/m<sup>3</sup>)</b>
Café Maduro	13.50
Café Despulpado	18.50
Café Lavado	14.60
Pulpa Seca	600
Pergamino Seco	820

Tabla No. 19 Constantes en el proceso agro-industrial del café.

En un metro cúbico de recibidor caben:	13.50 quintales de café maduro
En un metro cúbico de pila de fermentación caben:	18.50 quintales de café pergamino despulpado.
En un metro cúbico de canal de clasificación (correteo) caben:	14.60 quintales pergamino lavado
En un metro cúbico de secadora estática caben:	14.60 quintales pergamino lavado
En un metro cuadrado de patio caben:	0.70 quintales de café pergamino lavado a 5 cm. de grueso
En un metro cúbico de bodega caben:	9 quintales de café pergamino seco empacado
Por cada 2 centímetros de largo en la criba de hilo se clasifica:	1 quintal maduro por hora
Por cada 2 centímetros de largo en la criba de varilla de hierro se clasifica	1 quintal maduro por hora

## D. Cálculo de muestra

### 1. Balance de Masa

a. Balance de Masa en la Etapa 1: Clasificación de café maduro. Para la clasificación de café maduro se utiliza un sifón de flujo continuo y se supone que un 5% del café recibido son granos que flotan (vanos, verdes, secos, brocados y enfermos) y el 95% restante es café de primera calidad. Así, se puede separar el café en flotas y café sin flotas.

$$\text{Ecuación No. 1} \quad \text{café sin flotas} = 0.95 \text{ café maduro}$$

$$\text{café sin flotas} = 0.95 (22,686.03 \text{ kg}) = 21,551.72 \text{ kg}$$

$$\text{Ecuación No. 2} \quad \text{flotas} = 0.05 \text{ café maduro}$$

$$\text{flotas} = 0.05 (22,686.03 \text{ kg}) = 1,134.30 \text{ kg}$$

b. Balance de Masa en la Etapa 2: Clasificación de flotas. La clasificación de flotas se hace una criba rotatoria. Los granos que flotan son vanos, verdes, secos (bolita), brocados y enfermos. El grano vano es de primera calidad por lo que se debe recuperar para procesarse junto con el café sin flotas y se supone que el café vano representa un 3% de la producción total, es decir un 60% de las flotas. El resto del café se dirige a patios de secado.

$$\text{Ecuación No. 3} \quad \text{café vano} = 0.60 \text{ flotas}$$

$$\text{café vano} = 0.60 (1,134.30 \text{ kg}) = 680.58 \text{ kg}$$

$$\text{Ecuación No. 4} \quad \text{bolita y otros} = 0.40 (\text{flotas})$$

$$\text{bolita y otros} = 0.40 (1,134.30 \text{ kg}) = 453.72 \text{ kg}$$

c. Balance de Masa en la Etapa 3: Despulpado. Según la teoría la pulpa corresponde a un 40% del peso del fruto. Así,

$$\text{Ecuación No. 5} \quad \text{café despulpado} = 0.60(\text{café sin flotas} + \text{vano})$$

$$\text{café despulpado} = 0.60(21,551.72 \text{ kg} + 680.58 \text{ kg}) = 13,339.45 \text{ kg}$$

$$\text{Ecuación No. 6} \quad \text{pulpa} = 0.40 (\text{café sin flotas} + \text{vano})$$

$$\text{pulpa} = 0.40 (21,551.72 \text{ kg} + 680.58 \text{ kg}) = 8,892.92 \text{ kg}$$

d. Balance de Masa en la Etapa 4: Clasificación de café despulpado. La clasificación de café despulpado se realiza en una criba rotatoria con agua. Esto permite la separación por tamaño y por densidad. Los granos que flotan se separan como café de segunda y por tamaño se clasifican granos que no fueron despulados totalmente o pulpa. Se supone que el café de segunda representa el 15% de café despulpado. El café de primera calidad se dirige a las pilas de fermentación y el café de segunda a un despulpador repasador.

$$\text{Ecuación No. 7} \quad \text{café primera} = 0.85 \text{ café despulpado}$$

$$\text{café primera} = 0.85 (13,339.45 \text{ kg}) = 11,338.48 \text{ kg}$$

$$\text{Ecuación No. 8} \quad \text{café segunda} = 0.15 \text{ café despulpado}$$

$$\text{café segunda} = 0.15 (13,339.45 \text{ kg}) = 2,000.91 \text{ kg}$$

e. Balance de Masa en la Etapa 5: Remoción del mucílago. El mucílago, según la teoría, representa el 15% en peso del fruto de café en cereza. Como en esta parte del proceso el café ya está en pergamino se debe reevaluar el porcentaje en peso que el mucílago representa del café despulpado. Esto se hace con la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación No. 9} \quad \frac{60}{100} (\% \text{ de mucílago en café despulpado}) = \frac{15}{100}$$

Así, el porcentaje en peso del mucílago en café despulpado es

$$\% \text{ de mucílago en café despulpado} = \frac{15}{100} \cdot \frac{100}{60} = 0.25 = \frac{25}{100} = 25\%$$

Con este nuevo porcentaje en peso de mucilago sobre café despulpado, se puede determinar el peso del mucílago removido en las pilas de fermentación y lavado y el peso del café pergamino lavado de primera y de segunda.

$$\text{Ecuación No. 10} \quad \text{mucílago} = 0.25 (\text{café primera} + \text{café segunda})$$

$$\text{mucílago} = 0.25 (11,338.48 \text{ kg} + 2,000.91 \text{ kg}) = 3,334.85 \text{ kg}$$

$$\text{Ecuación No. 11} \quad \text{café pergamino lavado primera} = 0.75 (\text{café primera})$$

$$\text{café pergamino lavado primera} = 0.75 (11,338.48 \text{ kg}) = 8,503.86 \text{ kg}$$

$$\text{Ecuación No. 12} \quad \text{café pergamino lavado segunda} = 0.75 (\text{café segunda})$$

$$\text{café pergamino lavado segunda} = 0.75 (2,000.91 \text{ kg}) = 1,500.68 \text{ kg}$$

f. Balance de Masa en la Etapa 6: Secado. Para determinar la pérdida de agua en peso sobre el café pergamino lavado se debe reevaluar el contenido de agua en peso sobre el producto en esta etapa con un procedimiento análogo al inciso anterior. Sobre el fruto maduro, el agua representa el 20% en peso. Así, el porcentaje en peso del agua en el café pergamino lavado es:

$$\%de\ agua\ en\ café\ pergamino\ lavado = \frac{20}{100} \cdot \frac{100}{45} = 0.4\bar{4} = \frac{44}{100} = 44\%$$

Con este nuevo porcentaje en peso de agua sobre café pergamino húmedo, se puede determinar el peso del agua evaporado en los patos de secado. El porcentaje de agua en el pergamino seco es 12%, por tanto, se perdió un 32% en peso de agua.

$$\text{Ecuación No. 13 } \textit{agua} = 0.32 ( \textit{café lavado de primera} + \textit{café lavado de segunda} )$$

$$\textit{agua} = 0.32 ( 8,503.86 \textit{ kg} + 1,500.68 \textit{ kg} ) = 3,245.92 \textit{ kg}$$

$$\text{Ecuación No. 14 } \textit{café pergamino seco} = ( \textit{café lavado de primera} + \textit{café lavado de segunda} ) - \textit{agua}$$

$$\textit{café pergamino seco} = ( 8,503.86 \textit{ kg} + 1,500.68 \textit{ kg} ) - 3,245.92 \textit{ kg} = 6,759.07 \textit{ kg}$$

2. Balance de Energía. Para determinar el balance de energía de la planta se debe considerar el consumo energético de cada equipo. Este consumo se determina a partir de la potencia del motor que lo acciona y el tiempo de operación del equipo en el día. Este tiempo de operación se determina a partir de la velocidad de procesamiento de la etapa en qq/h. Se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación No. 15 } \textit{consumo} = \textit{potencia(HP)} \cdot \frac{\textit{flujo másico de la etapa} \left( \frac{qq}{día} \right)}{\textit{velocidad de procesamiento} \left( \frac{qq}{h} \right)} \cdot \frac{0.7456kWh}{HP\ h}$$

A continuación se muestra un ejemplo de este cálculo para la criba de flotes. Se siguió el mismo procedimiento para todos los equipos.

$$\textit{consumo} = 3(HP) \cdot \frac{25 \left( \frac{qq}{día} \right)}{50 \left( \frac{qq}{h} \right)} \cdot \frac{0.7456kWh}{HP\ h} = 0.28 \frac{kW - h}{día}$$

### 3. Diseño de equipo y construcciones

a. Diseño del recibidor semi-seco. El recibidor se aconseja que tenga una capacidad para el 60% del café recibido en un día pico de cosecha.

1) Capacidad del recibidor semi-seco

$$\textit{capacidad} = 0.60(500qq) = 300qq$$

2) Volumen necesario. Para el diseño de construcción del recibidor semi- seco se utiliza la densidad a granel del café cereza para determinar el volumen total que debería tener el recibidor.

$$volumen = 300qq \cdot \frac{1m^3}{13.50qq} = 22.22m^3$$

3) Dimensiones del recibidor semi-seco. Para determinar las dimensiones del recibidor se debe tomar en cuenta que este debe contar con pirámides con una separación de no más de 0.70 m, una pendiente de 7% y un canal con un 5% de pendiente y 0.20 m de alto, todo para asegurar que el arrastre del café hacia la salida del recibidor para el sifón de clasificación.

$$\text{Ecuación No. 16} \quad volumen = ancho \times largo \times profundidad$$

$$volumen = 4m \times 5.3 m \times 1.15 m = 24.38 m^3$$

A este volumen hay que restarle el volumen que ocuparan las pirámides. Si el ancho del recibidor será de 4 metros se deben hacer 4 camellones de 0.3m de ancho, 0.3 de alto y con una separación de no más de 0.7m. Así,

$$ancho = 4(0.3) + 4(0.70) = 4m$$

$$\text{Ecuación No. 17} \quad Volumen \text{ pirámides} = 4 \frac{bh}{2} \cdot l$$

$$volumen \text{ pirámides} = 4 \frac{0.3m \cdot 0.3m}{2} \cdot 5 = 0.9 m^3$$

Se utiliza como largo 5m pues los últimos 0.3m se utilizan para hacer el canal de descarga.

A partir de esto, se puede encontrar el volumen utilizable del recibidor semi-seco.

$$\text{Ecuación No. 18} \quad volumen \text{ utilizable} = volumen - volumen \text{ pirámides}$$

$$volumen \text{ utilizable} = 24.38 m^3 - 0.9 m^3 = 23.48 m^3$$

b. Selección de criba rotatoria de flotes. La criba es un cilindro construido con varillas de hierro, separadas entre sí, entre 11 y 12 mm., y trabaja de 15 a 20 r.p.m. Para la selección de la criba rotatoria de flotes, se debe tomar en consideración la Tabla No. 19 Constantes en el proceso agro-industrial del café. (Pág.91) En esta tabla se especifica que para clasificar un quintal maduro por hora se necesitan 2 centímetros de largo en la criba de varilla de hierro. Se construirá una criba con el doble de capacidad suponiendo que las flotas puedan aumentar hasta el doble como máximo. Se deberá considerar además las opciones en el mercado o la construcción artesanal del mismo.

$$\text{Ecuación No. 19} \quad largo = flotes \left( \frac{0.02 m}{\frac{1qq}{h}} \right) \cdot 2$$

$$largo = 25qq \left( \frac{0.02 m}{1 \frac{qq}{h}} \right) \cdot 2 = 1 m$$

c. Selección de maquinaria de despulpado. Para determinar la capacidad de la maquinaria de despulpado se debe tomar en consideración el tiempo en que se desea hacer el despulpe y esto, además del total de café a despulpar, determinaran la capacidad y número de despulpadores necesarios.

$$\text{Ecuación No. 20} \quad \text{capacidad de los despulpadores} = \frac{(\text{café a despulpar})}{\text{horas de despulpe} \cdot \text{número de despulpadores}}$$

$$\text{capacidad de los despulpadores} = \frac{(490qq \text{ de café maduro})}{4 \text{ horas} \cdot 4 \text{ despulpadores}} = 30.62 \frac{qq}{\text{despulpador} \cdot h}$$

La selección final de la capacidad de los despulpadores depende de las opciones disponibles en el mercado.

d. Selección de criba rotatoria. Para la selección de la criba rotatoria para la clasificación del café despulpado, se debe tomar en consideración la Tabla No. 19 Constantes en el proceso agro-industrial del café. (Pág.91) En esta tabla se especifica que para clasificar un quintal maduro por hora se necesitan 2 centímetros de largo en la criba. Se debe tomar en cuenta que la alimentación por hora a la criba será el total de café maduro despulpado por hora.

$$\text{Ecuación No. 21} \quad \text{largo} = \frac{qq \text{ café maduro}}{h} \left( \frac{0.02 m}{1 \frac{qq}{h}} \right)$$

$$\text{largo} = 122.5qq \left( \frac{0.02 m}{1 \frac{qq}{h}} \right) = 2.45 m$$

e. Diseño de las pilas de fermentación. El café recién despulpado posee una densidad aparente de 18.5 qq/m<sup>3</sup>. Con esta constante se puede calcular el volumen de una pila determinada; conviene añadir un 25% de volumen extra para facilidad de trabajo. El espesor de café no debe de pasar de 1.00 metro de altura, el desnivel deberá ser, por lo menos, del 4 al 6 % de pendiente debiendo tener forma alargada, rectangular, con todas las esquinas redondeadas. Además, deben tener pichachas en el piso, una por cada metro de longitud, para drenar con facilidad. Asimismo, deberán de estar provistas de una salida para el café y otra para las mieles, cada una con compuerta para control de bocado y con canales de conducción separados para facilidad de trabajo. Conviene diseñar dos pilas extras por si se alarga el tiempo de fermentación de una partida o si se desea fermentar una partida especial en una pila. El procedimiento es el mismo para pilas de primeras y de segundas.

$$\text{Ecuación No. 22} \quad \text{volumen} = qq \text{ café despulpado} \left( \frac{1 m^3}{18.5 qq} \right) \cdot 1.25$$

- *Volumen necesario para una pila de fermentación de primeras*

$$volumen = 249.90qq \left( \frac{1 m^3}{18.5 qq} \right) \cdot 1.25 = 16.89m^3$$

f. Diseño del canal de clasificación. Para el canal de lavado y clasificación se utilizará un canal de flujo continuo. Para determinar el largo del canal de clasificación se debe tomar en consideración el volumen total que debería tener el canal. El volumen se determina a partir de las constantes de diseño presentadas en la Tabla No. 19 Constantes en el proceso agro-industrial del café. (Pág.91) Además, se deberá asumir un porcentaje de agua-café de 40-60 respectivamente para aumentar en ese porcentaje el volumen necesario del canal. El Manual de Beneficiado Húmedo recomienda un ancho de canal de 0.40 m y una pendiente de 1% para asegurar un flujo laminar y una profundidad de 0.60 m en un extremo y 0.9 en el otro extremo. Así, se determina el largo necesario del canal para cumplir con dichas condiciones. El cálculo se hace en base a la cantidad de café de primera que se lavará en un día pico pues se supone es el que representa el mayor volumen del café procesado.

$$\text{Ecuación No. 23} \quad volumen = qq \text{ café lavado} \left( \frac{1 m^3}{14.60 qq} \right) \cdot 1.40$$

$$volumen = 187.43 \left( \frac{1 m^3}{14.60 qq} \right) \cdot 1.40 = 17.97m^3$$

A partir de este volumen y el ancho y la profundidad estándar recomendadas se puede determinar el largo necesario del canal.

$$\text{Ecuación No. 24} \quad volumen = ancho \times largo \times profundidad$$

$$\text{Ecuación No. 25} \quad \frac{volumen}{ancho \times profundidad \text{ promedio}} = largo$$

$$largo = \frac{17.97m^3}{0.40 m \cdot 0.75 m} = 59.91 m$$

Sin embargo, el Manual de Beneficiado Húmedo de Café recomienda que el largo del canal no exceda los 30 m. Así pues, se deberá construir un canal doble de 30 m. Además, se construirán dos rebosaderos al final del canal en lugar de uno solo para que esto permita que se puedan lavar partidas más grandes descargando uno de los canales y trabajando en el otro para luego volver a llenar el canal descargado con el café que falte.

g. Diseño de los patios de secado. Para diseñar los patios de secado se debe tomar en consideración que no se debe expandir el café sobre los patios en capas mayores a 0.05m de espesor. Asimismo, las capacidades de los patios se deben basar en un 60% del café procesado en un día. Se debe tomar en cuenta que el secado puede durar varios días por lo que se deberá diseñar para un período de retención en el patio en base a los días que se necesitan de secado en aéreas específicas.

$$\text{Ecuación No. 26} \quad \text{área} = qq \text{ café lavado} \left( \frac{1 m^2}{0.7 qq} \right) \cdot 60\% \cdot \text{días de retención}$$

$$\text{área} = 220.50 \left( \frac{1 m^2}{0.7 qq} \right) \cdot 60\% \cdot 10 \text{ días} = 1,890 m^2$$

h. Diseño del decantador. Se compone de dos secciones: una alargada con un juego de cortinas y tirantes al final de ésta para utilizar dos volúmenes de agua, uno al 50% y el otro al 100%. Después de esta sección rectangular, existe una sección cuadrada, donde se deposita el agua de menor densidad para ser reciclada. Para determinar las dimensiones del decantador se siguieron los estándares establecidos en el Manual de Beneficiado Húmedo que indican que la sección cuadrada debe ser de un 1 m y con una altura de 1.50 m. De acuerdo a esto y al volumen de agua necesario para llenar el canal de clasificación en un día pico se pudo determinar las dimensiones del área rectangular.

$$\text{Ecuación No. 27} \quad \text{volumen necesario de agua} = \text{volumen canal de clasificación} \cdot 40\%$$

$$\text{volumen necesario de agua} = 17.97 m^3 \cdot 40\% = 7.19 m^3$$

Ecuación No. 28

$$\text{volumen} = (\text{ancho} \times \text{largo} \times \text{profundidad})_{\text{rectangulo}} + (\text{ancho} \times \text{largo} \times \text{profundidad})_{\text{cuadrado}}$$

$$\text{volumen} = (1m \times 5.70m \times 1m)_{\text{rectangulo}} + (1m \times 1m \times 1.50m)_{\text{cuadrado}} = 7.20 m^3$$

i. Cálculo de potencia requerida de bomba sumergible de lavado. Para determinar la potencia de la bomba requerida para la recirculación de agua en el proceso se supondrá una altura máxima de descarga de 8.0 m desde la succión de la bomba y una velocidad lineal de agua de 1.3 m/s. Se supuso esta velocidad pues, según McCabe, la velocidad lineal para el agua usualmente se encuentra en un rango de 0.9-1.8 m/s. una densidad de agua a 20°C de 998.29 kg/m<sup>3</sup> y una viscosidad a la misma temperatura de 1.10x10<sup>-5</sup> kg/m·s (McCabe, 2007).

$D$  = Diámetro de tubería ( $m$ )

$v$  = Velocidad lineal ( $m/s$ )

$q$  = Caudal ( $m^3/s$ )

$\dot{m}$  = Flujo másico ( $kg/s$ )

$\rho$  = densidad ( $kg/m^3$ )

$\mu$  = viscosidad ( $kg/ms$ )

$f$  = Factor de fanning

$L$  = Largo de tubería ( $m$ )

$p'_a$  = Presión Absoluta en superficie de depósito

$p_v$  = Presión de Vapor

$Z_a$  = Altura de superficie de depósito a succión

$Z_b$  = Altura de superficie de depósito a descargar

$\eta$  = eficiencia

1) Cálculo del área de flujo de tubería. Para el cálculo del área de flujo disponible en la tubería para el fluido se utilizó la ecuación presentada a continuación y se utilizó un diámetro de tubería de 0.0762 m (3").

$$\text{Ecuación No. 29} \quad A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} (0.0762\text{m})^2 = 0.0045\text{m}^2$$

2) Cálculo del flujo volumétrico

$$\text{Ecuación No. 30} \quad q = v \cdot A$$

$$q = 1.3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0.0045\text{m}^2 = 0.0059 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

3) Cálculo del flujo másico

$$\text{Ecuación No. 31} \quad \dot{m} = \rho \cdot q$$

$$\dot{m} = 998.29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.0059 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 5.9153 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

4) Cálculo del Número de Reynolds (NRe)

Se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Ecuación No. 32} \quad N_{Re} = \frac{\rho D v}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{998.28 \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) \cdot 0.0762\text{m} \cdot 1.3 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{1.10 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}} = 8,990,055.22$$

5) Cálculo del factor de Fanning (f). Debido a que el número de Reynolds es mayor a 2,100 se supone un flujo turbulento. Por tanto, el factor de fanning está dado por:

$$\text{Ecuación No. 33} \quad f = 0.046 N_{Re}^{-0.2}$$

$$f = 0.046 (8,990,055.22)^{-0.2} = 0.00187$$

6) Cálculo de la fricción de superficie (hfs). Para determinar la pérdida de fricción por la rugosidad de la tubería se supuso una tubería lisa pues se usará una tubería de PVC.

$$\text{Ecuación No. 34} \quad h_{fs} = 4f \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2}$$

$$h_{fs} = 4(0.00187) \frac{(36.86m) \cdot (1.3 \text{ m/s})^2}{0.0762m \cdot 2} = 3.06 \frac{m^2}{s^2}$$

7) Pérdidas de fricción por el efecto de válvulas y accesorios. Para calcular las pérdidas de fricción causada por las válvulas y accesorios instalados se calcula a partir de la siguiente ecuación, donde Kf es un factor de pérdida específico para el accesorio.

$$\text{Ecuación No. 35} \quad h_{ff} = K_f \frac{v^2}{2}$$

Se utilizaron los siguientes coeficientes.

Tabla No. 20 Coeficientes de pérdida por fricción en accesorios y válvulas.

Cantidad	Accesorio	Coefficiente K <sub>f</sub>
1	Yee	0.10
1	Codo 45°	0.35
11	Codo 90°	0.75
6	Tee	0.40
2	Válvula de compuerta	4.50
10	Válvula de globo	6.00
2	Válvula de bola	2.00

Así, para determinar el coeficiente de pérdidas total se debe sumar el coeficiente del accesorio por las unidades instaladas en la línea.

$$K_f = 1(0.10) + 1(0.35) + 11(0.75) + 6(0.40) + 2(4.50) + 10(6.00) + 2(2.00) = 80.44$$

Entonces,

$$h_{ff} = 80.44 \frac{1.30^2}{2} = 67.97 \frac{m^2}{s^2}$$

8) Pérdidas totales por fricción. Para determinar las pérdidas totales se suman las pérdidas por rugosidad del material de la tubería y la pérdida por accesorios y válvulas. Así,

$$\text{Ecuación No. 36} \quad h_f = h_{fs} + h_{ff}$$

$$h_f = 3.06 \frac{m^2}{s^2} + 67.97 \frac{m^2}{s^2} = 71.03 \frac{m^2}{s^2}$$

9) Cálculo de la carga desarrollada por la bomba. Tomando en cuenta la

10) Figura No. 18 Vista en elevación del área de producción. (Pág.60), se pudo determinar la energía mecánica distribuida al fluido por la bomba de acuerdo a la Ecuación de Bernoulli. Así,

$$\text{Ecuación No. 37} \quad \frac{pb}{\rho} + \frac{gZ_b}{g_c} + \frac{\alpha_b v_b^2}{2} + \eta W_p = \frac{pa}{\rho} + \frac{gZ_a}{g_c} + \frac{\alpha_a v_a^2}{2} + h_f$$

Donde:

$\alpha_b = 1.05$ , para flujo turbulento

$g_c = 1.0$

$Z_a$  = altura de la superficie del depósito a succión (1.50 metros)

$Z_b$  = altura de la superficie del depósito de descarga (8 metros)

Así,

$$\eta W_p = 9.81 \frac{m}{s} \cdot 8.00m + \frac{1.05 \cdot (1.30 \frac{m}{s})^2}{2} + 1.915 \frac{m^2}{s^2} - 9.81 \frac{m}{s} \cdot 1.50m = 150.16 \frac{m^2}{s^2}$$

11) Cálculo de la Caída de Presión

$$\text{Ecuación No. 38} \quad \eta W_p = \frac{P_b - P_a}{\rho} = \frac{\Delta P}{\rho}$$

$$\text{Ecuación No. 39} \quad \Delta P = \eta W_p \times \rho$$

$$\Delta P = 150.16 \frac{m^2}{s^2} \times 998.29 \frac{kg}{m^3} = 149,907.81 Pa$$

12) Cálculo de la Potencia de la bomba

$$\text{Ecuación No. 40} \quad W_{p \text{ nominal}} = \frac{\Delta H}{\eta}$$

Suponiendo una eficiencia de la bomba de 70%,

$$W_p = \frac{150.16 \frac{m^2}{s^2}}{0.70} = 214.52 \frac{m^2}{s^2}$$

$$\text{Ecuación No. 41} \quad P_B = \dot{m} \cdot W_p$$

$$P_B = 5.9153 \frac{kg}{s} \cdot 214.52 \frac{m^2}{s^2} = 1268.96 W \cdot \frac{1 hp}{745.7W} = 1.70 hp$$

Según Peters, 2001, se debe sobredimensionar una bomba centrífuga en un factor del 10%. Así, se deberá comprar una bomba de

$$P_B = 1.70 hp \cdot 10\% = 1.87 hp$$

Por disponibilidad en el mercado, se obtendrá una bomba de 2 hp.

13) Cálculo del NPSH disponible para el proceso. El valor de NPSH disponible debe ser mayor que el NPSHR proporcionado por el fabricante de la bomba, este es un factor determinante en la elección de la bomba a comprar.

$$\text{Ecuación No. 42} \quad NPSH = \frac{g_c}{g} \left( \frac{p'_a - p_v}{\rho} - h_{fs} \right) - Z_a$$

Donde:

$p'_a$  = Presión Absoluta en superficie de depósito

$p_v$  = Presión de Vapor

$$NPSH = \frac{1}{9.81 \frac{m}{s}} \left( \frac{101325 \frac{N}{m^2}}{998.29 \frac{kg}{m^3}} - 3.06 \frac{m^2}{s^2} \right) - 1.5m = 8.53m$$

## E. Posibles efectos en taza de acuerdo a la recolección del fruto.

Tabla No. 21. Posibles efectos en taza de acuerdo a la recolección del fruto.

<b>Recolección</b>	<b>Posible efecto en taza</b>	<b>Descripción del efecto</b>
Frutos maduros	Sana o limpia	Sabor transparente. Se aprecian todos los atributos del café.
Frutos verdes	Áspera y/o astringente	La astringencia se percibe como sabores ácidos y amargos. Es típica de frutas no maduras.
Frutos pintos o camagües	Áspera y/o astringente	
Frutos sobre maduros	Vinosa, agria	Relacionado con los ácidos que se generan después de la maduración. Aumentan los ácidos que generan el sabor agrio.
Frutos enfermos	Sucia	Hay una “mancha” en el sabor que no permite apreciar completamente los atributos del café. No se percibe ningún defecto definido. Se da también por malas prácticas en el proceso (lavado).
Frutos brocados	Sucia	
Frutos secos	Sucia	

F. Formularios de control de calidad en el proceso de beneficiado.

**Descripción:****Código de la partida:****Origen:****Cantidad de producto:****Hora de recibo:**

<b>EVALUACIÓN DEL CAFÉ MADURO RECIBIDO</b>
--

**Responsables:**

NOMBRE	PUESTO	FIRMA
	Encargado del área	
	Recolector	

**Observaciones:**


---



---



---

Cuadro No. 1 Clasificación en seco.

TIPO	CANTIDADES POR GRUPO		TAZA QUE ORIGINA
	Gramos	%	
Maduros			Sana
Verdes			Áspera y/o astringente
Sobre maduros			Vinosa
Camagües (pintos o bayos)			Áspera y/o astringente
Secos (bolitas)			Sucia
Enfermos			Sucia
Brocados			Sucia
TOTAL DE LA MUESTRA		100	

Cuadro No. 2 Clasificación de frutos que se asentaron en el agua.

TIPO	CANTIDADES POR GRUPO		TAZA QUE ORIGINA
	Gramos	%	
Maduros			Sana
Verdes			Áspera y/o astringente
Sobre maduros			Vinosa
Camagües (pintos o bayos)			Áspera y/o astringente
Secos (bolitas)			Sucia
Enfermos			Sucia
Brocados			Sucia
<b>Total de frutos asentados</b>		<b>100</b>	

Cuadro No. 3 Clasificación en frutos que flotaron en el agua.

TIPO	CANTIDADES POR GRUPO		TAZA QUE ORIGINA
	Gramos	%	
Maduros			Sana
Verdes			Áspera y/o astringente
Sobre maduros			Vinosa
Camagües (pintos o bayos)			Áspera y/o astringente
Secos (bolitas)			Sucia
Enfermos			Sucia
Brocados			Sucia
<b>Total de frutos que flotaron</b>		<b>100</b>	

<b>EVALUACIÓN DEL CAFÉ DESPULPADO</b>
---------------------------------------

Responsable:

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>

<b>Hora de inicio</b>	
<b>Hora final</b>	

Cuadro No. 4 Clasificación del café que sale de los despulpadores.

<b>TIPO</b>	<b>CANTIDADES POR GRUPO</b>	
	<b>Gramos</b>	<b>%</b>
Granos buenos		
Granos sin despulpar		
Granos quebrados		
Granos pelados		
Granos brocados o enfermos		
Pulpa		
<b>Total</b>		<b>100</b>

Cuadro No. 5 Evaluación de la pulpa.

<b>TIPO</b>	<b>CANTIDADES POR GRUPO</b>	
	<b>Gramos</b>	<b>%</b>
Granos grandes		
Granos medianos		
Granos pequeños		
Granos quebrados		
Pulpa		
Otros		
<b>Total</b>		<b>100</b>

<b>EVALUACIÓN DEL PUNTO DE FERMENTACIÓN</b>
---

**Responsable:**

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>

**Código de las pilas:**

Pila usadas para primeras	
Pila usada para segundas	

Cuadro No. 6 Registro del tiempo y condiciones de fermentación.

Etapa	Fecha	Hora	Temperatura
<b>Inicio</b>			
<b>Final</b>			

**Observaciones:**

---



---



---



---

<b>EVALUACIÓN DEL CAFÉ LAVADO</b>
-----------------------------------

**Responsable:**

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>

**Código del canal:**

Canal utilizado para primeras	
Canal utilizado para segundas	

Cuadro No. 7 Evaluación del café lavado.

TIPO	CANTIDADES POR GRUPO	
	Gramos	%
Granos normales		
Granos verdes (*)		
Granos sobre fermentados (**)		
Granos brocados		
Granos pelados		
Granos quebrados, enfermos		
<b>Total</b>		<b>100</b>

\*Granos verdes: el color del pergamino no es amarillo dorado, sino se ve un color verdoso.

\*\*Granos sobre fermentados: el color no es parejo, tiende a ser manchado con tonos amarillentos y café.

**Observaciones:**

---



---



---



---

<b>EVALUACIÓN DEL SECADO DE CAFÉ PERGAMINO</b>
--

**Responsable:**

NOMBRE	FIRMA

Cuadro No. 8 Registro del tiempo de secado.

Etapa	Fecha	Hora	Temperatura
<b>Inicio</b>			
<b>Final</b>			

Cuadro No. 9 Registro de la humedad final alcanzada.

Humedad (%)	
-------------	--

**Observaciones:**

---

---

---

---

## G. Análisis financiero

Tabla No. 22 Premisas financieras

<b>Tipo de cambio Q/US\$</b>	8.1
<b>Riesgo</b>	3%
<b>Porcentaje impuesto</b>	31.00%
<b>Inflación</b>	8.00%
<b>Tasa pasiva instituciones bancarias promedio</b>	4.45%
<b>Tasa mínima atractiva de retorno</b>	5.00%
<b>Contingencia</b>	10.00%
<b>Tasa de aumento en el precio de venta</b>	5.00%
<b>Depreciación equipo</b>	20%
<b>Depreciación construcción</b>	5%

El análisis financiero fue realizado en tres escenarios distintos, uno optimista, uno probable y uno pesimista. A continuación se presentan las variables de cada escenario.

Tabla No. 23 Variables de los escenarios.

<b>VARIABLES DEL ESCENARIO</b>			
<b>CONCEPTO</b>	<b>OPTIMISTA</b>	<b>PROBABLE</b>	<b>PESIMISTA</b>
Venta como café de primera (calidad exportable)	85%	70%	55%
Venta como café de segunda (mercado nacional)	12%	25%	38%
Venta como natas (mercado nacional)	3%	5%	7%

Para determinar el precio de venta se usaron valores promedio de la cosecha 2009/2010 según Anacafé y se utilizó un índice de conversión de 1.3

Tabla No. 24 Precio promedio de café estrictamente duro por quintal en el año cafetalero 2009/2010.

<b>Descripción</b>	<b>Quetzales (Q)</b>
<b>Precio café estrictamente duro puesto en NY</b>	1,093.50
<b>Transporte a NY y otros trámites</b>	20%
<b>Precio café estrictamente duro oro puesto en beneficio</b>	874.80
<b>Índice de conversión a pergamino</b>	1.3
<b>Precio de venta de qq de pergamino puesto en beneficio</b>	673.92

Tabla No. 25 Inversión inicial en equipo.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Por unidad</b>	<b>Total</b>
1	Criba de flotes	Q15,000.00	Q15,000.00
1	Transportador helicoidal	Q9,000.00	Q9,000.00
4	Modulo de despulpadores	Q18,000.00	Q72,000.00
4	Estructura para fijar despulpadores y motor	Q9,500.00	Q38,000.00
1	Transportador helicoidal para pulpa	Q18,000.00	Q18,000.00
1	Criba rotatoria de clasificación	Q30,000.00	Q30,000.00
1	Despulpador repasador	Q18,000.00	Q18,000.00
1	Bomba sumergible para sólidos	Q9,240.00	Q9,240.00
4	Instalación modulo de despulpado	Q4,500.00	Q18,000.00
1	Balanza	Q15,000.00	Q15,000.00
<b>TOTAL EQUIPO</b>			<b>Q242,240.00</b>

Tabla No. 26 Inversión inicial en construcción.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
1	Área de maquinaria	m <sup>2</sup>	66.90	Q 215.00	Q 14,383.50
1	Recibidor Semi-Seco	m <sup>3</sup>	23.48	Q 675.00	Q 15,849.00
1	Sifón	m <sup>2</sup>	2.25	Q 567.00	Q 1,275.75
3	Pilas de fermentación de primeras	m <sup>3</sup>	16.50	Q 650.00	Q 32,175.00
2	Pilas de fermentación de segundas	m <sup>3</sup>	6.00	Q 650.00	Q 7,800.00
1	Pila de criba	m <sup>2</sup>	1.50	Q 567.00	Q 850.50
1	Decantador variable	m <sup>3</sup>	7.00	Q 1,038.56	Q 7,269.92
1	Canal de correteo	m <sup>2</sup>	36.00	Q 400.00	Q 14,400.00
1	Patios	m <sup>2</sup>	2000.00	Q 100.00	Q 200,000.00
1	Oficina	m <sup>2</sup>	21.12	Q 972.00	Q 20,528.64
1	Garita	m <sup>2</sup>	12.00	Q 972.00	Q 11,664.00
1	Bodega	m <sup>2</sup>	200.00	Q 618.00	Q 185,400.00

Tabla No. 27 Resumen inversión inicial.

<b>RESUMEN INVERSIÓN INICIAL</b>	
<b>Equipo</b>	Q 242,240.00
<b>Construcciones</b>	Q 511,596.31
<b>Movimiento de tierras</b>	Q 19,379.20
<b>Instalación eléctrica</b>	Q 19,379.20
<b>Terreno</b>	Q 75,000.00
<b>Otros</b>	Q 36,336.00
<b>Subtotal</b>	Q 903,930.7
<b>Imprevistos</b>	7%
<b>TOTAL</b>	Q 967,205.86

Tabla No. 28 Resumen planilla del personal de operación anual.

Total salarios	Q 86,694.03
IGSS	Q 9,250.25
IRTRA	Q 866.94
INTECAP	Q 866.94
Bono 14	Q 7,224.50
Aguinaldo	Q 7,224.50
Pasivo laboral	Q 7,224.50
Bonificación	Q 10,000.00
TOTAL anual	Q 119,351.67

Tabla No. 29 Resumen planilla del personal de administración anual.

Total salarios	Q 57,304.17
IGSS	Q 6,114.35
IRTRA	Q 573.04
INTECAP	Q 573.04
Bono 14	Q 4,775.35
Aguinaldo	Q 4,775.35
Pasivo laboral	Q 4,775.35
Bonificación	Q 5,000.00
TOTAL anual	Q 78,890.65

Tabla No. 30 Costos variables para escenario optimista.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Insumos</b>										
Materia Prima (Costo de producción cereza)	Q469,904.99	Q570,540.54	Q684,270.39	Q812,545.56	Q956,965.42	Q1,119,292.17	Q1,296,835.06	Q1,475,613.04	Q1,620,673.30	Q1,750,327.17
Energía Eléctrica	Q20,622.80	Q22,272.63	Q24,054.44	Q25,978.79	Q28,057.10	Q30,301.66	Q32,725.80	Q35,343.86	Q38,171.37	Q41,225.08
Costales, hilos y otros para embalaje	Q3,497.69	Q4,246.76	Q5,093.29	Q6,048.09	Q7,123.07	Q8,331.33	Q9,652.85	Q10,983.57	Q12,063.31	Q13,028.37
Agua	Q708.33	Q860.03	Q1,031.46	Q1,224.83	Q1,442.52	Q1,687.21	Q1,954.84	Q2,224.33	Q2,442.99	Q2,638.43
Lubricantes y/o grasa	Q500.00	Q540.00	Q583.20	Q629.86	Q680.24	Q734.66	Q793.44	Q856.91	Q925.47	Q999.50
Desperdicios (5% de insumos)	Q24,761.69	Q29,923.00	Q35,751.64	Q42,321.36	Q49,713.42	Q58,017.35	Q67,098.10	Q76,251.09	Q83,713.82	Q90,410.93
<b>Mano de Obra Directa</b>										
Personal de Producción	Q119,351.67	Q128,899.80	Q139,211.79	Q150,348.73	Q162,376.63	Q175,366.76	Q189,396.10	Q204,547.79	Q220,911.61	Q238,584.54
<b>TOTAL</b>	<b>Q639,347.17</b>	<b>Q757,282.75</b>	<b>Q889,996.21</b>	<b>Q1,039,097.21</b>	<b>Q1,206,358.39</b>	<b>Q1,393,731.15</b>	<b>Q1,598,456.18</b>	<b>Q1,805,820.57</b>	<b>Q1,978,901.86</b>	<b>Q2,137,214.01</b>

Tabla No. 31 Costos fijos para escenario optimista.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Sueldos</b>										
Personal administrativo	Q78,890.65	Q85,201.90	Q92,018.05	Q99,379.49	Q107,329.85	Q115,916.24	Q125,189.54	Q135,204.70	Q146,021.08	Q157,702.77
<b>Tierra</b>										
Costo por utilización de tierra	Q44,936.96	Q47,181.91	Q49,538.97	Q52,013.71	Q54,612.01	Q57,340.04	Q60,204.26	Q63,211.47	Q66,368.81	Q69,683.75
<b>Gastos administrativos</b>										
Luz	Q1,500.00	Q1,620.00	Q1,749.60	Q1,889.57	Q2,040.73	Q2,203.99	Q2,380.31	Q2,570.74	Q2,776.40	Q2,998.51
Teléfono	Q1,200.00	Q1,296.00	Q1,399.68	Q1,511.65	Q1,632.59	Q1,763.19	Q1,904.25	Q2,056.59	Q2,221.12	Q2,398.81
papelería y gastos de oficina	Q1,200.00	Q1,296.00	Q1,399.68	Q1,511.65	Q1,632.59	Q1,763.19	Q1,904.25	Q2,056.59	Q2,221.12	Q2,398.81
<b>Depreciación</b>										
Maquinaria	Q48,448.00	Q48,448.00	Q48,448.00	Q48,448.00	Q48,448.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Instalaciones	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82
<b>Mantenimiento</b>										
Mantenimiento de equipo (20% depreciación)	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60
<b>TOTAL</b>		<b>Q211,445.02</b>	<b>Q220,313.23</b>	<b>Q229,823.39</b>	<b>Q240,023.49</b>	<b>Q250,965.19</b>	<b>Q214,256.08</b>	<b>Q226,852.03</b>	<b>Q240,369.51</b>	<b>Q254,877.93</b>

Tabla No. 32 Costos variables para escenario probable.

año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Insumos</b>										
Materia Prima (Costo de producción cereza)	Q469,904.99	Q570,540.54	Q684,270.39	Q812,545.56	Q956,965.42	Q1,119,292.17	Q1,296,835.06	Q1,475,613.04	Q1,620,673.30	Q1,750,327.17
Energía Eléctrica	Q20,622.80	Q22,272.63	Q24,054.44	Q25,978.79	Q28,057.10	Q30,301.66	Q32,725.80	Q35,343.86	Q38,171.37	Q41,225.08
Costales, hilos y otros para embalaje	Q3,497.69	Q4,246.76	Q5,093.29	Q6,048.09	Q7,123.07	Q8,331.33	Q9,652.85	Q10,983.57	Q12,063.31	Q13,028.37
Agua	Q708.33	Q860.03	Q1,031.46	Q1,224.83	Q1,442.52	Q1,687.21	Q1,954.84	Q2,224.33	Q2,442.99	Q2,638.43
Lubricantes y/o grasa	Q500.00	Q540.00	Q583.20	Q629.86	Q680.24	Q734.66	Q793.44	Q856.91	Q925.47	Q999.50
Desperdicios (5% de insumos)	Q24,761.69	Q29,923.00	Q35,751.64	Q42,321.36	Q49,713.42	Q58,017.35	Q67,098.10	Q76,251.09	Q83,713.82	Q90,410.93
<b>Mano de Obra Directa</b>										
Personal de Producción	Q119,351.67	Q128,899.80	Q139,211.79	Q150,348.73	Q162,376.63	Q175,366.76	Q189,396.10	Q204,547.79	Q220,911.61	Q238,584.54
<b>TOTAL</b>	<b>Q639,347.17</b>	<b>Q757,282.75</b>	<b>Q889,996.21</b>	<b>Q1,039,097.21</b>	<b>Q1,206,358.39</b>	<b>Q1,393,731.15</b>	<b>Q1,598,456.18</b>	<b>Q1,805,820.57</b>	<b>Q1,978,901.86</b>	<b>Q2,137,214.01</b>

Tabla No. 33 Costos fijos para escenario probable.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Sueldos</b>										
Personal administrativo	Q78,890.65	Q85,201.90	Q92,018.05	Q99,379.49	Q107,329.85	Q115,916.24	Q125,189.54	Q135,204.70	Q146,021.08	Q157,702.77
<b>Tierra</b>										
Costo por utilización de tierra	Q44,936.96	Q47,181.91	Q49,538.97	Q52,013.71	Q54,612.01	Q57,340.04	Q60,204.26	Q63,211.47	Q66,368.81	Q69,683.75
<b>Gastos administrativos</b>										
Luz	Q1,500.00	Q1,620.00	Q1,749.60	Q1,889.57	Q2,040.73	Q2,203.99	Q2,380.31	Q2,570.74	Q2,776.40	Q2,998.51
Teléfono	Q1,200.00	Q1,296.00	Q1,399.68	Q1,511.65	Q1,632.59	Q1,763.19	Q1,904.25	Q2,056.59	Q2,221.12	Q2,398.81
papelería y gastos de oficina	Q1,200.00	Q1,296.00	Q1,399.68	Q1,511.65	Q1,632.59	Q1,763.19	Q1,904.25	Q2,056.59	Q2,221.12	Q2,398.81
<b>Depreciación</b>										
Maquinaria	Q48,448.00	Q48,448.00	Q48,448.00	Q48,448.00	Q48,448.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Instalaciones	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82
<b>Mantenimiento</b>										
Mantenimiento de equipo (20% depreciación)	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60
<b>TOTAL</b>	<b>Q211,445.02</b>	<b>Q220,313.23</b>	<b>Q229,823.39</b>	<b>Q240,023.49</b>	<b>Q250,965.19</b>	<b>Q214,256.08</b>	<b>Q226,852.03</b>	<b>Q240,369.51</b>	<b>Q254,877.93</b>	<b>Q270,452.05</b>

Tabla No. 34 Costos variables para escenario pesimista.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Insumos</b>										
Materia Prima (Costo de producción cereza)	Q469,904.99	Q570,540.54	Q684,270.39	Q812,545.56	Q956,965.42	Q1,119,292.17	Q1,296,835.06	Q1,475,613.04	Q1,620,673.30	Q1,750,327.17
Energía Eléctrica	Q20,622.80	Q22,272.63	Q24,054.44	Q25,978.79	Q28,057.10	Q30,301.66	Q32,725.80	Q35,343.86	Q38,171.37	Q41,225.08
Costales, hilos y otros para embalaje	Q3,497.69	Q4,246.76	Q5,093.29	Q6,048.09	Q7,123.07	Q8,331.33	Q9,652.85	Q10,983.57	Q12,063.31	Q13,028.37
Agua	Q708.33	Q860.03	Q1,031.46	Q1,224.83	Q1,442.52	Q1,687.21	Q1,954.84	Q2,224.33	Q2,442.99	Q2,638.43
Lubricantes y/o grasa	Q500.00	Q540.00	Q583.20	Q629.86	Q680.24	Q734.66	Q793.44	Q856.91	Q925.47	Q999.50
Desperdicios (5% de insumos)	Q24,761.69	Q29,923.00	Q35,751.64	Q42,321.36	Q49,713.42	Q58,017.35	Q67,098.10	Q76,251.09	Q83,713.82	Q90,410.93
<b>Mano de Obra Directa</b>										
Personal de Producción	Q119,351.67	Q128,899.80	Q139,211.79	Q150,348.73	Q162,376.63	Q175,366.76	Q189,396.10	Q204,547.79	Q220,911.61	Q238,584.54
<b>TOTAL</b>	<b>Q639,347.17</b>	<b>Q757,282.75</b>	<b>Q889,996.21</b>	<b>Q1,039,097.21</b>	<b>Q1,206,358.39</b>	<b>Q1,393,731.15</b>	<b>Q1,598,456.18</b>	<b>Q1,805,820.57</b>	<b>Q1,978,901.86</b>	<b>Q2,137,214.01</b>

Tabla No. 35 Costos fijos para escenario pesimista.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Sueldos</b>										
Personal administrativo	Q78,890.65	Q85,201.90	Q92,018.05	Q99,379.49	Q107,329.85	Q115,916.24	Q125,189.54	Q135,204.70	Q146,021.08	Q157,702.77
<b>Tierra</b>										
Costo por utilización de tierra	Q44,936.96	Q47,181.91	Q49,538.97	Q52,013.71	Q54,612.01	Q57,340.04	Q60,204.26	Q63,211.47	Q66,368.81	Q69,683.75
<b>Gastos administrativos</b>										
Luz	Q1,500.00	Q1,620.00	Q1,749.60	Q1,889.57	Q2,040.73	Q2,203.99	Q2,380.31	Q2,570.74	Q2,776.40	Q2,998.51
Teléfono	Q1,200.00	Q1,296.00	Q1,399.68	Q1,511.65	Q1,632.59	Q1,763.19	Q1,904.25	Q2,056.59	Q2,221.12	Q2,398.81
papelería y gastos de oficina	Q1,200.00	Q1,296.00	Q1,399.68	Q1,511.65	Q1,632.59	Q1,763.19	Q1,904.25	Q2,056.59	Q2,221.12	Q2,398.81
<b>Depreciación</b>										
Maquinaria	Q48,448.00	Q48,448.00	Q48,448.00	Q48,448.00	Q48,448.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00	Q0.00
Instalaciones	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82	Q25,579.82
<b>Mantenimiento</b>										
Mantenimiento de equipo (20% depreciación)	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60	Q9,689.60
<b>TOTAL</b>	<b>Q211,445.02</b>	<b>Q220,313.23</b>	<b>Q229,823.39</b>	<b>Q240,023.49</b>	<b>Q250,965.19</b>	<b>Q214,256.08</b>	<b>Q226,852.03</b>	<b>Q240,369.51</b>	<b>Q254,877.93</b>	<b>Q270,452.05</b>

Tabla No. 36 Flujo de caja para el escenario optimista.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ingresos</b>											
Venta café		Q 1,256,239.32	Q 1,482,908.59	Q 1,729,104.19	Q 1,996,212.08	Q 2,285,707.99	Q 2,599,162.97	Q 2,927,792.77	Q 3,238,870.75	Q 3,458,455.21	Q 3,631,377.97
<b>Egresos</b>											
Costos variables		Q (639,347.17)	Q (757,282.75)	Q (889,996.21)	Q (1,039,097.21)	Q (1,206,358.39)	Q (1,393,731.15)	Q (1,598,456.18)	Q (1,805,820.57)	Q (1,978,901.86)	Q (2,137,214.01)
Costos fijos		Q (211,445.02)	Q (220,313.23)	Q (229,823.39)	Q (240,023.49)	Q (250,965.19)	Q (214,256.08)	Q (226,852.03)	Q (240,369.51)	Q (254,877.93)	Q (270,452.05)
<b>Depreciaciones</b>											
Maquinaria		Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Edificios		Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)
<b>Utilidad antes de impuesto</b>		Q 331,419.32	Q 431,284.80	Q 535,256.78	Q 643,063.56	Q 754,356.60	Q 965,595.93	Q 1,076,904.74	Q 1,167,100.85	Q 1,199,095.60	Q 1,198,132.10
<b>Impuesto (32%)</b>		Q (106,054.18)	Q (138,011.14)	Q (171,282.17)	Q (205,780.34)	Q (241,394.11)	Q (308,990.70)	Q (344,609.52)	Q (373,472.27)	Q (383,710.59)	Q (383,402.27)
<b>Utilidad neta</b>		Q 225,365.14	Q 293,273.66	Q 363,974.61	Q 437,283.22	Q 512,962.49	Q 656,605.23	Q 732,295.23	Q 793,628.58	Q 815,385.01	Q 814,729.82
<b>Depreciaciones</b>											
Maquinaria		Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Edificios		Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82
<b>Inversión inicial</b>											
Inversión inicial	Q (967,205.86)										
Capital de trabajo	Q (425,396.09)										Q 425,396.09
<b>Flujo</b>	Q (1,392,601.95)	Q 299,392.95	Q 367,301.48	Q 438,002.42	Q 511,311.04	Q 586,990.30	Q 682,185.05	Q 757,875.04	Q 819,208.40	Q 840,964.82	Q 1,265,705.73

Tabla No. 37 Flujo de caja para el escenario probable

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ingresos</b>											
Venta café		Q 1,170,195.31	Q 1,381,339.24	Q 1,610,672.09	Q 1,859,484.86	Q 2,129,152.24	Q 2,421,137.64	Q 2,727,258.49	Q 3,017,029.70	Q 3,221,574.09	Q 3,382,652.79
<b>Egresos</b>											
Costos variables		Q (639,347.17)	Q (757,282.75)	Q (889,996.21)	Q (1,039,097.21)	Q (1,206,358.39)	Q (1,393,731.15)	Q (1,598,456.18)	Q (1,805,820.57)	Q (1,978,901.86)	Q (2,137,214.01)
Costos fijos		Q (211,445.02)	Q (220,313.23)	Q (229,823.39)	Q (240,023.49)	Q (250,965.19)	Q (214,256.08)	Q (226,852.03)	Q (240,369.51)	Q (254,877.93)	Q (270,452.05)
<b>Depreciaciones</b>											
Maquinaria		Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Edificios		Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)
<b>Utilidad antes de impuesto</b>		Q 245,375.31	Q 329,715.45	Q 416,824.67	Q 506,336.34	Q 597,800.84	Q 787,570.60	Q 876,370.46	Q 945,259.80	Q 962,214.48	Q 949,406.92
<b>Impuesto (32%)</b>		Q (78,520.10)	Q (105,508.94)	Q (133,383.89)	Q (162,027.63)	Q (191,296.27)	Q (252,022.59)	Q (280,438.55)	Q (302,483.14)	Q (307,908.63)	Q (303,810.21)
<b>Utilidad neta</b>		Q 166,855.21	Q 224,206.51	Q 283,440.77	Q 344,308.71	Q 406,504.57	Q 535,548.01	Q 595,931.91	Q 642,776.67	Q 654,305.85	Q 645,596.70
<b>Depreciaciones</b>											
Maquinaria		Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Edificios		Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82
<b>Inversión inicial</b>											
inversión inicial	Q (967,205.86)										
capital de trabajo	Q (425,396.09)										Q 425,396.09
<b>Flujo</b>	Q (1,392,601.95)	Q 240,883.02	Q 298,234.32	Q 357,468.59	Q 418,336.53	Q 480,532.39	Q 561,127.82	Q 621,511.73	Q 668,356.48	Q 679,885.66	Q 1,096,572.61

Tabla No. 38 Flujo de caja para el escenario pesimista.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Ingresos</b>											
Venta café		Q 1,084,151.29	Q 1,279,769.89	Q 1,492,239.98	Q 1,722,757.65	Q 1,972,596.48	Q 2,243,112.31	Q 2,526,724.21	Q 2,795,188.65	Q 2,984,692.97	Q 3,133,927.62
<b>Egresos</b>											
Costos variables		Q (639,347.17)	Q (757,282.75)	Q (889,996.21)	Q (1,039,097.21)	Q (1,206,358.39)	Q (1,393,731.15)	Q (1,598,456.18)	Q (1,805,820.57)	Q (1,978,901.86)	Q (2,137,214.01)
Costos fijos		Q (211,445.02)	Q (220,313.23)	Q (229,823.39)	Q (240,023.49)	Q (250,965.19)	Q (214,256.08)	Q (226,852.03)	Q (240,369.51)	Q (254,877.93)	Q (270,452.05)
<b>Depreciaciones</b>											
Maquinaria		Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q (48,448.00)	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Edificios		Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)	Q (25,579.82)
<b>Utilidad antes de impuesto</b>		Q 159,331.29	Q 228,146.10	Q 298,392.56	Q 369,609.13	Q 441,245.09	Q 609,545.27	Q 675,836.18	Q 723,418.76	Q 725,333.36	Q 700,681.74
<b>Impuesto (32%)</b>		Q (50,986.01)	Q (73,006.75)	Q (95,485.62)	Q (118,274.92)	Q (141,198.43)	Q (195,054.49)	Q (216,267.58)	Q (231,494.00)	Q (232,106.68)	Q (224,218.16)
<b>Utilidad neta</b>		Q 108,345.28	Q 155,139.35	Q 202,906.94	Q 251,334.21	Q 300,046.66	Q 414,490.78	Q 459,568.60	Q 491,924.75	Q 493,226.68	Q 476,463.59
<b>Depreciaciones</b>											
Maquinaria		Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q 48,448.00	Q -	Q -	Q -	Q -	Q -
Edificios		Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82	Q 25,579.82
<b>Inversión inicial</b>											
inversión inicial	Q (967,205.86)										
capital de trabajo	Q (425,396.09)										Q 425,396.09
<b>Flujo</b>	Q (1,392,601.95)	Q 182,373.09	Q 229,167.16	Q 276,934.76	Q 325,362.02	Q 374,074.47	Q 440,070.60	Q 485,148.42	Q 517,504.57	Q 518,806.50	Q 927,439.49

Tabla No. 39 Máxima variación permitida en el precio para el escenario optimista.

Variación	VAN
0%	Q 3,243,708.20
-28.30%	Q0.00

Tabla No. 40 Máxima variación permitida en el precio para el escenario probable.

Variación	VAN
0%	Q 2,439,084.36
-22.89%	Q 0.00

Tabla No. 41 Máxima variación permitida en el precio para el escenario pesimista.

Variación	VAN
0%	Q 1,634,460.52
-16.59%	Q 0.00

Tabla No. 42 Máxima variación permitida en la cosecha de la producción esperada para el escenario optimista.

Variación	VAN
0%	Q 3,243,708.20
-17.99%	Q. 0.00

Tabla No. 43 Máxima variación permitida en la cosecha de la producción esperada para el escenario probable.

Variación	VAN
0%	Q 2,439,084.36
-14.39%	Q 0.00

Tabla No. 44 Máxima variación permitida en la cosecha de la producción esperada para el escenario pesimista.

Variación	VAN
0%	Q 1,634,460.52
-10.31%	Q 0.00

# FORMATO DE CATAACION

FC #####  
(6 CIFRAS)

## SITCA - IV



Nombre del catador \_\_\_\_\_ ¿Dónde fue tomada la muestra para cataación?

Después del secado ( ) de la bodega de reposo ( ) del almacenamiento ( ) del silo ( ) después de la trilla ( )

Código de la partida\* \_\_\_\_\_

\* Si la muestra proviene después de la trilla se debe usar el código de la hoja de trilla PDCT#####

Fecha de cataación \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Total de Quintales del lote: \_\_\_\_\_ (QQ); Tostado \_\_\_\_\_

Fragancia/Aroma		Sabor		Acidez		Cuerpo		Uniformidad		Taza Limpia		Puntaje Cataador		Suma	
Total: 6-10		Total: 6-10		Total: 6-10		Total: 6-10		Total: 6-10		Total: 6-10		Total: 6-10		Total: 6-10	
Seco Cualidades: Equimo		Sabor Residual		Intensidad Alto Bejo		Intensidad Alto Bejo		Balance		Dulzor		Defectos (sustraer)		# Tazas Intensidad	
6-10		6-10		6-10		6-10		6-10		6-10		6-10		6-10	
Ligeros=2		Rechazo=4		X		=									

**Zaranda:**

< 14	14	15	16	17	18	19
% de la muestra						

**Color**

Azul/Verde	Verde	Verdoso	Verde/Amarillo	Amarillo	Amarilloso	Café

<b>Categoría 1</b>	#	
Grano negro (1)		
Grano Agrio o Vinagre (1)		
Cereza seca o cáscara (1)		
Atacado por hongos (1)		
Daño severo de insectos (5)		
Materia Extraña (1)		
<b>Categoría 2</b>	#	
Negro parcial (3)		
Agrio o vinagre parcial (3)		
Pergamino (5)		
Flotador (5)		
Partido, mordido, cortado (5)		
Inmaduro (5)		
<b>Categoría 2</b>	#	
Pulpa o cereza seca (5)		
Averanado (5)		
Daño leve de insectos(10)		
Concha (5)		

Olor:  
 Contenido de humedad: \_\_\_\_\_ %  
 Tipo (S.H.B, S.H.G, etc.): \_\_\_\_\_  
 Impresión general: \_\_\_\_\_

Nombre y Apellidos  
Firma

211/228

Formato de cataación y análisis físico (F-CD-08)

CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

COSTO ESTIMADO DE PRODUCCIÓN POR MANZANA, TEMPORADA 2006/2007  
CULTIVO SEMITECNIFICADO  
Región VI  
-En quetzales-

CONCEPTO	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
<b>I. COSTO DIRECTO</b>				<b>7,748.75</b>
1. RENTA DE LA TIERRA				400.00
2. COSTO DE ESTABLECIMIENTO 1.				349.94
3. MANO DE OBRA				4,501.06
a) Limpias	Jornal	10.00	42.46	424.60
b) Regulación de sombra	Jornal	4.00	42.46	169.84
c) Podas de mantenimiento	Jornal	6.00	42.46	254.76
d) Control fitosanitario	Jornal	6.00	42.46	254.76
e) Fertilización	Jornal	6.00	42.46	254.76
f) Cosecha	Jornal	58.00	42.46	2,462.68
g) Séptimos días				545.91
h) Prestaciones (aguinaldo, vacaciones e indemnizaciones)				133.75
4. DEPRECIACIÓN MAQUINARIA Y EQUIPO 2.				448.10
a) Asperjadora manual	Hr. Bomba	36.00	1.52	54.71
b) Carretón	Hora	3.00	21.71	65.12
c) Camión	Hora	4.00	82.07	328.28
5. INSUMOS				1,993.65
a) Combustibles	Galón	4.50	22.65	101.93
b) Lubricantes	Litro	1.00	22.70	22.70
c) Fertilizantes				
-Nitrogenados	Quintal	4.00	138.92	555.68
-Completo	Quintal	6.00	125.20	751.20
d) Insecticidas				
-Sistémicos	Litro	1.00	151.10	151.10
-Nematicidas	Litro	18.00	13.15	236.70
e) Fungicidas				
-Sistémicos	Libra	1.20	41.89	50.27
-Foliales	Libra	2.20	21.13	46.49
f) Herbicidas de contacto	Litro	1.50	51.73	77.60
6. INSTRUMENTOS AGRÍCOLAS				56.00
a) Aperos agrícolas	Unidad	2.00	28.00	56.00
<b>II. COSTO INDIRECTO</b>				<b>1,518.97</b>
1. Administración (1 % s/C.D.)				77.49
2. Cuota del I.G.S.S. (6 % s/M.O.)				270.06
3. Financieros (12.88 % s/C.D.)				998.04
4. Imprevistos (1 % s/C.D.)				77.49
5. Tribuciones y contribuciones				95.89
a) INTECAP (1 % s/C.D.)			77.49	
b) INFOM			2.40	
c) ANACAFÉ			4.00	
d) Fondo de comercialización			12.00	
<b>III. COSTO DE PRODUCCIÓN CAFÉ CEREZA/MANZANA</b> (Para una producción de 72 quintales de café cereza)				<b>9,267.72</b>
<b>IV. COSTO DE UN QUINTAL DE CAFÉ CEREZA</b>				<b>128.72</b>
<b>V. COSTO DE PRODUCCIÓN DE UN QUINTAL DE CAFÉ PERGAMINO</b>				<b>600.61</b>
1. Costo de 4.5 quintales de café cereza			579.23	
2. Manipuleo y traslado al beneficio de 4.5 quintales de café cereza			7.20	
3. Reposición de sacos para envasado de 4.5 quintales de café cereza			6.44	
4. Costo de conversión de café cereza a pergamino			4.75	
5. Impuesto Decreto Ley 111-85/qq. de café pergamino			2.99	
<b>VI. COSTO DE PRODUCCIÓN CAFÉ PERGAMINO/MANZANA</b> (Para una producción de 16 quintales de café pergamino)				<b>9,609.74</b>
<b>VII. COSTO DE PRODUCCIÓN DE UN QUINTAL DE CAFÉ ORO</b>				<b>768.95</b>
1. Costo de 1.25 quintales de café pergamino			750.76	
2. Flete del beneficio húmedo al seco de 1.25 quintales de café pergamino			6.50	
3. Costo de transformación de café pergamino a oro			5.25	
4. Saco de envase			6.44	
<b>VIII COSTO DE PRODUCCIÓN CAFÉ ORO/MANZANA</b> (Para una producción de 12.8 quintales de café oro)				<b>9,842.52</b>

Nota: Se aplicó el valor del jornal agrícola autorizado para 2006.

1/ Se estima que la plantación tiene una vida útil de 20 años, por lo que a cada año se carga 1/20 de ese costo.

2/ Se refiere al coeficiente de depreciación del equipo por cada hora de uso.