UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

PRE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE UN MICRO BENEFICIO DE CAFÉ

Informe de Proyecto de Graduación sometido a consideración por la Escuela de Ingeniería Química como requisito final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química

Fernando Cuartas Alzate

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

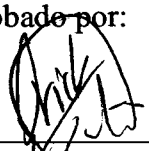
2013

Informe de proyecto de graduación sometido a consideración de la Escuela de Ingeniería Química como requisito final para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química

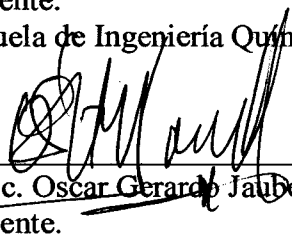
Sustentante:

Fernando Cuartas Alzate

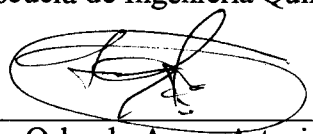
Aprobado por:



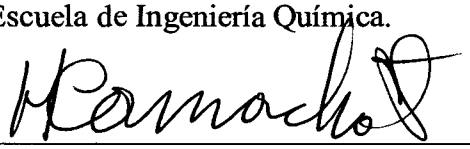
Ing. Esteban Richmond Salazar. — Presidente del Tribunal
Docente.
Escuela de Ingeniería Química.



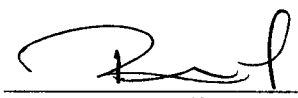
M.Sc. Oscar Gerardo Jaubert Calvo. — Director del proyecto
Docente.
Escuela de Ingeniería Química.



Dr. Orlando Araya Artavia. — Lector del proyecto
Docente.
Escuela de Ingeniería Química.



M.Sc. Hernán Camacho Soto. — Lectora del proyecto
Catedrático.
Escuela de Ingeniería Química.



M.Sc. Randall Ramírez Loría. — Miembro Invitado
Docente.
Escuela de Ingeniería Química

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
2013

"Uno es en la vida… lo que uno quiere ser"

A los grandes amores de mi vida, Olga, Amada y a mi retoño hermoso Isaac

Bendito Dios, a Él es a quien más le debo y agradezco.

Para agradecer a todas las personas no sólo por este trabajo sino por mi logro universitario necesito 100 hojas más, pero haré un esfuerzo en esta página para meter a todos los que puedo.

Entre más bellas son las cosas, más difíciles suelen ser... Por muchas risas y alegrías agradezco a la "Mongolita", a Villa, a Juan, a Caro, a Tanya, a Sil, a In, a Au, a Dairubis, a Cristian a Jeison y a mi muy querida TRIBU. Maravillosas personas que quiero y me quieren. Ellos lograron hacerme sentir propio en un lugar extraño.

A Josué y Felipe, que encarnan la nobleza, para personas como ellos quedan cortas las palabras.

A ella, por ser el mayor aliciente que tuve para conseguir mis objetivos, y le agradezco también el darme el regalo más significativo, que se convertiría en el principal motivo para el progreso en mi vida. A ambos los adoro.

Les agradezco: Al Profesor Jaubert debo agradecerle la pericia y perspicacia, enseñanzas que me acompañarán siempre, al Profesor Araya, más que un profesor fue un MAESTRO, y al Profesor Camacho le agradezco su dedicación y el obsequio de su muy preciado tiempo para convertirme en un mejor profesional. A los demás profesores les agradezco los conocimientos que bien supieron compartir conmigo.

Y para terminar, agradezco a quienes merecen una medalla de ORO, las que deberían recibir el honor y el mérito: ***mi madre, mi hermana y los Lewis****, quienes con su constante apoyo lograron que yo terminara.*

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo consiste en determinar la pre factibilidad, tanto técnica como financiera, de un micro beneficio de café. El beneficiado del café se resume en los siguientes pasos: se toma el grano en cereza, se limpia por medio de un proceso físico, se le extrae la cáscara y parte de la pulpa, se le quita el resto de la pulpa y el mucílago por otro proceso bien sea físico o químico, para luego ser secado, después de esto se convierte en el café pergamino seco que a la postre será el que se venda en sacos de 48 kg. Para llevar a cabo la pre selección y limpieza del grano, se usa un tanque llamado cuba-sifón; para la extracción de la cáscara, se usa un equipo llamado chancadora, el café que esta chancadora no pela es separado por una criba y enviado a otra chancadora. Para retirar lo que queda de pulpa y de mucílago adherido al grano se usa una lavadora o un tanque fermentador. Por último para secar el grano se usa el sol o aire de baja humedad relativa y alta temperatura.

Se toma como referencia la Zona de los Santos en Costa Rica porque produce café de alta calidad, y en buena cantidad. Se usa como base de cálculo una finca que genera 1 000 fanegas al año y en pico requiere el procesado de 1 000 kg/h de café cereza, esta base de cálculo se utiliza por la definición de pequeño y mediano productor.

La inversión total de capital es de 128 277 USD con ventas de 378 000 USD, obteniéndose una utilidad neta el primer año de 249 723 USD. Con esta utilidad el tiempo de recuperación de la inversión se da durante el primer año de funcionamiento, del mes 3 al mes 6 de la cosecha, de acuerdo con el tipo de producción que se da en la Zona de los Santos.

En conclusión, el micro beneficio es viable en el aspecto técnico y económico, e inclusive en condiciones de estrés el beneficio sigue siendo viable. Se le recomienda a todo caficultor que desee aumentar sus ganancias investigar si para su producción existe un micro beneficio. Esto con el objetivo de que se conviertan en completos industriales del café.

ÍNDICE

RESUMEN V

ÍNDICE DE CUADROS X

ÍNDICE DE FIGURAS XIII

CAPÍTULO I JUSTIFICACIÓN 1

CAPÍTULO II EL CAFÉ 3

2.1. ¿Qué es el café? 3

2.2. ¿Cómo se procesa? 4

2.3. Maquinaria utilizada 6

2.4. Unidades de Medición utilizadas en el medio cafetalero 7

2.5. Las segundas y los verdes. 7

2.6. Visión y perspectiva del autor 8

CAPÍTULO III OBJETIVO DEL BENEFICIO Y SUS ETAPAS 10

3.1. El beneficio 10

3.2. El recibidor 10

3.3. El tanque Cuba-Sifón 10

3.4. El despedrador 11

3.5. La chancadora 11

3.5.1. Despulpadora de cilindro 11

3.5.2. Despulpadora de disco 12

3.6. La criba (zaranda) 12

3.7. La lavadora (desmucilaginadora) 12

3.8. El tornillo sin fin 14

3.8.1. Dimensiones de un tornillo sin fin 15

3.9. Tanques de fermentado 18

3.10. Los secadores 19

3.10.1. Patios de secado 20

3.10.2. Secadores solares 20

3.10.3. Secadores mecánicos 21

CAPÍTULO IV FACTORES QUE AFECTAN LOS COSTOS Y LA PRODUCCIÓN 23

4.1. Aspectos del mercado mundial 23

4.2. CLIMA Y RELIEVE FAVORABLES PARA EL CULTIVO DE CAFÉ 23
4.2.1. El viento *23*
4.2.2. Temperatura del ambiente *24*
4.2.3. Precipitación *24*
4.2.4. Altitud *24*
4.2.5. Humedad relativa *25*
4.3. ENFERMEDADES COMUNES EN EL CAFÉ 25
4.3.1. Roya del café *25*
4.3.2. Ojo de Gallo *26*
4.3.3. Llaga macana *27*
4.4. PLAGAS COMUNES QUE AFECTAN EL CAFÉ 28
4.4.1. La broca *29*
4.4.2. Las cochinillas *30*
4.4.3. Los nematodos *31*
4.4.4. Los jobotos *32*
4.5. COSTOS DEL BENEFICIADO. (INDUSTRIALIZACIÓN DEL GRANO) 33

CAPÍTULO V PEQUEÑO Y MEDIANO PRODUCTOR DE CAFÉ 36

CAPÍTULO VI DIAGRAMA DE FLUJO Y TAMAÑO DE EQUIPOS 38

6.1. DIMENSIONES Y REQUERIMIENTOS DE LOS EQUIPOS 40
6.1.1. Dimensión del Recibidor *40*
6.1.2. Dimensión del Tanque Cuba-Sifón *41*
6.1.3. Dimensión de la chancadara (despulpadora) *42*
6.1.4. Dimensión de la criba *42*
6.1.5. Dimensión de la lavadora *42*
6.1.6. Tarnillo *43*
6.1.7. Secadores *43*
6.1.8. Despulpador de segundas *45*
6.1.9. Tanque de fermentado *45*
6.2. REQUERIMIENTO ENERGÉTICO DE LOS EQUIPOS 45
6.3. CONVENIENCIA DE UN PAÍS SOBRE EL OTRO EN CUESTIONES DE PROCESADO DE CAFÉ. 46

CAPÍTULO VII INVERSIÓN ECONÓMICA Y TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN 47

7.1. ESTIMACIÓN DE INVERSIÓN DE CAPITAL Y ESTIMACIÓN DEL RETORNO DE ESTE 47
7.1.1. Estimación de la inversián de capital. *47*

7.1.2. Estimación del retorno de la inversión. *54*
7.2. GANANCIAS EN CAFÉ CEREZA DE LA FINCA. 56
7.3. ESCENARIOS EVENTUALES QUE PUEDEN LLEGAR A AFECTAR LA RECUPERACIÓN DE CAPITAL 56
CAPÍTULO VIII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **60**
8.1. CONCLUSIONES. 60
8.2. RECOMENDACIONES. 62
CAPÍTULO IX BIBLIOGRAFÍA **64**
NOMENCLATURA **67**
APÉNDICES **68**
APÉNDICE A CUADROS DE DATOS **69**
A.1 DATOS PARA BALANCE DE MASA Y DIMENSIONAMIENTO. 69
A.2 DATOS PARA PREFACTIBILIDAD FINANCIERA. 69
APÉNDICE B CÁLCULOS INTERMEDIOS **72**
APÉNDICE C MUESTRA DE CÁLCULO **73**
C.1. CÁLCULO DE DIMENSIONES DE EQUIPOS. 73
C.1.1. Volumen del recibidor *73*
C.1.2. Cálculo del volumen del Cuba-Sifón. *73*
C.1.3. Cálculo de área de secadores solares. *74*
C.2. CÁLCULO DE LA ENTRADA Y SALIDA DE SÓLIDOS. 75
C.2.1. Entrada y salida de granos y basurilla al Cuba-Sifón *75*
C.2.2. Entrada y salida de sólidos de la chancadora de primeras. *76*
C.2.3 Entrada y salida de sólidos de la criba. *77*
C.2.4. Entrada y salida de sólidos y residuos de la lavadora. *77*
C.2.5. Entrada y salida de café y broza de la chancadora de segundas. *78*
C.2.6. Entrada y salida de sólidos y residuos del tanque fermentador *79*
C.2.7. Entrada y salida de materia al tornillo sin fin. *79*
C.2.8. Entrada y salida de masa a los secadores de café. *79*
C.3 CÁLCULO DE ENTRADAS Y SALIDAS DE AGUA. 80
C.3.1 Entrada de agua del Cuba-sifón (Alimentación). *80*
C.3.2 Recirculación de agua en el Cuba-Sifón. *81*
C.3.3 Entrada de agua de la lavadora *81*

C.3.4 Entrada de agua para el tanque fermentado. *81*
C.4. CÁLCULOS FINANCIEROS. 82
C.4.1.Costos de los equipos. *82*
C.4.2. Cálculo costos directos del proyecto. *82*
C.4.3. Cálculo de costos indirectos del proyecto. *84*
C.5. CÁLCULO DEL VALOR ANUAL DE LOS PRODUCTOS DE UNA FINCA QUE TIENE UNA COSECHA DE 1 000 FAN/AÑO. 84
C.6. INVERSIÓN NECESARIA PARA LA COSECHA ANUAL DE 1 000 FANEGAS DE CAFÉ CEREZA. 85
C.7. CÁLCULO DE LAS HORAS HOMBRE NECESARIAS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL BENEFICIO. 85
C.8. CÁLCULO DEL COSTO DE MANO DE OBRA ANUAL. 86
C.9. CÁLCULO DEL COSTO DE LOS REQUERIMIENTOS ANUALES DE SERVICIOS DE AGUA Y LUZ. 86
C.10. CÁLCULO DE COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN SIN DEPRECIACIÓN. 87
C.11. CÁLCULO DE UTILIDADES GENERADAS POR EL MICRO BENEFICIO DURANTE EL PRIMER AÑO. 87
C.12. CÁLCULO DEL TIEMPO EN QUE SE RECUPERA LA INVERSIÓN 87
C.13. Cálculo del tiempo en que se recupera la inversión pero de acuerdo al movimiento de la cosecha. *88*
C.14. CÁLCULO DE LOS EVENTUALES ESCENARIOS PROPUESTOS. 88
ANEXOS **89**
ANEXO 1 TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS **90**
ANEXO 2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO **92**

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 2.1. UNIDADES VOLUMÉTRICAS EN LA MEDICIÓN DEL CAFÉ SU EQUIVALENCIA **7**

CUADRO 2.2. UNIDADES DE MASA EN LA MEDICIÓN DE CAFÉ **7**

CUADRO 3.1. CÁLCULO DEL DIÁMETRO EXTERIOR D Y EL DIÁMETRO NOMINAL DN, UNA VEZ CONOCIDO EL DIÁMETRO EXTERIOR DEL TORNILLO **16**

CUADRO 3.2. POTENCIAS Y DIÁMETROS DE EJES EN TUBERÍAS GALVANIZADAS, RECOMENDADAS PARA TRANSPORTADORES DE TORNILLO SIN FIN CON PULPA SOLA O MEZCLADA CON MUCÍLAGO CONCENTRADO. **17**

CUADRO 3.3. RECOMENDACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL SISTEMA DE SECADO DE CAFÉ, (SOLAR O MECÁNICO) Y ESPECIFICACIONES SEGÚN LA PRODUCCIÓN DE LA FINCA (OLIVEROS, ET-ALL) **20**

FIGURA 4.3. ZOCA DE CAFETO CON SÍNTOMAS DE LLAGA MACANA. (CASTRO & RIVILLAS, 2003) **28**

CUADRO 5.1. VARIABLE DE ESTRATIFICACIÓN DE BENEFICIOS, VOLUMEN DE CAFÉ PROCESADO (FANEGAS) (ARAYA, 2009) **37**

CUADRO 6.1. BALANCES DE MATERIA Y DIMENSIONES DE LOS EQUIPOS PARA EL PROCESAMIENTO DE CAFÉ EN CEREZA. **38**

CUADRO 6.2. DIFERENCIAS ENTRE EL PROCESADO DE CAFÉ EN COSTA RICA Y EN COLOMBIA. **46**

CUADRO 7.1. COSTO DE EQUIPOS. **47**

CUADRO 7.2. COSTOS DIRECTOS DEL PROYECTO. **48**

CUADRO 7.3. COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO. **49**

CUADRO 7.4. PRECIO DE CAFÉ SUAVE AL POR MENOR QUE COMPRA ESTADOS UNIDOS. (ICAFE, 2010). **50**

CUADRO 7.5. VALOR ANUAL DE LOS PRODUCTOS DE UNA FINCA DE CON PRODUCCIÓN DE 1 000 FAN/AÑO. **51**

CUADRO 7.6. COSTO INVERTIDO POR KILOGRAMO DE CAFÉ CEREZA COSECHADO EN UNA FINCA CON PRODUCCIÓN DE 1 000 FANEGAS POR AÑO **51**

CUADRO 7.7. HORAS HOMBRE NECESARIAS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL MICRO BENEFICIO, HORAS HOMBRE APLICADAS Y HORAS HOMBRE QUE SOBRAN. **52**

CUADRO 7.8. COSTO DE LA MANO DE OBRA OPERATIVA PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL MICRO BENEFICIO. **52**

CUADRO 7.9. REQUERIMIENTOS EN SERVICIOS GENERALES PARA FUNCIONAMIENTO DEL MICRO BENEFICIO Y SUS VALORES ANUALES. **53**

CUADRO 7.10. COSTOS FIJOS DE PRODUCCIÓN CERO, COSTOS DE MANUFACTURA Y COSTOS FIJOS DE MANUFACTURA SIN DEPRECIACIÓN..... **53**

CUADRO 7.11. DINERO GENERADO Y REQUERIDO POR EL MICRO BENEFICIO DURANTE EL PRIMER AÑO **53**

CUADRO 7.12. GANANCIAS ACTUALES DE UNA FINCA CON UNA PRODUCCIÓN DE MIL FANEGAS DE CAFÉ CEREZA AL AÑO. **56**

CUADRO 7.13. VALORES DE ESCENARIOS EVENTUALES PARA CAÍDA DE PRECIO Y PRODUCCIÓN DE CAFÉ. **57**

CUADRO 7.14. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL MICRO BENEFICIO DE CAFÉ CON LA CAÍDA DE LOS PRECIOS EN TRES EVENTUALES ESCENARIOS. **57**

CUADRO 7.15. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL MICRO BENEFICIO DE CAFÉ CON LA CAÍDA DE LA PRODUCCIÓN EN TRES EVENTUALES ESCENARIOS..... **58**

FIGURA 7.16. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN DEL MICRO BENEFICIO DE CAFÉ CON LA CAÍDA DEL PRECIO Y LA PRODUCCIÓN EN TRES EVENTUALES ESCENARIOS. **58**

CUADRO A.1. ÍNDICES DE EXTRACCIÓN DE MATERIA A LA BAYA DE CAFÉ HECHA POR CADA EQUIPO Y PROCESO HASTA LLEGAR AL CAFÉ PERGAMINO SECO, TOMADA EN RELACIÓN CON EL CAFÉ CEREZA. (RODRÍGUEZ, 2011)..... **69**

CUADRO A.2. REQUERIMIENTO DE AGUA POR EQUIPO PARA EL PROCESO. **69**

CUADRO A.3. PROPIEDADES FÍSICAS UTILIZADAS..... **69**

CUADRO A.4. FACTORES RECOMENDADAS POR EL LIBRO *"PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS"* EN SU CAPÍTULO VI PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTOS DIRECTOS DEL PROYECTO EN PLANTAS QUE TRATAN MATERIA PRIMA SÓLIDA. **69**

CUADRO A.5. FACTORES RECOMENDADOS POR EL LIBRO *"PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS"* EN SU CAPÍTULO VI PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO EN PLANTAS QUE TRATAN MATERIA PRIMA SÓLIDA..... **70**

CUADRO A.6. FACTORES RECOMENDADOS POR EL LIBRO *"PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS"* EN SU CAPÍTULO VI PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTOS

VARIABLES EN LA INVERSIÓN DEL CAPITAL FIJO EN PLANTAS QUE TRATAN MATERIA PRIMA SÓLIDA..... **70**

CUADRO A.7. FACTORES RECOMENDADOS POR EL LIBRO *"PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS"* EN SU CAPÍTULO VI PARA EL CÁLCULO DE LOS COSTOS FIJOS EN LA INVERSIÓN DEL CAPITAL EN PLANTAS QUE TRATAN MATERIA PRIMA SÓLIDA. **70**

CUADRO A.8. FACTORES RECOMENDADOS POR EL LIBRO *"PLANT DESIGN AND ECONOMICS FOR CHEMICAL ENGINEERS"* EN SU CAPÍTULO VI PARA EL CÁLCULO DE LOS GASTOS GENERALES DE ADMINISTRACIÓN EN PLANTAS QUE TRATAN MATERIA PRIMA SÓLIDA. **70**

CUADRO A.10. COSTO DE EXTRACCIÓN DE UNA FANEGA. **71**

CUADRO B.1. DENSIDAD DEL CAFÉ CEREZA (CC). **72**

CUADRO B.2. RECIRCULACIÓN NECESARIA DE AGUA EN EL TANQUE CUBA-SIFÓN. **72**

CUADRO B.3. MASA DE CAFÉ CEREZA A DESPULPAR EN LAS CHANCADORAS. **72**

CUADRO B.4. VOLUMEN DE CAFÉ Y DE AGUA QUE OCUPAN AL CUBA-SIFÓN AL MISMO TIEMPO..... **72**

CUADRO B.5. COSTO DE EQUIPOS INDIVIDUALES, CANTIDAD NECESARIA Y TOTAL DE COSTO..... **72**

CUADRO B.6. COSTO DE MANUTENCIÓN DE 2 OBREROS INSTALADORES DEL MICROBENEFICIO DURANTE 5 DÍAS. **72**

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1. EL FRUTO DEL CAFÉ Y SUS PARTES (MOYA, OLIVEROS, & RAMÍREZ, 2001) **4**

FIGURA 3.1. VISTA INTERNA DE UN DESMUCILAGINADOR (ÁLVAREZ, ÁLVAREZ, OLIVEROS, RAMÍREZ, & OLIVEROS, 1995) **13**

FIGURA 3.2. TRANSPORTADOR DE TORNILLO SIN FIN (SANZ J. , 1996) **14**

FIGURA 3.3. DIMENSIONES PRINCIPALES DEL ROTOR DEL TRANSPORTADOR DEL TORNILLO SIN FIN. (SANZ, 1996) **15**

FIGURA 3.4. CURVAS PARA LA SELECCIÓN DEL DIÁMETRO EXTERIOR EN TRANSPORTADORES PARA PULPA DE CAFÉ SOLA O MESCLADA CON MUCÍLAGO CONCENTRADO (SANZ, 1996) **16**

FIGURA 3.5. RADIOS QUE COMPONEN LOS DISCOS **18**

FIGURA 3.6. SECADOR SOLAR TUBULAR. **21**

FIGURA 4.1. EFECTOS DE LA ROYA SOBRE LAS HOJAS DEL CAFÉ. (SANZ, 2013) **26**

FIGURA 4.2. LESIONES DE LAS HOJAS DEL CAFETO PRODUCIDAS POR EL OJO DE GALLO. (RIVILLAS & CASTRO, 2011) **27**

FIGURA 4.4. LA BROCA DEL CAFÉ Y SU ATAQUE POR EL OMBLIGO DE LA BAYA (BUSTILLO, 2007). **29**

FIGURA 4.5. COCHINILLAS DEL TRONCO Y LA BASE DEL TALLO, MOSTRANDO ADULTOS, NINFAS Y NIDOS DE HUEVOS. (BARRANTES, COCHINILLAS RADICALES DEL CAFÉ, 2009) **30**

FIGURA 4.6. RAÍCES CON AGALLAS CAUSADAS POR MELOIDOGYNE EXIGUA. (ROJAS, 2010) **31**

FIGURA 4.7. LARVAS DE PHYLLOPHAGA SP. (BARRANTES, 2009). **32**

FIGURA 6.1. VISTA INTERNA DEL SECADOR SOLAR RECOMENDADO **44**

FIGURA 7.1. DETERMINACIÓN GRÁFICA DEL TIEMPO EN QUE SE RECUPERA LA INVERSIÓN **54**

FIGURA 7.2. DETERMINACIÓN GRÁFICA DE LOS KILOGRAMOS DE CAFÉ PERGAMINO SECO NECESARIOS PARA RECUPERAR LA INVERSIÓN. **55**

CAPÍTULO I
JUSTIFICACIÓN

En Costa Rica, provincia de Cartago, zona de los Santos, se siembra café de alta calidad, este compite precisamente en este rubro con el café colombiano. Pero, en Colombia tienen a la Federación Nacional de Cafeteros (FEDERACAFÉ), la cual tiene muy buenos científicos y además hace grandes inversiones en desarrollo de tecnología para cosechar y procesar el café, con esto ayudan al caficultor, impulsándolo a ser un completo empresario, aspecto que en Costa Rica no se ha desarrollado tanto. En este país el pequeño y mediano productor en muchas ocasiones se queda como un simple cultivador del fruto

En Colombia el desarrollo cafetalero se dio de esta manera porque las grandes distancias hacían imposible transportar el grano en fruta, las distancias son tan grandes y la demanda de fuerza para mover el café en cereza hace que el transporte sea no-viable. Con estas necesidades se apoyaron para impulsar el desarrollo tecnológico en cuanto a procesamiento del fruto in-situ.

Normalmente el pequeño y mediano productor costarricense siembra su café y se lo vende a los beneficios pertenecientes a cooperativas o empresas muy grandes, estas lo procesan y lo venden para luego ganarse todo el valor agregado que tiene el producto, valor agregado que va desde el 60 % hasta el 80 % de la ganancia total.

La idea de este proyecto de graduación es darle a ese caficultor la oportunidad de convertirse en un INDUSTRIAL DEL CAFÉ, el cual procesa su café, y no se limita simplemente a la siembre, cosecha y recolección. Que pase de tener una relación exclusiva con el café en presentación en fruta y lo despache en presentación pergamino, o si lo prefiere en presentación ORO. Con esto también se le daría impulso al producto nacional y se traería desarrollo a los pequeños y medianos productores.

Lo planteado se puede lograr si el mediano y pequeño productor tienen en su finca un pequeño beneficio, que le permita procesar su producto sin la necesidad de vendérselo a estos grandes

procesadores como son las cooperativas y las grandes compañías. Este simple y pequeño beneficio le traerá al interesado en construirlo la capacidad de vender café de mejor calidad, incrementará sus ganancias como caficultor, generará empleo, y en resumen será un motor para el desarrollo de su finca. El objetivo y mayor logro de este proyecto de graduación será el encadenamiento de la industria cafetalera.

CAPÍTULO II
EL CAFÉ

Cuenta la leyenda que una vez en África, más precisamente en Etiopía, en la región de Kafa, un pastor llamado Kaldi vio a sus cabras comiendo unas extrañas bayas rojas y las hojas que provenían de un arbusto. Él vio como éstas al comer estos frutos y hojas se llenaban de energía y brincaban vigorosamente.

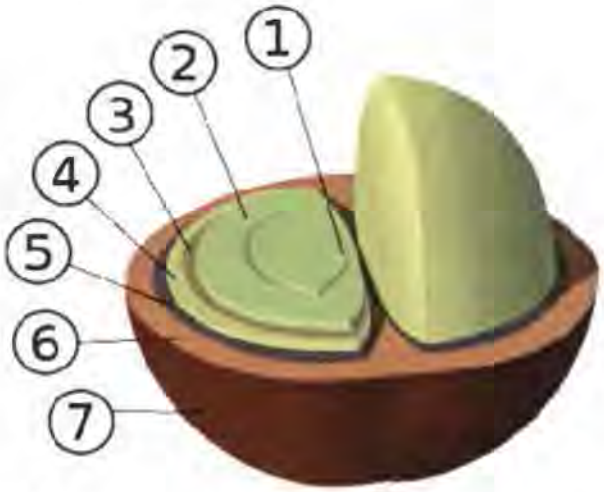
No aguantándose la tentación, Kaldi también probó de estos frutos y se dio cuenta que le renovaron sus energías. Maravillado con su descubrimiento, se llevó a un monasterio una muestra de frutos y hojas. Los monjes tomaron las muestras y las cocinaron, y dio tan mal sabor la infusión de estos combinados que tiraron lo que quedó en la olla a la hoguera, pero, para sorpresa de todos, los granos al secarse al fuego desprendían un delicioso aroma. De este modo uno de los monjes decidió preparar la bebida a partir de granos de café tostados.

2.1. ¿Qué es el café?

El café es una bebida aromática, estimulante, de color oscuro que proviene del procesamiento de una baya que produce el árbol Cafeto. A esta baya se le extrae la semilla, quitándole por medio de procesos físicos y químicos su cáscara y su pulpa. Una vez obtenido el grano semilla, este se pone a secar por un período, luego se tuesta y se muele.

El café en polvo es lo que comúnmente se consigue en los comercios, aunque el grano tostado también lo venden para aquellas personas que gustan de moler su propio café. Una vez se muele, se le hace una lixiviación a estos granos, con agua caliente, y da como resultado la tan afamada bebida.

En la actualidad se encuentran varias marcas de café en el mercado, las cuales varìan en su calidad de acuerdo a la zona de donde provienen. Las zonas son en general bastante influyentes en la calidad de la bebida. El café es la cuarta bebida más consumida en el planeta después del agua, del té y de una afamada bebida carbonatada de sabor a cola.



1 Corte central
2 Grano de café (Endosperma)
3 Piel plateada (Tegumento)
4 Pergamino (Endocarpio)
5 Capa de pectina
6 Pulpa (Mesocarpio)
7 Piel exterior (Epicarpio)

Figura 2.1. El fruto del café y sus partes (Moya, Oliveros, & Ramírez, 2001)

2.2. ¿Cómo se procesa?

El café es recolectado por medio manual, lo hacen trabajadores de las fincas llamados recolectores, estos van "peinando" todo el cafetal y arrancando los granos de los cafetos, arrancan los granos maduros, pero en algunas ocasiones arrancan granos verdes. Lo depositan en una canasta de volumen conocido y es así que se les paga, por canasto recolectado. Una vez que llenan su respectivo canasto, llevan este café a un lugar común, normalmente una camioneta. Antiguamente se usaban las carretas tiradas por bueyes.

Primero es el recibimiento, el cual se hace con un cuba-sifón, que además de cumplir con la función de recibo, sirve para separar frutos y limpia conjuntamente. Este separa por diferencia de densidades, en un tanque, en donde quedan arriba los de menor calidad y abajo los de buena calidad. Los frutos más densos y los livianos son pasados a diferentes cribas (cribado), estas clasifican por tamaño con el fin de que los frutos sean despulpados por máquinas de calibre apropiado. La etapa siguiente es el despulpado la cual consiste en la separación mecánica de la

pulpa (exocarpio), obteniéndose el grano "en baba", cubierto por la capa de mucílago. Un despulpador conocido co
mo despulpador verde, trabaja haciendo pasar la cereza por un entramado de varillas lisas donde se separa la cáscara. La dureza del grano inmaduro impide su paso por entre las varillas, permitiendo este aparato recuperar el sublote de la cereza inmadura en forma separada.

Se separa el grano del mucílago (pulpa), proceso que se puede realizar por tres métodos diferentes. El primero es el bioquímico (fermentación natural): El cual consiste en dejar los granos "en baba" en tanques de concreto por períodos que oscilan entre 12 h y 36 h dependiendo de las condiciones en que quedó el grano en la etapa anterior. La masa de mucílago es afectada por la acción de microorganismos que producen la fermentación de los azúcares del mucílago. El mucílago fermentado cambia de textura, se "fluidiza", lo que permite su remoción por arrastre en una corriente de agua. El segundo es mecánico, el cual usa aparatos desarrollados con el propósito de someter al grano al rasgado y fricción entre superficies, dando así la remoción del mucílago. Y el tercero es el método químico el cual es agregando sustancias a la masa de grano depositada en tanques de concreto, a fin de acelerar el proceso de fermentación y acortar su duración.

Después de esta operación, el café es sometido a un proceso de lavado para eliminar los residuos de la fermentación, éste puede ser manualmente con batidora de madera, pero este método es lento, por lo que se hace uso de un "cañón de correteo", que consiste en un canal de longitud variable que tiene varias compuertas, donde el café desmucilaginado es lavado mediante una corriente de agua y a la vez es clasificado aprovechando la diferencia de densidad, entre los granos de mejor calidad y los de calidad inferior. El sistema de agitación puede ser manual o mecánico para favorecer la separación. El lavado también puede realizarse mecánicamente con lavadoras continuas o mediante bomba centrífuga.

Se lleva el grano al presecado, operación que se hace de manera solar (exponiendo los granos al sol) o con máquinas, reduciendo la humedad del grano de un 55 % a 65 % a un 35 % a 40 % y así

los tiempos de operación y el consumo de energía. Las máquinas usan corrientes de aire seco para secarlo. (Alfaro, 1996)

El secado viene después del pre secado, (El pre secado elimina la humedad superficial), esta etapa elimina la humedad interna del grano, siendo el secado una operación más compleja y lenta. La humedad óptima del café es de 11 % a 12 %, esta medición se hace de forma empírica. Este proceso lleva el mayor consumo de combustible biomásico o electricidad, si no se hace de manera solar. Igual que en el proceso anterior, si no se seca solarmente, se emplean máquinas que hacen pasar aire a una temperatura de entre 60 °C y 65 °C. La temperatura no debe exceder éstas porque se deteriora la calidad del grano.

Se tiene entonces el café pergamino seco, en este momento se puede empacar, siempre y cuando se haga con su cáscara para conservar sus cualidades. Se almacena para su posterior venta dependiendo de la demanda. El café pergamino se puede luego trillar, empacar y despachar. El trillado lo hacen máquinas que le quitan la película y lo trillan (valga la redundancia) para luego ser empacado y vendido.

En Colombia la medición más común es la arroba, inclusive muchas de las publicaciones que hacen en este país pueden encontrarse en unidad de medición. En Costa Rica es más común para el café cereza la unidad de fanega, y el cuartillo pero haciendo referencia al volumen de éste, y para medir café pergamino seco se usa mucho el quintal corto o saco, y esto por la forma en que se empaca y se vende.

2.3. Maquinaria utilizada

- Tanque Cuba-sifón
- El recibidor
- El despedrador (separador de piedras)
- La chancadora (desmusilaginadora)
- La criba
- La lavadora
- Tornillo sin fin

- Los secadores

2.4. Unidades de Medición utilizadas en el medio cafetalero

Las unidades de medición de café en grano verde son en su mayoría unidades de volumen, y se comienza entonces definiendo "La Fanega", la cual tiene una relación con el Sistema Métrico Internacional, y se definen el resto a partir de esta.

Cuadro 2.1. Unidades volumétricas en la medición del café su equivalencia

Unidad Utilizada	Cantidad	Equivalencia
Fanega	1	0.4 m^3
Cajuela	1	1/20 Fanega
Cuartillo*	1	1/4 Cajuela
Cuartillo	1	1/4 Fanega

*Es importante manejar en el contexto de una conversación el término cuartillo, porque se debe saber cuándo los interlocutores hacen referencia al uno ó al otro.

Estas unidades se utilizan a la hora de medir café cereza. Son muy útiles ya que a los recolectores se les paga por cajuela de café recolectada (entiéndase por recolector la persona que está en los cafetales agarrando las bayas de los árboles cafetos para su posterior procesamiento). Pero para el café también se presentan unidades de masa que se presentan a continuación.

Cuadro 2.2. Unidades de masa en la medición de café

Unidad Utilizada	Cantidad	Equivalencia
Fanega (fan)	1	258 kg
Saco	1	48 kg
Quintal corto (qq)	1	1 Saco
Arroba (@)	1	12.5 kg
Quintal largo	1	100 kg

2.5. Las segundas y los verdes.

Es muy importante entender este término para familiarizarse con la terminología del café. Las segundas son los granos de baja calidad que vienen en la recolección, el cuba sifón se encarga de sacar granos de mala calidad, pero los verdes no los saca. Los verdes son granos que no vienen

completamente maduros y por ende no tienen tan buen sabor o tan buenas cualidades organolépticas como sí los maduros.

En toda recolección vienen granos verdes, a pesar de ser enfáticos con los recolectores explicándoles que no tomen estos granos, siempre se da en el canasto una cantidad de verde. Estos verdes no se pueden desechar porque implica bastante dinero. Se procede dentro del proceso a procesarlos con un aparato conocido como "chancadora de verdes o chancadora de segundas". En este trabajo de graduación se explicará más adelante con mayor detalle este proceso.

2.6. Visión y perspectiva del autor

En Colombia las necesidades de producción existentes, debidas a las grandes distancias, entre centros producción primaria y las industrializadoras del mismo grano, han llevado al país a desarrollarse en campos de maquinaria agrícola, maquinaria para el procesado de café hasta dejarlo en una presentación que no afecte sus cualidades organolépticas con el paso del tiempo. Este desarrollo tecnológico que se da hace mucho tiempo, le han dado al productor de esa nación el deseo de tener la mejor calidad a nivel mundial de procesado de café. La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FEDERACAFÉ) invierte recursos, material, tiempo y profesionales en llevar la vanguardia en producción, procesado y desarrollo tecnológico. En resumen, ha sido un efecto dominó, que empezó con las grandes distancias, y terminó mostrándoles a los productores que la producción in-situ es la que propicia la mejor calidad, dando las mayores ganancias y llevando a esta nación sudamericana a vivir un gran desarrollo económico, que desemboca en un enorme desarrollo social, en todas aquellas regiones del país que tocan en forma directa o indirecta la producción de café.

En Costa Rica el desarrollo gracias a la industria del café, en aspectos económicos fue (por así decirlo) parecido, en las regiones en donde el café tocó la puerta, las personas tuvieron buen desarrollo económico, y todo porque los individuos podían sembrar su propio fruto y venderlo, aunado a esto el cultivo del café se caracteriza en Costa Rica por la democratización del agro; no es un cultivo de enclave como el banano, la piña o la palma, que a diferencia del café no dan

participación popular en la producción misma. Y cualquier persona puede notarlo sin la necesidad de tener estudios, ciertamente se ve más pobreza en las regiones en donde se dan este tipo de monocultivos, en cambio en las regiones cafetaleras el desarrollo económico y social es mayor, inclusive, la vida en los pueblos es más tranquila, no se da tanta violencia, la cual es originada por la mala distribución de la riqueza. No es el objetivo de este proyecto evaluar las razones del por qué de las diferentes situaciones de violencia y enfermedades sociales en estos lugares

Si en Costa Rica se diera fuerza al desarrollo de la producción in-situ, con métodos amigables con el ambiente y sostenibles como se propone a continuación, el precio del café mejoraría, y con ello la calidad de vida de los caficultores. Se fortalece la cooperación entre los diferentes actores de la producción cafetalera, pero reenfocando sus objetivos, y se llegaría a ver inclusive mejores condiciones sociales. Claro, todo esto con mucho trabajo, luchando contra el temor del campesino a agregar cosas nuevas a su estilo de trabajo y de vida, luchando contra el pensamiento de las grandes cooperativas, las cuales llegan a creer que este tipo de aspectos las perjudican, e inclusive a los pequeños productores que creen que al verse perjudicada su cooperativa no tendrán a quien más venderle el café. Todo esto debe cambiar, combatir temores y transformar mentalidades.

Pero al lector se le recuerda que esto es opinión del autor

CAPÍTULO III
OBJETIVO DEL BENEFICIO Y SUS ETAPAS

3.1. El beneficio

El objetivo en sí del beneficio de café es tomar las bayas de café recién recolectadas y dejar solo "la pepa", la semilla, que se encuentra dentro de estos. El objetivo de un micro beneficio es hacer lo mismo pero para pequeños flujos de baya por día... más adelante se definirá el término pequeña cantidad.

3.2. El recibidor

El recibidor es un cuarto grande, con una pendiente, consta de una pequeña salida al fondo de ésta y una gran entrada en la parte superior de la misma, hace un efecto embudo, su función es como su nombre lo dice, recibir el grano en fruta, además medir la cantidad recibida en el beneficio o micro beneficio y también la de almacenar el grano mientras este puede ser movido de lugar.

3.3. El tanque Cuba-Sifón

Se construye con el fin de recibir el grano en fruta, almacenarlo antes del despulpado. Sirve para clasificar (separar) los granos haciendo uso de la densidad de estos. Sirve también para retirar del flujo de granos contaminantes no deseados que vienen del proceso de recolección como pueden ser arena, tierra, hojas, ramas y demás. El tamaño de estos depende de la capacidad del micro beneficio.

El tanque Cuba-Sifón se basa precisamente en la diferencia de densidades. El café más pesado que es normalmente el de mejor calidad, y es extraído en el fondo por una toma que está a un nivel inferior al del agua dentro del tanque, se hace así para aprovechar la carga hidráulica que se genera a una presión dada en ese nivel, ayudando a salir al grano maduro en ese nivel. El grano verde y las espumas quedan flotando. Esta presión se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$P = \rho * g * H \qquad (3.3.1)$$

En donde:

P = Presión estática, kPa

ρ = Densidad del agua, kg/m^3

g = Aceleración de la gravedad, m/s^2

H = Diferencia de altura o carga hidráulica, m

ρ y g se pueden considerar constantes, por lo que la variación de la presión depende únicamente de la altura del nivel del agua en el tanque.

3.4. El despedrador

Después del cuba-sifón se toman los granos y se envían a través del despedrador o desarenador, que es un canal con una serie de cavidades inferiores que simulan pequeños cuba-sifones , la función de éste es atrapar los contaminantes como arena y piedras. Todo esto se puede gracias a que los granos son pasados en flujos rápidos para que sólo se quede atrapado lo más pesado.

3.5. La chancadora

Existen chancadoras de dos tipos, de disco y de cilindro. El objetivo de ambos es el mismo, a base de presión retirar el exocarpio de la fruta y dejar sólo el grano.

3.5.1. Despulpadora de cilindro

Es un cilindro que está cubierto por una camisa de cobre la cual tiene protuberancias o botones. Al girar, presionan la baya contra una plancha cóncava que posee canales por donde sale el grano desmucilaginado. La pulpa y cáscara se retiran del proceso luego de esto por medio de un canal de agua o un tornillo sin fin. La plancha es ajustada de acuerdo al tamaño de los granos y se le puede forrar con hule para hacer del proceso mucho más eficiente.

3.5.2. Despulpadora de disco

Consiste en una serie de discos que poseen protuberancias o botones que encaminan el fruto y lo presionan contra una barra despulpadora, debajo de la cual hay una cuchilla que retiene los granos despulpados y permite la salida de la pulpa. Igual la pulpa y la cáscara del proceso pueden ser transportadas por agua o por un tornillo sin fin.

3.6. La criba (zaranda)

El fin de este aparato es separar los granos que están despulpados de los que salieron de la chancadora sin serlo. Es un cilindro horizontal que posee varillas en sus costados con una separación entre ellas de 6 mm a 7 mm. Estas varillas son las que sirven como trampas, al girar el cilindro los granos ya despulpados pasan a través de ellas, pero los granos aún con cáscara y pulpa quedan atrapados saliendo por el costado del cilindro.

La Fuerza que produce el cilindro está definida por la ecuación siguiente:

$$F = m * \alpha * r_g \qquad (2.6.1)$$

Donde:

F = Fuerza Tangencial, N

m = masa de la partícula, kg

a = Aceleración angular

r_g = Radio de giro, m

Con una fuerza pequeña, sólo los granos de tamaño adecuado sobrepasan la rejilla, los demás siguen y son extraídos de manera exitosa por el costado del cilindro. El tamaño de la rejilla depende de la criba depende de los flujos que se quieran manejar en el micro beneficio, cuanto mayor flujo, mayor debe ser el cilindro.

3.7. La lavadora (desmucilaginadora)

Aparato creado para ejecutar a la misma vez las operaciones de desmucilaginado y lavado. Está compuesta por una camisa perforada, dentro de la cual gira un cilindro-eje acanalado con relieves dispuestos de tal forma que sirven, junto con el agua para arrastrar el grano. Las bayas son

forzadas a moverse entre la camisa y el cilindro. Los giros constantes del mentado cilindro generan esfuerzos cortantes y choques entre los granos dando con esto el desprendimiento del mucílago.

Figura 3.1. Vista interna de un desmucilaginador (Álvarez, Álvarez, Oliveros, Ramírez, & Oliveros, 1995)

Según Mejía, Moreno, Oliveros, Rodríguez y Sanz la remoción del mucílago se realiza tradicionalmente por fermentación natural, proceso largo que dura entre 12 horas y 18 horas, y el cual tiene una dependencia de la forma y material que componen al tanque, la cantidad de café a beneficiar y la temperatura. Una vez se desprende del mucílago, el café se lava y se clasifica, todo esto con un volumen aproximado de 40 L/kg de café pergamino seco, y produciendo un DQO por masa unitaria de café cereza de aproximadamente 115 g/kg.

3.8. El tornillo sin fin

Un rotor en forma de hélice continua que al girar apoyado en sus dos extremos dentro de una carcasa fija en forma de "U" o de tubo, se le llama tornillo sin fin. Al girar este imparte movimiento axial al material en que se deposite en este. Este tornillo se utiliza para transportar el mucílago mezclado con la pulpa, todo el material que proceda de la chancadora y de la lavadora se va en este para ser luego tratado (Sanz, 1996). Se presenta entonces la ilustración de un tornillo sin fin en la siguiente figura:

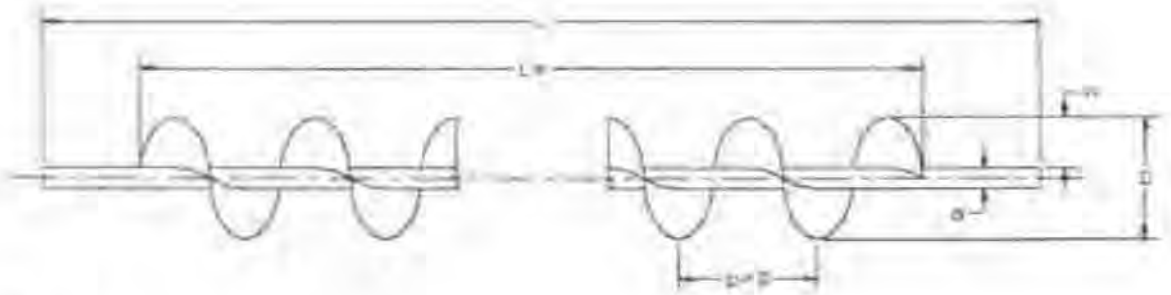
Figura 3.2. Transportador de tornillo sin fin (Sanz J. , 1996)

En la figura 3 es muy claro como es un tornillo sin fin, señalando sus partes. Para un micro beneficio en el que las chancadoras no usan agua y la lavadora usa muy poca agua, el tornillo sin fin se vuelve una pieza fundamental porque permite remover de manera mecánica el mucílago y la pulpa juntos, para tratamiento, con cantidades de agua mínimas. El DBO y el DQO se reducen

significativamente, hasta un 72 % con el uso de este. Por la importancia de esta pieza se describe a continuación más a profundidad.

3.8.1. Dimensiones de un tornillo sin fin

Para el diseño y posterior construcción del tornillo sin fin, se toman las medidas necesarias y se hacen los cálculos pertinentes que llevan a la consecución de éste. Estas medidas se pueden obtener con la metodología que el CENICAFÉ de Colombia desarrolló. En la figura siguiente se dan los nombres a las dimensiones. (Sanz J. , 1996)



D Diámetro exterior
d Diámetro interior
h Altura
L Longitud total
Le Longitud efectiva de rosca
p Diámetro del eje

Figura 3.3. Dimensiones principales del rotor del transportador del tornillo sin fin. (Sanz, 1996)

Como se mencionó antes, se tiene una metodología que desarrolló el CENICAFÉ de Colombia y Sanz (1994) la explica de manera corta, clara y concisa: En la figura 3.3 se tiene dos gráficas en una, en la parte de abajo está el tiempo de despulpado en el día pico, es decir, el tiempo que se va a tener funcionando el beneficio durante todo un día en el máximo de la cosecha, y en las curvas que contiene esta figura inferior dan la capacidad de procesamiento en kilogramos de café pergamino seco por día del mismo beneficio. Esta figura se diseñó con una velocidad de 180 min^{-1} y un ángulo de inclinación del tornillo de 30°. En la parte superior se presenta una curva de la capacidad de transporte contra el diámetro exterior. Suponga que se tiene un micro beneficio con una capacidad de 1500 kg de café pergamino seco por día en pico de la cosecha y que trabaja durante 3 horas diarias. Para usar la figura en la obtención del diámetro exterior del tornillo, y

con esta satisfacer la demanda de transporte de pulpa, se toma primero la cantidad de horas a usar, 3, luego se traza desde el 3 en el eje "y" de la parte inferior una horizontal hasta la chocar con la curva de la capacidad del beneficio: 1500 kg/d de café pergamino seco De ahí se traza una vertical hasta llegar a la curva que está en la parte superior del gráfico, obteniendo la capacidad de transporte del tornillo que sería de 16 kg/min. De ahí se traza otra horizontal hacia el eje "y" de la parte superior y se obtiene un diámetro exterior necesario de 103.7 mm

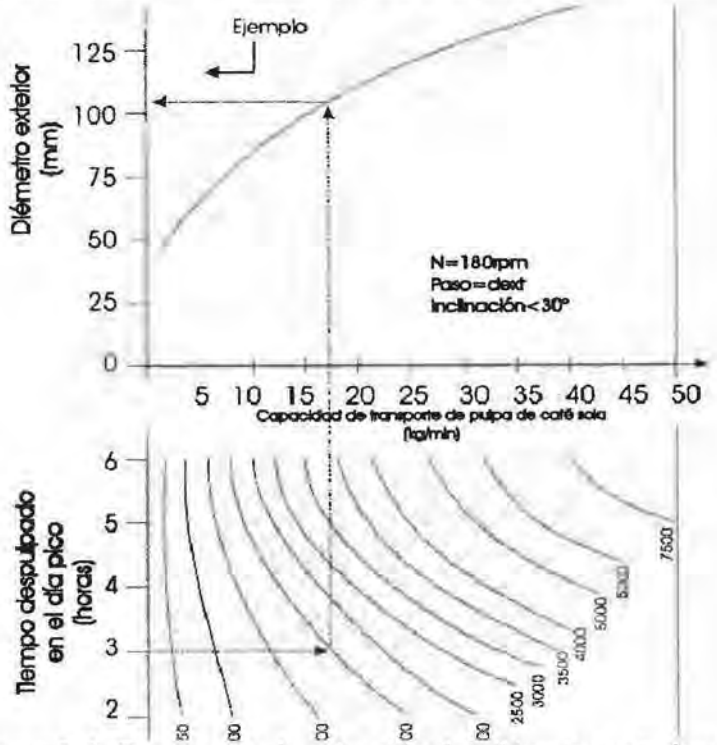


Figura 3.4. Curvas para la selección del diámetro exterior en transportadores para pulpa de café sola o mesclada con mucílago concentrado (Sanz J. , 1996)

Con el valor del diámetro exterior que se obtuvo con la figura anterior, el paso a seguir es obtener el diámetro nominal del tubo del tornillo sin fin, para este fin se presenta el siguiente cuadro:

Cuadro 3.1. Cálculo del diámetro exterior D y el diámetro nominal Dn, una vez conocido el diámetro exterior del tornillo

Do/mm	D/mm	Dn/mm o Dn/pulg
$Do < 50.49$	50.49	60 o (2)
$50.49 \leq Do < 72.19$	72.19	82 o (3)
$72.19 \leq Do < 103.70$	103.70	114 o (4)
$103.70 \leq Do < 156.04$	156.04	168 o (6)

Continuando con el ejemplo, después de un diámetro de 103.70mm se usa una tubería de 4 pulgadas de diámetro nominal. El diámetro del eje del tornillo sin fin depende de la longitud de este y de la potencia que sea necesaria para moverlo. Por lo general los tornillos son largos, por lo que su propio peso genera problemas de vibraciones indeseables y de flexión, por esto y por economía se recomienda usa tubería galvanizada en lugar de ejes macizos. De acuerdo a estas exigencias Sanz (1996) vuelve a ofrecer información para el tornillo y se consigna en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.2. Potencias y diámetros de ejes en tuberías galvanizadas, recomendadas para transportadores de tornillo sin fin con pulpa sola o mezclada con mucílago concentrado.

Longitud efectiva L/(m)	Rango de Capacidad C/(kg/s)	Motor Recomendado P/(kW)	Diámetro d recomendado mm o (pulg)
2.0	< 0.5	0.30	26.67 o (¾)
2.0	0.5 a 0.83	0.67	26.67 o (¾)
2.5	< 0.33	0.30	26.67 o (¾)
2.5	0.33 a 0.83	0.67	26.67 o (¾)
3.0	< 0.33	0.30	26.67 o (¾)
3.0	0.33 a 0.83	0.67	26.67 o (¾)
3.5	< 0.17	0.30	26.67 o (¾)
3.5	0.17 a 0.83	0.67	26.67 o (¾)
4.0	< 0.17	0.30	33.40 o (1)
4.0	0.17 a 0.83	0.67	33.40 o (1)
4.5	< 0.17	0.30	42.16 o (4 ¼)
4.5	0.17 a 0.83	0.67	42.16 o (4 ¼)
5.0	< 0.17	0.30	42.16 o (4 ¼)
5.0	0.17 a 0.83	0.67	42.16 o (4 ¼)

Una sucesión de discos laminares de igual diámetro interno y externo (todos) cortados en forma radial, para luego ser soldados en forma de resorte helicoidal y sobre un eje son en resumen el transportador de tornillo sin fin. Puede ser una lámina de acero calibre 16 para que facilite su construcción sin perjudicar su resistencia mecánica.

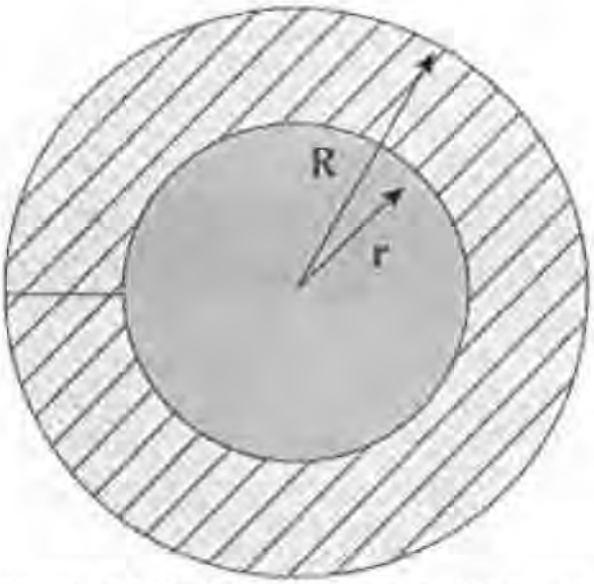


Figura 3.5. Radios que componen los discos

Los discos deben cumplir ciertas dimensiones para poder llegar a formar el tornillo sin fin. El CENICAFÉ ha venido diseñando sus discos de acuerdo a las dimensiones anteriormente encontradas como son el Diámetro del eje (*d*) y el Diámetro externo (*D*), además de la longitud para determinar la cantidad de discos necesarios en total, y se consignan en el cuadro que se presenta a continuación:

Cuadro 3.3. Dimensiones de los discos para la construcción del rotor del trasportador de tornillo sin fin (Sanz,1996)

Diámetro externo ($D = p$) ($m/10^{-3}$)	**Diámetro del rotor (d) ($m/10^{-3}$)**	**Radio externo del disco (R) ($m/10^{-3}$)**	**Radio interno del disco (r) ($m/10^{-3}$)**	**Cantidad de discos (η) (unid/m)**
50.49	26.67	28.88	16.97	18.16
50.49	33.40	28.44	19.89	18.45
50.49	42.16	28.05	23.88	18.70
72.19	26.67	42.52	19.75	12.34
72.19	33.40	41.72	22.32	12.57
72.19	42.16	41.00	25.98	12.79
103.70	26.67	63.13	24.61	8.31
103.70	33.40	61.83	26.67	8.48
103.70	42.16	60.57	29.80	8.66
156.04	26.67	98.65	33.96	5.31
156.04	33.40	96.64	35.32	5.42
156.04	42.16	94.56	37.62	5.54

3.9. Tanques de fermentado.

El fermentado de café en baba cuando es controlado mejora mucho la calidad de este, las cualidades organolépticas se ven afectadas de manera muy positiva cuando se da una fermentación de 22 h a 24 h bajo supervisión. Luego este es lavado con agua y así se obtiene un producto de muy buena calidad. Eso sí, (imperante redundar) debe ser estrictamente controlada, cualquier abuso sobre el tiempo llevará a la fermentación del grano y no sólo del mucílago, dañando su sabor y olor. Si se deja menos tiempo le quedará mucílago pegado, y este en los secadores se fermentarán y sucederá lo mismo anteriormente mencionado.

Los tanques de fermentado deben ser recipientes claros para que cualquier residuo contaminante sea detectado y eliminado con el lavado. Se les hace una adaptación en el fondo que es una canaleta con rejilla pequeña para realizar los lavados del café dentro de este mismo y que esta canaleta dé al desagüe. El tamaño depende de los tanques existentes en el comercio y además, se dimensionan de acuerdo al café en baba a fermentar. (López, Rodríguez, & Zambrano, 2011)

3.10. Los secadores

El contenido de humedad en una baya de café maduro es alto, aproximadamente del 67 % en peso, esto hace que presente una intensa actividad fisiológica después de cosechado, que afectan la calidad y el peso del grano; para evitar el deterior del grano en estos dos rubros, es necesario procesarlo después de cosecharlo, para disminuir su contenido de humedad del ya mencionado 67 % a un 52 % a 54 %, pero, ahí no termina la necesidad de seguir secándolo, ya que al tener tanta humedad sigue siendo un producto perecedero. El objetivo del secado es llevar el grano a un contenido de humedad del 10 % al 12 %, para evitar el deterioro de este por la acción de micro organismos.

A través de los años se han utilizado una serie de métodos los cuales hacen uso de energía solar y energía calórica brindada por la quema de combustibles. Entre todos estos se encuentran planchas de concreto o de tierra para el secado del grano de café después de todo el proceso que le retira el exocarpio.

Cuadro 3.3. Recomendaciones para la selección del sistema de secado de café, (solar o mecánico) y especificaciones según la producción de la finca (Oliveros, et-all)

Capacidad cps C_{cps}/(kg/año)	**Sistema**	**Caudal de aire** q_{aire}/(m^3/s)	**Presión** p/(kPa)	**Potencia** P/(kW)
Hasta 2 500	Secado Solar			
De 6 250 a 12 500	Secado Solar			
De 12 500 a 25 000	Secado Mecánico	1.33	0.61	1.49
De 25 000 a 37 500	Secado Mecánico	2	0.61	2.24
De 37 500 a 62 500	Secado Mecánico	2.67	0.61	3.73

3.10.1. Patios de secado

Cuando se habla de planchas de lavado, se hace referencia a los patios de secado, que son una plancha sea de concreto o de algún otro material resistente para el café, un suelo duro en el cual se pueda mover constantemente el grano para que dé un secado uniforme. Los patios son una manera antigua de secar, y el movimiento del grano se hace de manera manual. Normalmente en este tipo de secado el grano tarda 7 días en alcanzar la humedad óptima que se requiere para meter en sacos, la cual va de un 12 % a un 15 % de humedad.

3.10.2. Secadores solares

El secado solar se ha practicado desde el mismo momento en que se inició la producción de café y todavía se utiliza básicamente el mismo procedimiento. No se espera que cambie el método tradicional del secado de café substancialmente en el futuro, porque el aprovechamiento de la energía disponible (la radiación solar incidente y la energía propia del aire) es muy aceptable y los costos de los equipos son bajos, principalmente para los pequeños productores.

Los rayos del sol y el aire generan un efecto secante, pero que no se da de manera uniforme, secando más rápido los granos que están en la parte superior de la capa. Para evitar esto se recomienda revolver los granos por lo menos tres veces al día. Si no se tiene cuidado en los secadores solares, los granos pueden secarse en exceso o "resecarse" por lo que se recomienda

estar tomando muestras y trillarlas manualmente para analizar el color de sus almendras. También se puede evaluar la pérdida de peso del café tomando una muestra desde un inicio, midiendo su peso y durante todo el secado tomar su peso para determinar con un cálculo sencillo el porcentaje de agua perdido.

Los secadores solares se ven afectados por las condiciones climáticas de donde están ubicados. El tiempo de secado que estos empleen puede variar entre 5 d y 20 d, pero en tiempos secos se reduce el secado de 5 d a 7 d, se recomienda entonces que la capa de granos no supere los 3 cm de espesor para acelerar el secado. En Colombia recomiendan 27 m^2 de secador por tonelada de café pergamino seco, ó 1.5 m^2 de área de secador solar por cada 62.5 kg de café pergamino seco. (Oliveros, Peñuela, Ramírez, & Sanz, 2008)

Figura 3.6. Secador solar tubular.

Una desventaja de los secadores solares que se debe tener en cuenta a la hora de decidirse por construirlos es la capacidad que tienen; para grandes productores estos no son una muy buena opción, siendo mejor opción los secadores mecánicos, a pesar de tener un costo de construcción o compra y operación considerablemente más grande.

3.10.3. Secadores mecánicos

Un problema del secado solar es estar sometido a las inclemencias del tiempo, por eso hay que buscar otras opciones que anulen o mitiguen el clima. Los secadores mecánicos evitan los problemas que se pueden llegar a tener en la calidad del café a causa de factores externos como son la humedad del aire y la temperatura del medio ambiente

La operación de secado consiste en separar pequeñas cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir su contenido de líquido residual hasta un valor requerido. El secado es por lo común la etapa final de una serie de procesos y operaciones. El secado se refiere a la eliminación de humedad en una sustancia, específicamente a la eliminación de humedad de sólidos y líquidos por evaporación en una corriente gaseosa. Es necesario restringir su significado, ya que por lo general no se consideran como procesos de secado la eliminación mecánica de humedad mediante exprimido o centrifugado. Los secadores mecánicos son recipientes con una entrada y una salida de aire, por los cuales se hace pasar este gas caliente y con poca cantidad de humedad, esto con el fin de aprovechar las propiedades de este para secar en estas condiciones. Se calienta el aire por medio de la quema de algún combustible en una estufa que facilite el intercambio energético.

El secado mecánico permite aprovechar de manera ventajosa las propiedades físicas del café, ya que el espacio intergranular es amplio y uniforme (aproximadamente del 45 % del volumen total). Estas cualidades le dan al aire la capacidad de pasar en forma uniforme y sin excesos en los requerimientos de potencia mecánica. (Roa, *et-al*, 1996)

CAPÍTULO IV
FACTORES QUE AFECTAN LOS COSTOS Y LA PRODUCCIÓN

4.1. Aspectos del mercado mundial

En los últimos años, a nivel mundial se presentan nuevos países, que entran a figurar como protagonistas de la producción mundial de café. Sri Lanka y Vietnam son dos ejemplos. El precio del café se ve afectado por éstos ya que se vuelven competidores, entrando al mercado mundial con cafés robustas (cafés de no muy buena calidad). Al haber un exceso en la producción del café los precios disminuyen influenciado así de manera negativa las ganancias de países que tienen de producir mucho tiempo. Ventaja tienen los productores mundiales de cafés suaves como lo son Costa Rica, Colombia y Etiopía. No quiere decir que estos ejemplos no se vean afectados, pero no se ven tanto como países con poca producción de suaves (cafés de alta calidad). También se debe tener en cuenta que el precio mundial del café varía de acuerdo a la cantidad producida por Brasil.

4.2. Clima y relieve favorables para el cultivo de café

Es necesario establecer primero las condiciones climatológicas y geográficas deseadas para el cultivo de un buen fruto de café, siendo estas determinantes a la hora de obtener buenos precios y además buenos rendimientos, es importante antes de sembrar en un lugar, asegurarse que cumpla con cualidades (como ya se escribió) climatológicas y geográficas aceptables porque directamente afectarán el precio y tamaño de la cosecha.

4.2.1. El viento

Es importante escoger para el cultivo terrenos con vientos no muy fuertes, o si este los tiene, escoger algún tipo de barrera natural o artificial para evitarlos. Los fuertes vientos pueden causar daño mecánico del tejido vegetal y desecación de las plantas y granos, aparte de favorecer la incidencia de enfermedades.

4.2.2. Temperatura del ambiente

Una buena temperatura favorece la obtención de una taza de calidad, cuando se habla de una buena temperatura, se habla de un rango entre los 17 °C y los 23 °C, con estas temperaturas también se ve favorecido el rendimiento por hectárea que dé el terreno. Temperaturas menores a los 10 °C paralizan el crecimiento de las hojas jóvenes, perdiendo así la capacidad de regeneración; estas bajas temperaturas también provocan clorosis. (La clorosis es una condición fisiológica anormal en las platas, que denota insuficiencia en la producción de clorofila, al ocurrir este fenómeno las plantas pierden su capacidad de formar carbohidratos llegando a morir incluso si el problema no es tratado. La clorosis se nota en la coloración de la hoja, que llega a ser de verde pálido o amarillosa).

4.2.3. Precipitación

La lluvia en el desarrollo del cafeto y de la cosecha es muy importante, puede afectar la calidad de la taza que éstos den y la cantidad de granos también. Si se tiene precipitaciones superiores a los 3000mm anuales el control fitosanitario del cultivo se vuelve difícil y costoso, sumándole también que la calidad del café oro decae, y con este (como se escribió previamente) el de la taza también. Si se tienen precipitaciones menores a los 1000mm anuales el crecimiento de la planta se ve afectado, perjudicando así la cosecha venidera; además, un período prolongado sin lluvias propicia la defoliación del arbusto y con esto su muerte.

4.2.4. Altitud

La altura ideal para sembrar café es entre los 500 m sobre el nivel del mar y 1700 m sobre el nivel del mar. Alturas inferiores afectan el buen sabor del café y los buenos rendimientos del cultivo. Alturas mayores influyen de manera negativa en el desarrollo de la planta. La altitud incide directamente sobre la temperatura y las precipitaciones, también sobre el desarrollo de la cosecha, a mayor altura, el pico tiende a ser muy alto pero de corta duración, en bajuras el pico es ancho y de larga duración. Además, a mayor altura, menor rendimiento de cultivos por haectárea.

4.2.5. Humedad relativa

Las enfermedades no son ajenas a los cultivos del café, micro organismos que lo afectan como lo son las bacterias, los insectos o los hongos. La humedad es muy importante por este último tipo de micro organismo. Los hongos se ven beneficiados en ambientes con humedades superiores al 85 %.

4.3. Enfermedades comunes en el café

El cafeto en sus diferentes etapas de desarrollo se puede ver afectado por un considerable número de enfermedades que van a depender de las condiciones climáticas del cultivo o de las condiciones nutricionales de las plantas. Estas enfermedades directamente interfieren con el normal desarrollo de la planta, bien sea en el follaje, en el tronco o en el mismo fruto.

Enfermedades que generan defoliación llevando con ello a un crecimiento insuficiente de la planta [Mancha de hierro (Cercospora Coffeicola), Antracnosis *(Colletotrichum spp)*, Mancha bronceada, Mancha Algacea *(Cephaleuros Virescens)*, Muerte Descendente *(Phoma sp)*, Gotera *(Mycena Citricolor)*, Roya *(Hemileia Vastatrix)*, o un rendimiento menor son algunas de estas (Cadena, 1982). Se presenta a continuación las más comunes en Costa Rica.

4.3.1. Roya del café

La roya del café es una enfermedad del cafeto causada por el hongo *Hemileia Vastatrix*; los ambientes húmedos con temperaturas cálidas, los cultivos que están en relieves de altura media (entre 500 m sobre el nivel del mar y 1500 m sobre el nivel del mar), las condiciones de bajo brillo solar benefician el desarrollo y propagación del hongo. Causa la defoliación de la planta (Carlos Rivillas Osorio, 2011).

Es necesario que el caficultor esté pendiente de esta enfermedad ya que se puede presentar durante cualquier momento del año, por lo que se deben aprovechar siempre los momentos en

que se fertiliza, aplican fungicidas e insecticidas, y durante la cosecha para detectarla; si se observa una caída anormal de las hojas del arbusto, debe revisarse éste de manera exhaustiva, precisamente en sus hojas porque es ahí en donde se dan los síntomas de la enfermedad. Los síntomas son: áreas claras en la parte superior de la hoja, y en el reverso de la hoja un polvo anaranjado detrás de estas manchas claras. (Carlos Rivillas Osorio, 2011).

Figura 4.1. Efectos de La Roya sobre las hojas del café. (Sanz, 2013)

4.3.2. Ojo de Gallo

El ojo de gallo es una enfermedad del cafeto causada por el hongo *Micena Citricolor*. Ambientes fríos, de humedad relativa alta, con poca radiación solar y poca ventilación son propensos al desarrollo de la enfermedad. Esta debe controlarse sobre todo en los primeros días del invierno porque las primeras lluvias estimulan el inoculo residual que es a su vez el que inicia una etapa de producción y liberación de gemas. (Miranda, 2007)

Los síntomas de la enfermedad pueden verse en las hojas, los tallos y los frutos de la planta, son manchas circulares de color café-grisáceo. La enfermedad ataca los frutos produciendo daños en

el epicarpio, y en algunas ocasiones ataca en endocarpio con lo que se cae la baya del árbol; afecta el crecimiento de la planta y su producción, siendo factor determinante para una cosecha cuantiosa. El problema de la defoliación de la planta es muy grave porque cualquier enfermedad que lo haga disminuye el área fotosintética de ésta, provocando un problema de deficiencia en generación de energía básica para subsistir. (Rivillas & Castro, 2011)

Figura 4.2. Lesiones de las hojas del cafeto producidas por el ojo de gallo. (Rivillas & Castro, 2011)

4.3.3. Llaga macana

Esta enfermedad también conocida como cáncer del tronco o simplemente macana es causada por el hongo *Ceratocystis Fimbriata* el cual ataca por heridas recientes en el tallo o la raíz del arbusto. El ataque llega a desencadenar en la muerte del árbol, pero se empieza a ver síntomas del sufrimiento de esta enfermedad porque la planta presenta pérdida de brillo, flacidez y marchitez, las hojas se tornan amarillas y se caen. Aunque el árbol parezca sano, al levantar la corteza de este se ven manchas color marrón oscuro o negras.

El ambiente húmedo y lluvioso es bastante favorable para la formación y desarrollo de la enfermedad, pueden ser temperaturas altas o bajas. Se recomienda para evitarla tener cuidado en las podas, que es en donde tienden a darse las heridas en los tallos. En caso de encontrar sectores muy afectados por la enfermedad se recomienda eliminarlos, si son pocos arbustos se recomienda arrancarlos de raíz y quemarlo, y el hueco en donde estaban plantados tratarlo químicamente, también fumigar contra hongos el nuevo árbol que se siembre en el lugar. (Castro B. L., 1998)

Figura 4.3. Zoca de cafeto con síntomas de Llaga Macana.
(Castro & Rivillas, 2003)

4.4. Plagas comunes que afectan el café

A la broca del café no sólo la afectan hongos, también se encuentran insectos que pueden llegar a ser bastante nocivos para el arbusto, disminuyendo la producción de este considerablemente. Entre los más comunes se encuentra la broca, las cochinillas, los nematodos y los jobotos por mencionar algunos, y son de los que se expondrán a continuación.

4.4.1. La broca

Citando Montoya (1999): *"La broca del café (Hypothenemus hampei) es la plaga más agresiva en la caficultura mundial"*. La taza del café se ve afectada, disminuyendo su calidad y así disminuyendo el valor de la cosecha porque la Broca perfora los granos, maltratándolos, deformándolos y deteriorándolos, este severo daño perjudica las condiciones organolépticas de la bebida. (Montoya, 1999)

La Broca como plaga genera problemas porque al perforar los frutos jóvenes haciéndolos caer del árbol, y cuando no los tira, como se mencionó en el párrafo anterior, les arruina su buen sabor. También se sabe que provoca la disminución en el peso del grano, y como el café se negocia después de todo el proceso de beneficiado es en base a peso, se pierde dinero. En la siguiente figura se ilustra la broca, nótese encerrado en el círculo rojo el ombligo del café y el insecto de la broca, y en el círculo inferior una imagen aumentada de la broca.

Figura 4.4. La Broca del café y su ataque por el ombligo de la baya (Bustillo, 2007).

4.4.2. Las cochinillas

La cochinilla se le llama a una serie de insectos que atacan la raíz, las raíces finas y el tronco de arbusto, succionando la savia de este. Al succionar debilitan la planta y causan heridas que dan entrada a enfermedades. En Costa Rica se han reportado especies como Rhyzoeccus coffeae, Neorhizoecus coffeae, Dysmicoccus brevipes y Geococcus coffeae. A continuación se presenta una imagen que ilustra a las cochinillas.

Figura 4.5. Cochinillas del tronco y la base del tallo, mostrando adultos, ninfas y nidos de huevos. (Barrantes, Cochinillas radicales del café, 2009)

Su mayor desarrollo se produce en suelos ácidos con poco contenido de materia orgánica, con pendiente y con poca sombra. La planta desarrolla un tallo delgado, las hojas se ponen amarillas, duras y se caen. El ataque de las cochinillas a los almácigos produce retraso en el crecimiento de estos. Todas estas razones desembocan en caída de la cantidad de la producción. Como dato curioso las hormigas protegen a las cochinillas de sus enemigos naturales y además las esparcen por el cultivo, esto debido a que las cochinillas producen una miel que a las hormigas les es útil. (Barrantes, Cochinillas radicales del café, 2009)

4.4.3. Los nematodos

Los nematodos son gusanos microscópicos que se encuentran en el suelo, en las raíces de las plantas. En los cafetales costarricenses los más comunes son: En los *Meloidogyne* que corresponde a varias especies, entre ellas *exigua, arabicida, incognita, javanica* y *mayaguensis*. *M. exigua* está distribuida ampliamente a nivel nacional (Rojas, 2010). En la figura a continuación se puede observar claramente los efectos de los nematodos.

Figura 4.6. Raíces con agallas causadas por *Meloidogyne exigua.* (Rojas, 2010)

Al sufrir el ataque de los nematodos, el árbol comienza a vivir una serie de problemas entre los que se ven amarillamiento de las hojas, caída de estas, se marchita la planta y crece lento, con esto la producción se ve afectada ya que el árbol bajo estas condiciones no produce la misma

cantidad de que produciría sano. Estos hongos penetran las raíces y con este tipo de lesiones propician la entrada de otros parásitos que dañan, y además tienden a podrir pudrirlas.

El tipo de ambiente que hacen de los nematodos un parásito prospero son suelos ácidos y arenosos, con este tipo de suelos la plaga se desarrolla muy bien. Pero, si se tiene materia orgánica en los cafetales con sus micros organismos, estos ayudan con el control, la fertilización y la poda también ayudan al control de estos. (Rojas, 2010),

4.4.4. Los jobotos

Los jobotos son larvas de escarabajos muy comunes en Costa Rica, se les conoce también con los nombres de "gallina ciega", "fogoto" o "jogoto". Los escarabajos son los populares "Abejones de Mayo". Se ha encontrado a nivel nacional en los cafetales a las especies de larvas: Phyllophaga *menetriesi, P. obsoleta, P. aequata, P. setifera* y Phyllophaga. Estas larvas dañan las raíces del café y el tallo ya que se alimentan de estos (Barrantes, 2009). Se ilustran los jobotos en la figura siguiente:

Figura 4.7. Larvas de Phyllophaga sp. (Barrantes, 2009).

Las consecuencias del ataque de estas larvas son: Amarillamiento de las hojas, se tornan opacas, se caen. Al sufrir ataque en las raíces, las plantas se ven impedidas para captar los suficientes nutrientes y agua del suelo, por lo que el daño las lleva en casos muy severos a la muerte. Esto desenlaza en cafetos menos productivos. (Barrantes, 2009)

4.5. Costos del beneficiado. (Industrialización del grano)

Para poder establecer la viabilidad financiera de un sistema de producción se requiere establecer indicadores de rentabilidad, entre ellos, el margen bruto de utilidad (MBU). Los indicadores de margen bruto se refieren al MBU total y unitario, conceptos relacionados con el cálculo de los ingresos totales por venta de la producción menos los costos variables de producción; tales costos incluyen todos los rubros explícitos de manejo operativo del sistema de producción: siembra, actividades culturales, costos de recolección, costos de beneficio del grano y costos de comercialización de los productos hasta el consumidor final. El manejo cultural incluye control fitosanitario, control de arvenses (hiervas utilizadas para cubrir el suelo del cultivo y que no esté desnudo) y fertilización, en sí, mantenimiento de los sembradíos.

Pero para los costos del beneficiado, ya las leyes costarricenses establecen claramente cuales parámetros deben ser tomados en cuenta para calcular el pago a los productores de café, y son claros lineamientos que deben seguir en su defecto los micro beneficios para hacer sus cálculos ya que a pesar de su tamaño y capacidad de procesamiento también son cobijados por estas leyes que se presentan a continuación:

> La ley 2752 del 21 de Junio de 1967 y sus reformas en su artículo 57 establece:
>
> "El precio definitivo que el beneficiador deberá pagar a sus clientes por el café recibido, será determinado por la Junta de Liquidaciones y, en última instancia, por la Junta Directiva del Instituto del Café de Costa Rica, ajustándose para ello a las siguientes disposiciones:

3) Constatado el monto de las ventas del beneficio, según queda establecido, se hará únicamente, y por su orden, la deducción de las erogaciones correspondientes a los siguientes rubros, cuyo detalle se establecerá en la reglamentación de esta Ley:

a) Tasas e impuestos pagados;
b) Planillas de la planta de beneficio y seguros del café.
c) Cuotas patronales pagadas a la Caja Costarricense de Seguro Social y demás entidades públicas a las que haya debido pagar seguros de empleados o cargas sociales.
d) Energía eléctrica, combustibles y lubricantes usados en el proceso de beneficiado.
e) Transportes del café beneficiado de la planta de beneficio a su lugar de entrega, dentro del territorio nacional, para su exportación, depósito o venta local.
f) Sacos, cáñamo, brochas y tinta para marcar sacos.
g) Retenciones obligatorias de café después del treinta de setiembre del año cosecha correspondiente acordadas por la Junta Directiva del Instituto del Café de Costa Rica, en cumplimiento de convenios internacionales o de acuerdos de países productores de café; y
h) Los gastos necesarios para el tratamiento de aguas de desecho, previa autorización de la Junta Directiva del Instituto del Café de Costa Rica.

(Así reformado por ley No. 6988 del 26 de junio de 1985)"

Y también se tiene el reglamento para las relaciones entre productores, beneficiadores y exportadores de café que dice en su artículo 39:

"Con base en las declaraciones de los beneficiadores y los datos complementarios a que se hace referencia en los artículos 48, 57 y 59 de la Ley, la Unidad de

Liquidaciones preparará para cada firma beneficiadora una liquidación proforma, según el siguiente procedimiento

...

f) Menos los gastos de sacos, acarreo del café beneficiado, seguros de café y elaboración. Estos últimos solamente podrán consistir en planillas de patio y maquinaria, planilla de escogida del grano, preparación de café en Beneficios Secos, combustible, electricidad, cáñamo, brochas y tinta para marcar sacos, y los gastos para el tratamiento de las aguas y desechos autorizadas por Junta Directiva.

(Así reformado por Decreto No. 35503-MAG del 25 de setiembre de 2009)"

CAPÍTULO V
PEQUEÑO Y MEDIANO PRODUCTOR DE CAFÉ

Por lo general, el primer criterio considerado para diferenciar un pequeño de un mediano o un gran productor es la cantidad de hectáreas de su cultivo. Según datos de la Confederación Internacional OXFAM, que trabaja en favor de la erradicación de la pobreza y la injusticia, en el mundo hay alrededor de 400 millones de pequeños productores con acceso a menos de dos hectáreas de tierra para generar su sustento.

Sin embargo, es necesario tener en cuenta que el término "pequeño" o "mediano" cambia según el contexto, el país e incluso el tipo de cultivo del que se trate. En México por ejemplo, un pequeño productor tiene en promedio menos de 20 ha, mientras que en Haití tiene menos de 2.5 ha. En el caso de Colombia se consideran pequeños productores a aquellos que tienen entre una y dos hectáreas, o incluso menos. Del mismo modo, una finca dedicada al cultivo de fruta como el banano o el café será posiblemente mucho más grande que una dedicada al cultivo de productos básicos como trigo o arroz. Como se observa, la extensión resulta ser un factor relativo.

En Costa Rica no se tiene una definición clara y concisa de lo que es un pequeño o mediano productor de café pero, sí se tienen leyes que estipulan las relaciones entre los productores, los beneficiadores y los exportadores. Esta ley es la 2762, la cual regula el comercio del fruto desde la baya hasta su venta. También se tiene la ley 2798 que regula los beneficios que procesan y venden su propio café; esta ley es de suma importancia para los "micro beneficiadores" porque les da las pautas para comercializar su propio grano de oro. La Unidad de Estudios Económicos y de Mercado (UEEM) perteneciente al Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) hace una conveniente estratificación de los beneficios de acuerdo al volumen de café procesado por año, y lo hacen para agrupar beneficios de producción relativamente homogénea para realizar el estudio económico de costos del beneficiado de café. A continuación se muestra el cuadro en el que ellos clasifican los beneficios:

Cuadro 5.1. Variable de estratificación de beneficios, Volumen de café procesado (Fanegas) (Araya, 2009)

ESTRATO	VOLUMEN PROCESADO (fan)	
	NIVEL 1	NIVEL 2
1	< 4 000	< 1 000 ≥ 1 000 ; < 4 000
2	≥ 4 000 ; < 25 000	≥ 4 000 ; < 9 000 ≥ 9 000 ; < 25 000
3	≥ 25 000	≥ 25 000 ; < 70 000 ≥ 25 000

En Colombia se diseñaron micro beneficios con capacidades de bajas a moderadas de procesamiento, estos son llamados BECOLSUB, los hicieron pensando en las necesidades de los pequeños y medianos productores, para que tuvieran en su finca el poder para procesar su propio café sin generar mucha contaminación. De estos modelos existen 5 tipos los cuales presentan diferentes capacidades, que van desde los 100 sacos por año mínimo, hasta 2 350 sacos por año máximo.

De acuerdo al estudio que se realiza en Costa Rica y las necesidades de café en las fincas costarricenses, se puede tomar como pequeño y mediano productor a toda aquella finca que tenga la capacidad de generar menos de 2 500 sacos por año, y encaja esto perfectamente con la distribución de producción de café en Costa Rica, cubriendo las necesidades de una gran cantidad de productores. (Instituto del Café de Costa Rica, 2010)

Por cuestiones de calidad en café, este proyecto evaluativo da un excelente impacto en la zona de los santos particularmente, ya que allá los pequeños productores son mayoría, es en donde se produce la mejor taza del país y los precios que se dan por saco de café pergamino son los más altos en subastas. Se parte entonces de esto para realizar los balances y el dimensionamiento de equipos.

CAPÍTULO VI
DIAGRAMA DE FLUJO Y TAMAÑO DE EQUIPOS

En los siguientes párrafos y cuadros del capítulo se presentará un resumen de toda la información referente a los balances de materia y energía así como todas las dimensiones de los equipos comprendidos en el proceso de tratamiento de café en cereza hasta convertirlo en café pergamino seco.

Los cálculos de balances de masa y energía, y las dimensiones de los equipos se realizaron basándose en el estudio de la definición de pequeño y mediano productor, donde se define la base de cálculo en 1 000 kg/h de café cereza. El funcionamiento de la micro planta, se dará durante 6 h/d. Por otro lado, se recopiló información a través de libros reportes, revistas, informes y sitios de Internet para complementar la información. Las dimensiones de los equipos se lograron a través de algoritmos matemáticos conocidos. Este capítulo tan sólo presenta el resumen final de ellos, en el cuadro 6.1 se puede encontrar la información que describe las dimensiones de los equipos como el flujo que estos manejan además de otras características individuales. Para una ubicación adecuada de cada uno de los equipos se puede consultar el diagrama de flujo que se encuentra en la figura 6.1.

Cuadro 6.1. Balances de materia y dimensiones de los equipos para el procesamiento de café en cereza.

EQUIPO	BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA	DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
Recibidor	Entra: cc: 1 050 kg/h Sale: cc: 1 050 kg/h	Volumen: 10.9 m^3	Bodega de madera. Inclinación 45° en el fondo.
Tanque Cuba-Sifón	Entra: cc: 1 050 kg/h agua: 166.6 kg/h Sale: cc: 1 000 kg/h basura: 50 kg/h agua: 166.6 kg/h	1.1 m^3	Despulpadora de cilindro, usa camisa de bronce.

Cuadro 6.1 ***(Continuación)*** Balances de materia, dimensiones y costos de los equipos para el procesamiento del café en cereza.

EQUIPO	BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA	DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
Despulpadora de primeras (Chancadora)	Entra: cc:1 000 kg/h Sale: cb: 451.2 kg/h broza: 348.8 kg/h cv: 200 kg/h		Despulpadora de cilindro, usa camisa de bronce.
Criba	Entra: café: 651.2 kg/h Sale: Separa cv: 200 kg/h cb: 451.2 kg/h		Cilindro rodeado de varillas que forman un filtro
Desmucilaginadora (Lavadora, eliminadora de mucílago*)	Entra: cb: 451.2 kg/h agua: 195.2 kg/h Sale: cph: 332.0 kg/h Agua u mucílago: 314.4 kg/h.		Cilindro, camisa perforada y en el interior eje acanalado. Acero.
Secador de primeras	Entra cph: 332.0 kg/h Sale: cps: 195.2 kg/h vapor: 136.8 kg/h	6 secadores.	Secador solar con cobertor plástico para formar invernadero, esqueleto de guadua y maya metálica para formar la cama.
Tornillo	Entra: broza, agua y mucílago: 750. 4 kg/h de Sale: broza, agua y mucílago: 750. 4 kg/h		Tornillo de acero con esqueleto externo en forma de U.

*Mucílago: Sustancia vegetal viscosa que rodea el grano del café.

Cuadro 6.1 ***(Continuación)*** Balances de materia, dimensiones y costos de los equipos para el procesamiento del café en cereza.

EQUIPO	BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA	DIMENSIONES	DESCRIPCIÓN
Despulpadora de segundas (Chancadora)	Entra: cv: 200 kg/h Sale: cb: 112.8 kg/h broza: 87.2 kg/h		Despulpadora de cilindro, usa camisa de bronce.
Tanque de fermentado	Entra: cb: 112.8 kg/h agua: 201.5 kg/h Sale: cph: 83.0 kg/h agua y pulpa: 231.3 kg / h	1.14 m^3	Tanque en forma cúbica o cilíndrica, Plástico. Se recomiendan 2 tanques de esta dimensión por seguridad
Secador de segundas	Entra cph: 83 kg/h Sale: cps: 48.8 kg/h vapor: 32.2 kg/h	1.5 secadores, se construyen 2	Secador solar con cobertor plástico para formar invernadero, esqueleto de guadua y maya metálica para formar la cama.

Para la demanda de agua que tiene cada equipo en este tipo de producción, se obtiene una relación con respecto al café cereza que procesa o el café pergamino seco que produce al final, esta relación se consigna en el cuadro A.2.

Para ver el diagrama de flujo ver elAnexos 2.

6.1. Dimensiones y requerimientos de los equipos

6.1.1. Dimensión del Recibidor

El recibidor aparte de servir para medir el fruto para ser procesado, sirve también para almacenar la cereza, pero, este no debe quedar más de un día en almacenamiento porque como se dijo en el

marco teórico, sus cualidades organolépticas se ver seriamente afectadas de manera negativa. Del balance de masa se obtiene que se van a procesar 1 050 kg/h de material, se calcula un volumen de 9.76 m^3 para esta bodega, se le aplica un factor de seguridad del 10 % y se obtiene un volumen mínimo de 10.9 m^3, téngase claro que este volumen solo comprende el espacio para el almacenado del grano, que está por debajo del nivel de la entrada de bayas. De ahí para arriba se recomienda una altura del techo de por lo menos 2.20 m para la comodidad de los trabajadores.

6.1.2. Dimensión del Tanque Cuba-Sifón

El recibidor se dimensiona de acuerdo al tiempo necesario de estancia de la baya para retirar los contaminantes más livianos como lo son hojas y tallos (entre otros). El tiempo recomendado de estancia es de máximo 10 min para llevar a cabo la separación. Pero, por cuestiones ambientales es de suma importancia adherirle a este sistema una recirculación de agua, ya que para sacar el 1 kg de café del tanque necesita usar 4 l de agua. Con esta información se detalla el volumen del Cuba-Sifón en 0.97 m^3, pero con un factor de seguridad del 10 % se recomienda un volumen final de 1.1 m^3.

Para que el cuba sifón sea como ya se dijo, amigable con el ambiente, se le agrega una bomba para recircular el agua, y un semitanque con una maya que separa los granos de café que este extrae del preciado líquido que será recirculado. Con esta recirculación se tiene un consumo de 1 m^3/día en total, ya que para que el equipo se deshaga de todas los sólidos contaminantes usa en 0.2 m^3/día, para efectos del balance de masa y sus unidades se divide el total de uso durante el día por las 6 horas de trabajo diarias que se va a usar. La bomba presenta una demanda de 0.5 kW de potencia según especificaciones de fábrica para esta precisa recirculación.

Para flujos menores a los 2 540 kg de café no es necesario usar un despedrador, ya que con el cuba-sifón se limpia lo suficiente el flujo para no ir a dañar la chancadora. Inclusive el CENICAFE de Colombia recomienda recibir en el recibidor, y de ahí enviar directamente al chancadora sin el uso de cuba sifón. (CENICAFE, 1999)

6.1.3. Dimensión de la chancadora (despulpadora)

En los despulpadores los factores determinantes son las revoluciones por minuto del cilindro y el ancho del cilindro, esto determinará la capacidad para poder procesar los 1 000 kg/h necesarios. Las chancadoras por recomendación del CENICAFÉ deben girar de 120 min^{-1} a 160 min^{-1} (Moya, Oliveros, & Ramírez, 2001). Por cuestiones comerciales las camisas para las chancadoras traen anchos 30 cm, por lo que de estos anchos se presentan las chancadoras. Se requiere entonces una chancadora de 30 cm de ancho y con un giro de 160 min^{-1} a 120 min^{-1}.

6.1.4. Dimensión de la criba

Este equipo debe tener la capacidad de separar todo el grano verde que la primera despulpadora no chancó del resto del café en baba. De acuerdo al balance de masa en el cual se hace una estimación del 20 % en grano verde, de la chancadora salen 200 kg/h de café verde, 348.8 kg/h de cáscara y parte del mucílago y 451.2 kg/h de café en baba. A la criba no llega el desecho de la chancadora ya que este lo separa. Sólo llegan los desechos.

Comercialmente las cribas tienen tamaños estándar de entre 1.2 m y 1.8 m para flujos de café inferiores a los 1000 kg/h, además de girar a velocidades de entre 12 min^{-1} y 16 min^{-1}. Se estima para este equipo una demanda de 0.5 kW/h en potencia, y un largo entre los 1.6m y 1.8m, además de girar entre 15 min^{-1} y 16 min^{-1}. De la criba se separa el proceso en dos "líneas" de producción diferentes. El grano en baba que se va a la lavadora, y el proceso del verde que se va a otra chancadora para quitarle la piel, el mucílago y secarlo como al grano maduro.

6.1.5. Dimensión de la lavadora

Como se mencionó en la sección anterior, para la desmucilaginadora se requiere uno con una capacidad de procesar 451.2 kg/h de café en baba, para lo cual se usará una relación de 1 litro de agua por cada kilogramo de café pergamino seco que se dé al final, después de los secadores. Las marcas comerciales existentes no especifican los tamaños, pero sí dan la capacidad de café a lavar. El equipo es un cilindro hueco: "camisa perforada" y en el interior eje acanalado, hecho de acero.

6.1.6. Tornillo

El tornillo sin fin se requiere con una capacidad de transporte mínima de 750 kg/h, que sea de acero y en forma de U. Este equipo en particular es importantísimo ya que al conjuntar los desechos promueve en sí al sistema de Micro beneficiado como un gran amigo del ambiente; los equipos que venden las empresas comerciales ya lo incluyen, y de acuerdo a la cantidad de café cereza que se quiere procesar durante el pico se lo ofrecen a uno para que satisfaga las demandas de producción. De acuerdo a la teoría citada en el capítulo 3, el tornillo debe ser de hierro galvanizado para evitar las vibraciones, se recomienda que tenga una inclinación de 30° sobre la horizontal y que gire a 180 min^{-1}. De las figuras y del procedimiento ahí descrito se sacan valores de Diámetro externo del tornillo de 0.1037 m, dentro de una tubería de 4 in, con estas demanda y un largo deseado de 4 m para el tornillo para poder extraer el material de ambas chancadoras, arroja una demanda de potencia para su movilidad de acuerdo al cuadro 3.2 de 0.67 kW. Pero a todo esto ya los equipos ofrecidos comercialmente vienen dados de acuerdo a las necesidades de procesamiento, por lo diseñar y construir un tornillo propio puede resultar muy engorroso y quizá innecesario ya que los equipos los venden todos y completos para su montaje de acuerdo a su capacidad. Esta es la razón por la que en el cuadro 7.1 no se incluye el tamaño de este equipo.

6.1.7. Secadores

Los secadores se escogen solares por dos razones de mucho peso, la primera es por la calidad del café, la cual es mucho más alta cuando éste es secado mediante radiación del sol, y la segunda es por lo que este secador representa, siendo muy económico es eficiente, ya que usa menos área que los patios y permite llevar de manera uniforme el secado, siempre y cuando el grano se esté moviendo por un operario por lo menos una vez por hora. En esta sección se habla tanto del secador de maduros como el de verdes, debe entenderse que estos dos se separan por cuestiones de calidad, pero a la postre igual van a venderse. El área del secador es de 28 m^2 porque así recomiendan los expertos. (Oliveros, Peñuela, Ramírez, & Sanz, 2008). El secador en su interior se verá como ilustra la siguiente figura:

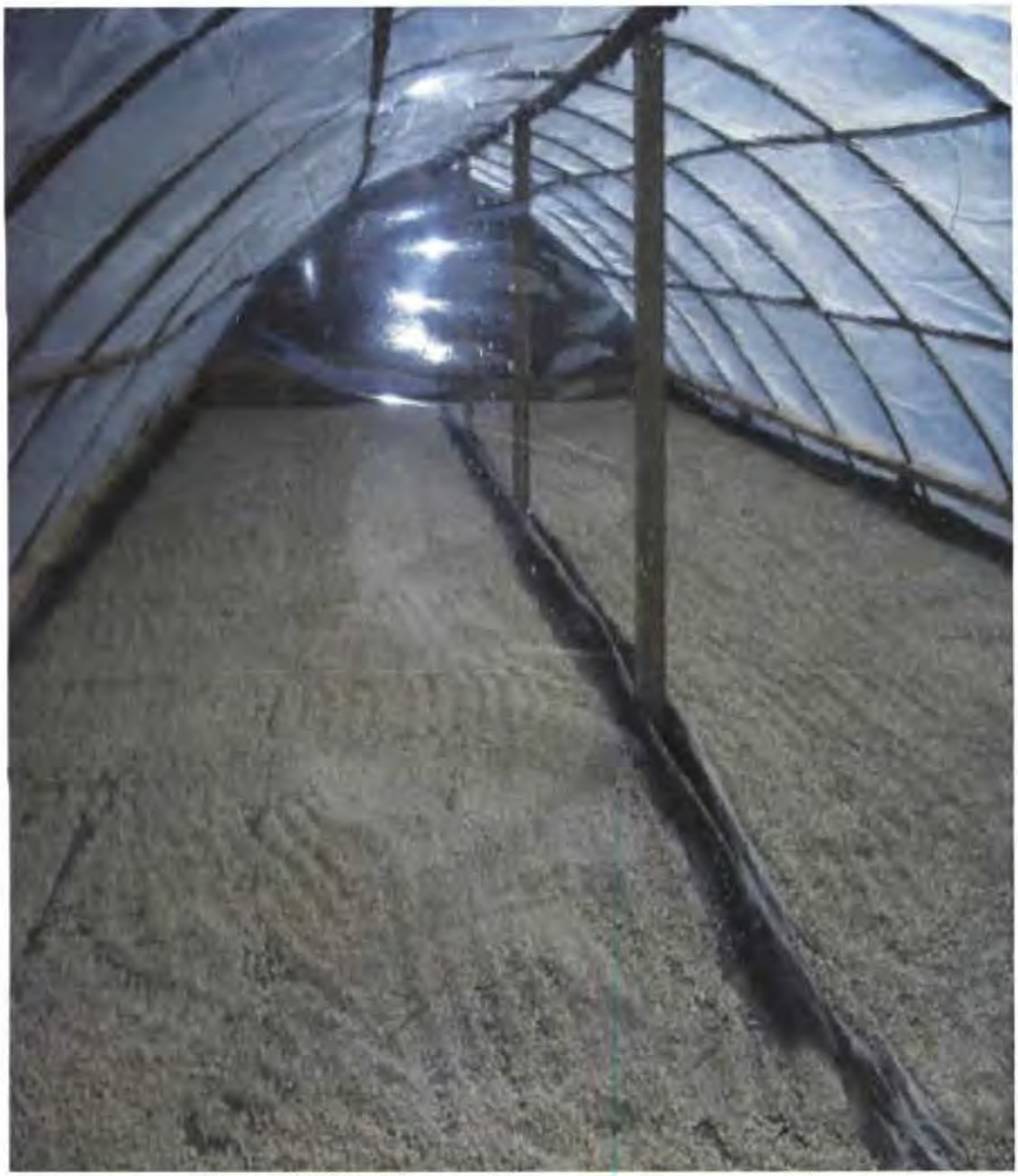


Figura 6.1. Vista interna del secador solar recomendado

Este es el tipo de secador que se quiere para el proyecto, uno que forme un túnel interno, que permita el ingreso de aire por la parte superior de manera eficiente; con este tipo de secador el grano se mantiene caliente propiciando la salida del agua del interior, y además el ingreso de aire

fresco que se llevará la humedad superficial. La figura 3.6 ilustra el secador deseado para el proyecto, pero desde una perspectiva externa.

6.1.8. Despulpador de segundas

Definitivamente la gran cantidad de verdes que se toman, a pesar de las muchas advertencias de los propietarios y supervisores de las cogidas de café es muy grande, y además las segundas, suman un 20 % de la colecta. Estos granos no se pueden perder, por cuestiones económicas hay que procesarlos. De los 200 kg/h de café de segundas y verdes que procesan, es necesario enviarlos a un chancadora, esta máquina es más fuerte que la chancadora de maduros, puede tener el mismo ancho, pero la presión ejercida por ésta al grano es mayor, así lo obliga a separarse. Las demás especificaciones de esta chancadora las dan las empresas que producen la maquinaria.

6.1.9. Tanque de fermentado

La decisión de utilizar tanques de fermentado para las segundas es que este proceso (como se explicó en la sección 3.9) mejora mucho las cualidades organolépticas del grano. No se usa en toda la cosecha por las demanda de agua, la cual es mayor que la lavadora. Se requieren como mínimo 1.14 m^3 de volumen de tanque, el mercado ofrece tanques de 1.2 m^3, se recomienda comprar 2 tanques de este volumen para tener siempre uno desocupado para la producción del día. En este tanque entrarán 708 (kg/d) de café en baba, y para lavarlo después de las 22 horas de fermentado se usarán 1.2 m^3 de agua.

6.2. Requerimiento energético de los equipos

Según las especificaciones de los diferentes fabricantes, para la zaranda, las despulpadoras y la lavadora se requiere una potencia de 1.5 kW para cumplir con la demanda de flujo. Algunos fabricantes ofrecen dentro del mismo precio total de micro beneficio el motor, o dos motores que levantan esos requerimientos de potencia. Los motores que ofrece el mercado tienen una velocidad de rotación de 1800 min^{-1}.

6.3. Conveniencia de un país sobre el otro en cuestiones de procesado de café.

Cuadro 6.2. Diferencias entre el procesado de café en Costa Rica y en Colombia.

Costa Rica	Colombia
Recibidor: Se usan bodegas de madera con fondo inclinado a donde llega el café cereza para luego ser transportado al beneficio.	Recibidor: Se usan silos metálicos con mallas en el fondo para separar las piedras y contaminantes gruesos antes de pasar a la chancadora.
Tanque cuba-sifón: Se usa un tanque en forma de pirámide invertida para separar contaminantes gruesos como hojas, granos malos y piedras. Se recircula el agua para no generar mucho desperdicio.	Tanque cuba-sifón: En Colombia no se usa este tipo de recipiente por la gran demanda de agua que representa. Por lo menos 1 m^3 más al día.
Despedrador: Se usa una canoa larga, metálica con trampas en el fondo para las piedras más menudas y se hace pasar un flujo rápido de agua con granos para atraparlo, generando mayor demanda de agua y energía, aunque con el sistema del cuba-sifón se recircula.	Pescador de piedras: Es un canal muy pequeño por el que se deja pasar el grano, es inclinado y separa por medio de maya piedras muy pequeñas que puedan llegar a dañar las camisas. No usa agua.
Secado: En ambos países se manejan maneras muy similares de hacer secado en patios y mecánico, pero es en el secado en invernaderos en donde se da una diferencia.	Secado: El secado solar en Colombia ha sido impulsado de manera enfática, ya que para la buena calidad del grano la forma en que se extrae el agua de este en la fase pergamino es protagonista. En Colombia desarrollaron secadores invernaderos con materiales baratos, fáciles de conseguir y de cambiar. Y que dan buenos resultados inclusive en lugares de mucha lluvia.

CAPÍTULO VII
INVERSIÓN ECONÓMICA Y TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN.

En este capítulo se estudiará el precio de los equipos y además el precio del café que se puede obtener gracias al procesamiento in-situ, se verán los precios que se manejan para este tipo de producción en cafés que involucran el hecho de ser café costarricense de excelente zona de producción. Debe apuntarse que el estudio de prefactibilidad financiera se hace en dólares porque el caficultor que decida encadenar su producción hasta comercializar en pergamino seco, cambiará las divisas en que maneje su trabajo, bien sea a Dólares, Euros o alguna otra moneda. Se suma también que los equipos se venden en dólares.

7.1. Estimación de inversión de capital y estimación del retorno de este

7.1.1. Estimación de la inversión de capital.

Los costos comerciales de los equipos se consiguen en empresas especializadas en la producción de maquinaria para la industria cafetalera. Se hace por medio de cotizaciones, pero por cuestiones legales no se adjuntarán las cotizaciones ni se dirá el nombre de las empresas.

Cuadro 7.1. Costo de equipos.

EQUIPO	Valor (USD)
Precio Microbeneficio básico*	10 993.00
Chancadora de segundas	2 500
Panel dc control eléctrico (con instalación)	2 000
Secadores	3 400
Fermentador (son 2 tanques)	800
Bomba Recirculadora	800
TOTAL	20 493
Precio Total Aproximado.	**20 500**

*El microbeneficio básico incluye el tanque cuba-sifón, la chancadora de maduros, la criba cilíndrica y la lavadora.

Se procede pues a estimar los costos de materiales, ingeniería, mano de obra, transporte de equipos y materiales, y material humano. Para esto se usa el libro *"Plant Design and Economics for Chemical Engineers"*, se usa la cuarta edición, y de ésta se sacan los índices para industrias de la Ingeniería Química que procesan sólidos.

En el cuadro a continuación, se presenta la estimación del capital a invertir en el proyecto de construcción de un micro beneficio de café en la Zona de los Santos, en Parritilla de Aserrí, que como se dijo en el capítulo V puede llegar a tener el mayor impacto a nivel nacional, en donde se han obtenido precios de hasta 355 USD por saco de café pergamino seco y en pequeñas producciones que abarcan de los 1 000 a los 5 000 sacos. (Barquero, 2012)

Cuadro 7.2. Costos directos del proyecto.

COSTOS DIRECTOS	PRECIO (USD)
Compra de equipo en fábrica	20 500
Transporte de equipo a sitio	350
SUB TOTAL Equipo en sitio	20 850
Costo de instalación de equipo	438
Tuberías y accesorios instalados	1 564
Edificaciones	5 213
Acondicionamiento de terrenos y urbanización	3 128
Costo de terreno (400 m^2)	10 000
Total costos directos	**41 192**

En el cuadro anterior se tiene un costo de 10 000 USD para el terreno del equipo, este se obtuvo investigando el costo de los terrenos en la zona de Los Santos, y el tamaño se estima tomando en cuenta los secadores y el pequeño espacio requerido por la planta. Continuando con los costos del proyecto, se presenta en el cuadro que sigue a continuación la estimación de los costos indirectos. Las empresas que venden los equipos incluyen en el precio la instalación, envían mano de obra, pero hay que proporcionarle los viáticos a estos.

Los gastos de construcción comprenden el recibidor, ya que es parte de los inmuebles necesario para el microbeneficio, y no entra en equipos. Se debe recordar que todos estos valores son estimaciones que se hacen de acuerdo al método planteado por el libro *"Plant Design and*

Economics for Chemical Engineers", y en los apéndices se incluirán los índices que el libro da para hacer los cálculos.

Cuadro 7.3. Costos indirectos del proyecto.

COSTOS INDIRECTOS	PRECIO (USD)
Ingeniería y supervisión	6 881
Gastos de construcción	8 132
Gastos legales en Costa Rica	2 085
Contingencias	7 298
Total costos indirectos	**24 395**

Para hacer el resto de los cálculos es necesario determinar el precio máximo de venta en que se podrá negociar el saco de café. Los datos históricos de café (suaves) para este tipo de negocio son muy pocos, el ICAFE ofrece listas de precios en sus estadísticas pero de lo que pagan los países consumidores por los cafés suaves de alta calidad como lo son los de la zona de Los Santos, y en el artículo citado previamente de Barquero (2012) se ve que los 2 beneficios de la zona de Los Santos que reportaron este tipo de ventas de "café selecto" y preparado de manera individual, lograron venderlo 315 USD y 355. USD Con esto no basta para determinar un precio, por lo que en el cuadro siguiente se dan los precios de compra de este tipo de café por compradores en Estados Unidos desde el año 1 999.

Para el tratamiento de aguas residuales que se producen durante el procesado de café en los micro beneficios, el CENICAFE recomienda una planta de tratamiento de 3 tanques, uno es llamado Reactor hidrólico que es un tanque hecho con una bolsa plástica gruesa que tiene una capacidad de 8 m^3 en forma de gusano, este tanque es ubicado en un orificio que se hace en el suelo, con forma de rampa en sus orillas para que la bolsa no se rompa, y con una pequeña pendiente en el fondo. Este reactor no solo da un efecto pulmón durante las cosechas ya que estas no son lineales en producción sino que además en él se presentan una serie de reacciones bioquímicas que conducen a la hidrólisis de compuestos de alto peso molecular. Luego de este reactor se ubica una pila dosificadora que está hecha en bloques y cemento, esta pila tiene un volumen de 0.5 m^3 y tiene una boya para dosificar. Se termina la planta de tratamiento para este micro beneficio con un tanque de 2 m^3, este tanque conocido como Reactor metanogénico favorece la digestión

anaeróbica de este tipo de residuos. El costo de esta planta según el CENICAFE tiene un valor de 1 171 USD (Isaza, López, Rodríguez, & Zambrano, 2009). El gasto se prorratea entre las contingencias y los gastos de construcción que se encuentran en el cuadro 7.3.

Cuadro 7.4. Precio de café suave al por menor que compra Estados Unidos. (ICAFE, 2010).

AÑO	PRECIO al por menor del quintal corto (USD)
1999	342.73
2000	344.98
2001	309.26
2002	292.38
2003	291.63
2004	284.94
2005	326.25
2006	320.32
2007	346.89
2008	N.D*
2009	366.90
2010	390.57

*N.D: No está el dato

Con el artículo anterior y estos precios encontrados en la página de estadísticas del ICAFE se puede estimar un precio de venta para hacer los cálculos de retorno de la inversión, en la tabla se observan valores bastante altos, como también se observan valores inferiores a los 300 USD, pero en su mayoría superan este valor. En el artículo presentan dos valores de la zona que se obtuvieron el año pasado y son los últimos con que se negoció, son valores altos, pero se decide tomar un valor de referencia mediano por quintal corto de 300 USD para realizar los cálculos, y para las segundas un valor de 240 USD por quintal corto, y así no se hace uso de valores que puedan presentar a futuro proyecciones que se salgan de una realidad. De acuerdo al precio establecido para hacer las estimaciones, se obtienen los siguientes cuadros con cálculos, fundamentales para la evaluación del tiempo de retorno a la inversión. En el cuadro 7.5, el siguiente, se encuentra el valor anual de los productos de acuerdo a la producción que da el balance de masa, se debe recordar que estas proyecciones son para una finca que produce 1 000 fanegas al año, y más importante aún, un pico de 25 fanegas diarias.

Cuadro 7.5. Valor anual de los productos de una finca de con producción de 1 000 fan/año.

NOMBRE DEL PRODUCTO	PRECIO (USD/kg)	CANTIDAD ANUAL (kg)	VALOR ANUAL DEL PRODUCTO (USD)
Café Primeras	6.25	50 400	315 000
Café Segundas	5.20	12 600	63 000
VALOR DE VENTA			**378 000**

En necesario invertir en agroquímicos y en recolección del café cereza, la fanega consta de 20 cajuelas, por cada cajuela se le dan a los recolectores CRC 1 200 y además se hace una inversión que redondea en CRC 10 000 en agroquímicos y en resiembra por la misma fanega. Con estos valores se hace el cálculo de costos anual de materia prima que se presenta en el cuadro que sigue.

Cuadro 7.6. Costo invertido por kilogramo de café cereza cosechado en una finca con producción de 1 000 fanegas por año

NOMBRE DEL MATERIAL	INVERSIÓN (USD/kg)	CANTIDAD ANUAL (kg/año)	ANUAL INVERTIDA (USD/año)
Café Cereza	0.27	258 000	68 966
COSTO TOTAL ANUAL DE MATERIA PRIMA			**68 966**

El micro beneficio requiere de operadores que lo mantengan funcionando. Se calcula el tamaño del equipo de acuerdo a las demandas de proceso en el pico máximo (como ya se ha mencionado anteriormente). Pero el cálculo del salario de los operadores se hace para todo el año, pensando en la continuidad del proceso, estos 3 operarios necesarios se dedicarán en la época de cosecha a la planta de procesamiento, pero el resto del año serán útiles trabajadores de la finca, también las ventajas de tener trabajadores fijos es que ellos se pueden llegar a capacitar para dar mantenimiento a la maquinaria. Con estas consideraciones se genera empleo fijo y además se asegura la continuidad laboral de los trabajadores, la eficiencia en procesos debido a que la rotación de personal es problemática. En el cuadro que se presenta a continuación, se dan los cálculos de las horas hombre necesarias para mantener siempre a dos personas trabajando en el beneficio.

Cuadro 7.7. Horas hombre necesarias para el buen funcionamiento del micro beneficio, horas hombre aplicadas y horas hombre que sobran.

	Cantidad	Días por semana	Horas por día	Horas por semana
Trabajadores	3	7	8	168*
Beneficio	1	7	6	42**
Secadores	1	7	12	84**
Horas Hombre de más				**42**

*Horas hombre generadas
**Horas requeridas por el equipo durante su funcionamiento.

Las 42 horas de más son necesarias ya que los secadores solares requieren de una persona que los mueva por lo menos una vez cada hora para propiciar el secado uniforme en todos los equipos y además el micro beneficio no se puede dejar solo funcionando, siempre debe haber alguien supervisando. En el cuadro 7.8 se ve el costo de tener estas tres personas operando, el cual se obtiene con el salario que establece el ministerio del trabajo de acuerdo a trabajos para operarios no calificados.

Cuadro 7.8. Costo de la mano de obra operativa para el funcionamiento del micro beneficio.

Número de operadores por turno	Turnos de día	Costo ponderado por operador, incluye cargas sociales (USD/h)	Costo anual de mano de obra operativa (USD)
3	1	2.35	20 586

Se presenta los gastos de servicio de planta. El micro beneficio consume agua y luz, no genera ninguna otra demanda para funcionamiento como lo pueden ser vapor, enfriamiento o algún otro que pueda considerarse. Inclusive, el desecho que más genera es broza, y esta se trata con gusanos para convertirla en abono orgánico y así generar más dinero con ella, se puede tratar para convertirla en combustible y sus mieles en alcohol. Existen varios usos para ésta, pero se sale de la cobertura de este trabajo de graduación y por ende solo se mencionan. El gasto del agua se obtuvo de las listas del MINAET, el tratamiento del agua se calculó con los índices del libro y el precio de la electricidad se obtiene de las listas de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP). En el cuadro siguiente se da el total de gastos de la empresa en requerimientos de servicios.

Cuadro 7.9. Requerimientos en servicios generales para funcionamiento del micro beneficio y sus valores anuales.

Servicio de planta	Costos unitarios típicos	Unidades	Requerimientos anuales	Unidades de los servicios anuales requeridos	Costo anual de los servicios (USD)
Electricidad.	0.242	USD/kWh	910	kWh	220
Tratamiento de aguas residuales	0.53	USD/m^3	660	m^3	350
Agua y uso general	1.90	USD/m^3	660	m^3	1 254

Para obtener los costos totales de producción es necesario tener los costos fijos de producción con producción cero, los costos variables, y los costos fijos de manufactura sin depreciación. En el siguiente cuadro se consignan estos valores, que son fundamentales para el cálculo posterior del costo, el ingreso, las utilidades y al final el tiempo en que se recupera la inversión. Como se dijo previamente, se ponen en el cuadro a continuación los valores mencionados:

Cuadro 7.10. Costos fijos de producción cero, costos de manufactura y costos fijos de manufactura sin depreciación.

COSTO	VALOR ANUAL (USD)
Costos fijos de producción con producción cero	9 111
Costos Variables	118 379
Costos fijos de manufactura sin depreciación	787

Se calcula entonces los gastos totales y los ingresos totales, esto con el fin de poder calcular el tiempo en que se recupera la inversión. En el cuadro 7.9 se puede encontrar el valor de los costos totales de producción y los ingresos por ventas del micro beneficio de café.

Cuadro 7.11. Dinero generado y requerido por el micro beneficio durante el primer año

RUBRO	CANTIDAD (USD)
Costos totales de producción sin depreciación	128 277
Ingresos por ventas	378 000
Utilidades	**249 723**

7.1.2. Estimación del retorno de la inversión.

Con estos costos y manteniendo fijo el valor del café por los próximos 5 años, se realiza el cálculo de la tasa interna de retorno. El valor del café se mantendrá fijo por la poca información de datos históricos de comportamiento en la forma en que se vende. En esa proyección a 5 años, los cambios que se darán en gastos son mínimos en comparación a los demás rubros, por lo que para efectos del cálculo de la prefactibilidad se omitirán. Las figuras a continuación dirán el tiempo en que se recupera la inversión, y además dirán la cantidad de kilogramos a producir de café pergamino seco por tiempo para la recuperación de la inversión. La figura 7.1 arroja el tiempo en que se recupera la inversión y se tiene a continuación.

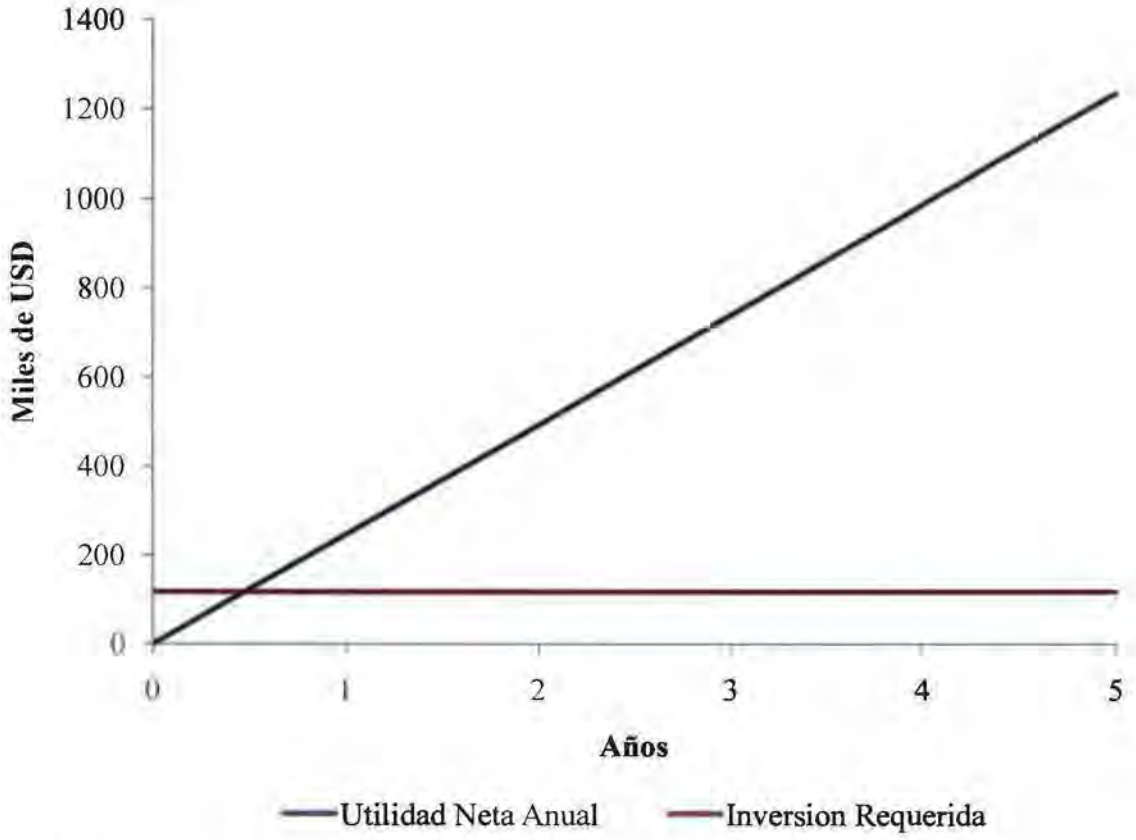


Figura 7.1. Determinación gráfica del tiempo en que se recupera la inversión

Si se igualan las ecuaciones de las rectas en la figura anterior las cuales son: Línea azul USD = $246.44t + 3x10^{-13}$, y línea roja: USD = $-2x10^{-14}\ t + 117.24$ se obtiene que el tiempo de

recuperación del capital es de menos de un año, es de 2.8 meses, pero la cosecha no es lineal, la cosecha comienza graneando los primeros meses del año, y se obtienen de octubre a diciembre aproximadamente 2.5 fanegas cada día, mientras que en el pico se dispara la producción a 23 fanegas por día. El cálculo del retorno a la inversión se hace muy difícil con este tipo de comportamientos.

El corto tiempo en que se recupera la inversión obliga a obtener otra manera de relacionar la producción con la recuperación de la inversión. Ese cálculo se presenta a continuación en una figura que muestra los USD producidos contra los kilogramos de café pergamino seco que se generen en el micro beneficio.

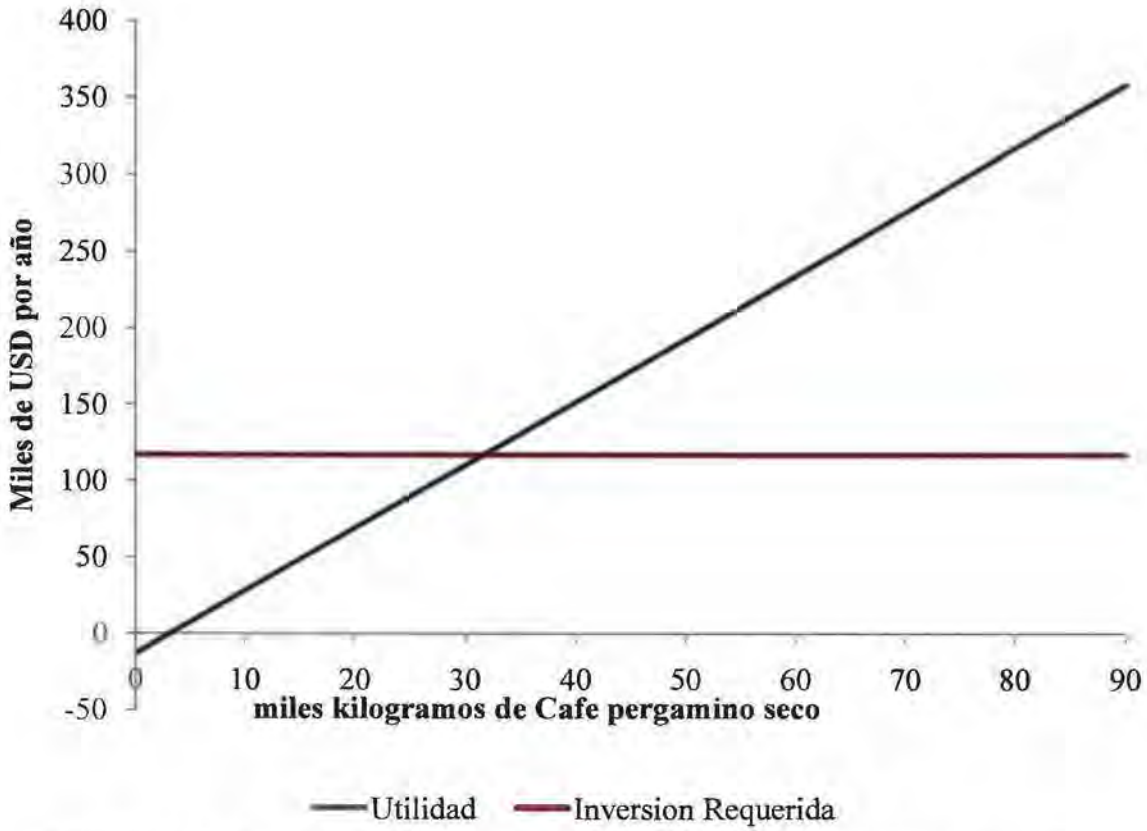


Figura 7.2. Determinación gráfica de los kilogramos de café pergamino seco necesarios para recuperar la inversión.

De la figura anterior se obtienen las ecuaciones de las rectas y son las siguientes: Ecuación de la recta de la línea azul: USD = 4.121K – 13.177, y ecuación de la recta de la línea roja:

USD = $-2x10^{-14}K + 117.24$ Teniendo esa rentabilidad, la inversión se recupera con los primeros 31 647 kg cps (660 sacos cps) producidos y esto representa en tiempo, la inversión de capital se recupera entre los 3 meses y 6 meses de la primera cosecha en que se produzca el café pergamino seco por el mismo caficultor. Pero se debe aclarar que para este tipo de zona (la Zona de Los Santos) por su altura sobre el nivel del mar, durante los días previos al pico, son de muy baja producción, mientras que los días del pico se dispara fuertemente. Este cálculo fue realizado con una finca que produce fuera del pico aproximadamente 2.5 fanegas diarias, y durante el pico esa producción aumenta a 23 fanegas diarias.

7.2. Ganancias en café cereza de la finca.

Para determinar qué tanto es el impacto que se tiene en el crecimiento de las ganancias en la finca al invertir en un micro beneficio, se procede a hacer el cálculo de las utilidades actuales de la cosecha las cuales comprenden el precio pagado en la actualidad por los beneficios de las grandes cooperativas y además la deducción por el costo en sí de la fanega.

Cuadro 7.12. Ganancias actuales de una finca con una producción de mil fanegas de café cereza al año.

Cantidad	Precio (CRC/Fan)	Costo (CRC/Fan)	Total (CRC)
1 000	90 000	34 000	56 000 000
		En USD	**112 000**

7.3. Escenarios eventuales que pueden llegar a afectar la recuperación de capital

Se procede a generar eventuales escenarios para el interesado en construir un micro beneficio en su finca, y entre las eventualidades que se dan es la caída de la producción del café y la caída del precio del café, cayendo tanto las primeras como las segundas. Se dan entonces tres escenario que son baja, media y alta, que se cumplen para ambos rubros y se determina en la caída de una sola y de ambas en cuanto tiempo se recupera la inversión. Todos estos eventuales escenarios que se propone evaluar, se calculan exactamente igual a como se calcularon los costos, las ventas y las utilidades de los precios que se dieron. Primero se definen los precios y los pesos que describen el escenario y se presentan en el cuadro 7.12

Cuadro 7.13. Valores de escenarios eventuales para caída de precio y producción de café.

Escenario	Valor de café primeras (USD)	Valor de café segundas (USD)	Producción
Esperado	300	240	100 %
Bajo	270	216	20 %
Medio	240	192	40 %
Alto	210	168	60 %

Se presenta entonces la disminución en el precio del café, manteniendo estable la producción de la finca, en condiciones ideales. La baja en los precios es un riesgo que se da debido a los movimientos de las bolsas de valores alrededor del mundo. Afortunadamente para este tipo de cafés el golpe no es tan fuerte. Igual se hace la evaluación de la caída y se obtienen los resultados que se presentan en el cuadro a continuación.

Cuadro 7.14. Recuperación de la inversión del micro beneficio de café con la caída de los precios en tres eventuales escenarios.

Escenarios	Esperado (USD) x 10^{-3}	Bajo (USD) x 10^{-3}	Medio (USD) x 10^{-3}	Alto (USD) x 10^{-3}
Costo Variable	1.88	1.88	1.88	1.88
Costo Fijo	13.18	13.18	13.18	13.18
Ganancias	378.00	340.20	302.40	264.60
Utilidades	246.44	208.64	170.84	133.04
Inversion	117.24	117.24	117.24	117.24
Recuperación (Años)	**1**	**1**	**1**	**1**

En el cuadro anterior se observa como a pesar de que el precio del café disminuye, la inversión se sigue recuperando en un año, Esto también genera esperanza en otros lugares en donde el café no tiene tan alta calidad y por ende tanto valor pero igual desean tener su propio medio de encadenamiento productivo.

Ahora se evaluará la caída de la producción del café. Este caso se puede dar por factores naturales como los son falta de lluvias durante el año o exceso de lluvias durante el año (El fenómeno del Niño y de la Niña). Fenómenos de este tipo afectan al cafeto, perjudicando la cantidad que éste es capaz de dar en un año. En el cuadro que se presenta a continuación se muestra este escenario.

Cuadro 7.15. Recuperación de la inversión del micro beneficio de café con la caída de la producción en tres eventuales escenarios.

Escenarios	Esperado (USD) x 10^{-3}	Bajo (USD) x 10^{-3}	Medio (USD) x 10^{-3}	Alto (USD) x 10^{-3}
Costo Variable	1.88	2.35	3.13	4.70
Costo Fijo	13.18	13.18	13.18	13.18
Ganancias	378.00	302.40	226.80	151.20
Utilidades	246.44	170.84	95.24	19.64
Inversion	117.24	117.24	117.24	117.24
Recuperación (años)	**1**	**1**	**2**	**6**

Puede verse que a pesar de la caída de un 20 % en la producción se recupera el capital en un año, pero para una caída del 40 % ya la recuperación del capital aumenta a dos años, y ese escenario no es imposible pues se dio con la venida de la roya en 2012 a Costa Rica. Para una caída del 60 % en producción se tarda cuatro años en recuperar la inversión.

Ahora se evaluarán los escenarios combinados, en los que el impacto bajo, medio y alto se dará en ambos por igual, así se determinará cuáles cuadros son completamente negativos para el pequeño y mediano caficultor costarricense. Se debe entender que no se evalúan las combinaciones de éstos, es decir, el precio en un riesgo alto con un riesgo medio de la producción, simplemente se dejan tanto el precio como la producción en un mismo escenario En el cuadro que se da a continuación se dan entonces los escenarios con la caída de ambos.

Figura 7.16. Recuperación de la inversión del micro beneficio de café con la caída del precio y la producción en tres eventuales escenarios.

Escenarios	Esperado (USD) x 10^{-3}	Bajo (USD) x 10^{-3}	Medio (USD) x 10^{-3}	Alto (USD) x 10^{-3}
Costo Variable	1.88	2.35	3.13	4.70
Costo Fijo	13.18	13.18	13.18	13.18
Ganancias	378.00	272.16	181.44	105.84
Utilidades	246.44	140.60	49.88	-25.72
Inversion	117.24	117.24	117.24	117.24
Recuperación (años)	**1**	**1**	**3**	**Irrecuperable**

El caso presentado en el cuadro anterior se pueden dar cuando una plaga ataca, ya que no solo cae la producción sino que el precio también se ve afectado; este a pesar de presentar un irrecuperable en el escenario alto combinado, es bueno, ya que una eventual escenario bajo se

recupera la inversión en un año, y en escenario medio en tres años. En caso de darse el escenario alto, es muy difícil que se mantenga durante más de dos años este fenómeno para que no se pueda recuperar la inversión.

CAPÍTULO VIII
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones que responden a los objetivos más importantes del presente proyecto, de acuerdo con los resultados obtenidos y la investigación llevada a cabo. Además, se presentan algunas recomendaciones producto del análisis y de las observaciones realizadas durante el desarrollo del mismo trabajo.

8.1. Conclusiones.

- En el país existen las fábricas para la consecución de los equipos necesarios, además de los equipos con las dimensiones suficientes para el procesamiento de 1 000 kg cc por hora, haciendo de este un proyecto viable técnicamente.

- Para satisfacer la demanda de secado de los granos de café, es necesario tener 8 secadores de 28 m^2 cada uno, secadores solares que mantendrán las buenas cualidades organolépticas del producto.

- Para poder procesar 1 000 kg/h de café cereza es necesario tener en el micro beneficio un recibidor con una capacidad de 10.9 m^3 y un tanque Cuba-Sifón de 1.1 m^3; además, para que el micro beneficio sea amigable con el ambiente se requiere un pequeño sistema con una bomba para recircular el agua del cuba sifón.

- Entre más equipos previos se den para el tratamiento del grano de café cereza, mayor será la cantidad de agua por utilizar, y por ende su impacto ambiental será más grande y negativo. Debido a esto, la tecnología colombiana los omite en su proceso.

- De acuerdo con las proyecciones, el proyecto es completamente viable económicamente hablando, debido a que produce ganancias por 249 723 USD en un año y permite procesar

1 000 fanegas en una cosecha. Además, se recupera la inversión en el primer año de funcionamiento, lo cual deja inclusive ganancias en ese mismo periodo fiscal.

- El proyecto es una inversión ventajosa para el desarrollo: el cafetalero que produce 1 000 fanegas al año pasa de generar con su finca 112 000 USD a 281 289 USD.

- El proyecto es en efecto un promotor del desarrollo porque genera empleos directos con sus respectivas prestaciones sociales, y además impulsa el café selecto generando avance por medio del crecimiento en calidad.

- A pesar de los tres escenarios negativos planteados (bajo, medio y alto) *(ver cuadro 7.12)*, el micro beneficio sigue recuperando la inversión, cuando desciende el precio: en los tres escenarios se da una recuperación en un año. Cuando baja la producción: en el escenario "bajo" se recupera la inversión en un año, en un escenario "medio" se recupera en dos años, y en un escenario alto en seis años. Cuando se combinan los efectos, en el escenario "bajo" se recupera en un año, en el escenario "medio" se recupera en tres años, y en el escenario "alto" se hace irrecuperable, pero se debe recordar que el comportamiento normal del café es: Si se da una merma en producción los precios suben, por ende este escenario es difícil vivirlo.

- Los costos directos totales del proyecto serán de 41 192 USD y los costos indirectos del proyecto serán de 24 395 USD. Debe recordarse que son estimaciones.

- Una finca que genera 1 000 fanegas al año de café cereza obtiene, en su proceso de beneficiado, un aproximado de 1 316 sacos de café pergamino seco y la calidad de la cogida, es decir, la cantidad de verdes y maduros está intrínsecamente relacionada con el desempeño de los recolectores a la hora de realizar su trabajo.

8.2. Recomendaciones.

- Antes de comprar cualquier equipo para hacer la inversión en el micro beneficio, se recomienda asesorarse bien, con gente que posea experiencia, preferiblemente otros cafetaleros que ya tengan el suyo funcionando.

- Se recomienda solicitar varias cotizaciones antes de hacer una inversión como ésta y además cerciorarse de que la empresa tenga la capacidad de entregar lo que ofrecen.

- Se le recomienda al caficultor ahorrar el dinero de la inversión, bien sea durante dos o tres años, para que no aumenten sus costos por incremento de tasas de interés o ampliación de tiempo de deuda.

- Se recomienda capacitar a los operarios del micro beneficio antes de su puesta en marcha para obtener mejores resultados durante las operaciones.

- Se recomienda mover constantemente el contenido de los secadores para asegurar la uniformidad de secado del grano durante este proceso.

- Se le recomienda a todo caficultor con producciones superiores a las 300 fanegas por año construir su propio micro beneficio, para que aumenten sus ganancias teniendo mayor participación en el valor agregado.

- Se le recomienda al caficultor comprar el café cereza de sus vecinos en las épocas que no son de pico, para aumentar sus ganancias vendiendo más sacos.

- Se recomienda al caficultor ser muy cuidadoso con el peso del café, tomando en cuenta a la hora de llenar los sacos el factor de humedad que puede llegar a tener el café después de un largo viaje por mar.

- Al caficultor se le recomienda usar secadores solares porque son muy económicos en construcción, fáciles de montar, hechos con materiales baratos, sencillos de conseguir y en su mayoría biodegradables.

- Se le recomienda al caficultor interesado en construir su micro beneficio, buscar equipos que tengan los últimos avances para su época en materia ambiental, como por ejemplo, que consuman menos recursos como agua y electricidad.

- Se le recomienda al caficultor que desea el desarrollo económico de su familia, emplear en el micro beneficio a sus allegados, para que los salarios que éste paga sean devengados por estos, mejorando así calidad de vida familiar.

- Se recomienda al caficultor asesorarse bien en materia de micro beneficios antes de construir el propio, preguntando a personas que ya tienen el propio sobre experiencias previas y sobre los negocios que el café pergamino seco le habrá de conseguir.

CAPÍTULO IX
BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, G. (1996). Tesis para optar por al grado académico de Licenciatura en Ingeniería Agrícola. *Análisis de las etapas y procesos del beneficio de café (Coffea arabica) en Costa Rica.* San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Álvarez, J., Álvarez, J., Oliveros, C., Ramírez, C., & Oliveros, C. (Julio de 1995). Desmucilaginadores mecánicos de café. *Avance Técnico.* Chinchiná, Colombia: CENICAFÉ.

Araya, M. A. (2009). *Costos de beneficiado de café aceptados por LEY N°2762 Cosecha 2008-2009.* San José: Instituto del Café Costarricense.

Asamblea Legislativa. (1996). *Ley Orgánica del Ambiente.* Recuperado el 15 de Junio de 2013, de http://www.ifam.go.cr/PaginaIFAM/docs/PRODUCTOS%20FOMUDE%202006-2011/R3-Productos/P24%20T%C3%A9cnico%20en%20Gesti%C3%B3n%20Ambiental/Curso%202/Documentos/Legislacion/Ley%20Organica%20del%20Ambiente.pdf

Barquero, M. (Agosto de 2012). *Costa Rica Home Page.* Recuperado el 10 de Octubre de 2013, de http://www.costaricahomepages.com/es/index.php?option=com_content&task=view&id=34&Itemid=29

Barrantes, M. (2009). Cochinillas radicales del café. *Revista Informativa ICAFE*, 7-9.

Barrantes, M. (2009). Control de Jobotos en Café nuevo. *Revista Informativa ICAFE*, 6-9.

Bustillo, A. D. (2007). *El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia.* Chinchiná: CENICAFÉ.

Cadena, G. (1982). *Enfermedades Foliares del Cafeto.* Chinchina: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

Carlos Rivillas Osorio, C. S. (Febrero de 2011). La Roya del Café en Colombia. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Castro, Á., & Rivillas, O. (2003). *Manejo sostenible de la Llaga Macana en cafetales renovados por zoca* . Chinchiná: FNC-Cenicafé.

Castro, B. L. (1998). *Incidencia de Macana debido a la poda de ramas bajeras en árboles de café.* Chinchiná: FNC-Cenicafé.

CENICAFE. (1999). *Beneficiado de Café I: Despulpado, Remoción del mucílago y Lavado.* Chinchiná: CENICAFE.

ICAFE. (1996). Recuperado el 20 de 12 de 2012, de Ley Orgánica del Ambiente. Ley 7554: www.icafe.go.cr/icafe/ley2762.html

ICAFE. (2010). *Estadísticas del Icafé.* Recuperado el 11 de Octubre de 2013, de http://www.icafe.go.cr/sector_cafetalero/estadsticas/estadisticas.html

Instituto del Café de Costa Rica. (2010). *Informe sobre la actividad cafetalera de Costa Rica.* San José: Instituto del Café de Costa Rica.

Isaza, J., López, U., Rodríguez, N., & Zambrano, D. (2009). Tratamiento de aguas residuales del lavado del café. Chinchiná, Caldas, Colombia: CENICAFE.

López, U., Rodríguez, N., & Zambrano, D. (2011). *Contruya su tanque tina para la fermentación y el lavado del café.* Chinchiná: Cenicafe.

Mairena, E. (1997). Análisis de la maquinaria y secuencia de operación empleada para la preparación de café oro (Coffea Arabica) en un beneficio a gran escala en Costa Rica. *Tesis para acceder al grado de licenciatura. Ingeniería Agrícola.* San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.

Menchú, J. (1973). Manual práctico de beneficios del café. *Boletín # 13*, Pag. 96.

MINAE-S. (2007). *Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales.* Recuperado el 18 de Agosto de 2013, de http://www.drh.go.cr/textos/Leyes/D-26042.pdf

Miranda, M. B. (2007). Algunas consideraciones sobre el Ojo de Gallo. *Rivista informativa ICAFE*, 16.

Montero, A., Sandí, J., & Zúñiga, C. (2007). Terrazú y Orosi: Cambios en la cadena de comercialización del café y estrategias ante la liberalización del mercado, 1989-2006. *Revista de Historia*(55-56), 99-17.

Montoya, E. C. (1999). Caracterización de la infestación del café por La Broca y efecto del daño en la calidad de la bebida. *Revista Cenicafé*, 245-258.

Mora, J. Q. (2006). Análisis beneficio-costo y cuantificación de la energía invertida en sistemas de caficultura campesina en Puriscal, Costa Rica. *Agronomía costarricense, 30*(2), 71-82.

Moya, N., Oliveros, C., & Ramírez, C. (2001). *Nueva despulpadora para una caficultura competitiva.* Chinchiná: CENICAFE.

Naranjo, C. (2007). Los sistemas del beneficiado del café costarricense: 1830-1914. *Revista de Historia*(55-56), 39-71.

Oliveros, C., Peñuela, A., Ramírez, C., & Sanz, J. (2008). *Secador Parabólico Mejorado.* Chinchiná: CENICAFE.

Peters, M., & Timmerhaus, K. (2003). *Plant design and economics for chemical engineers* (5ta ed.). Boston: McGraw-Hill.

Pose, A. (2006). La ruta del café. *Revista Neo, 2*(06), 17-23.

Rivillas, C. A., & Castro, Á. M. (2011). *Ojo de Gallo o Gotera del Café.* Chinchiná: FNC-Cenicafé.

Rodríguez, N. (2011). Procesamiento del café en Colombia y uso actual de los subproductos. Chinchiná, Caldas, Colombia: FEDERACAFÉ.

Rojas, M. (2010). Nemátodos del Café. *Revista informativa ICAFE*, 8-11.

Sanz, D. (25 de Enero de 2013). *Cambio Climático.* Obtenido de Climatocambio: http://climaticocambio.com/la-roya-una-amenaza-para-el-cafe-por-el-calentamiento-global/

Sanz, J. (Abril de 1996). Transporte de pulpa de café a los procesadores mediante tornillo sin fin. Chinchiná, Caldas, Colombia: CENICAFÉ.

Wilbaux, R. (1962). *Ingeniería rural: El beneficio de café.* Organización de las Naciones Unidas, Roma.

NOMENCLATURA

D	Diámetro exterior, m.
F	Fuerza Tangencial, N.
H	Diferencia de altura o carga hidráulica, m.
HR	Humedad Relativa, %
K	Peso, kg.
L	Longitud total, m.
Le	Longitud efectiva rosca, m.
P	Presión estática, kPa.
R	Radio externo, m.
a	Aceleración angular
cb	Café en baba.
cc	Café cereza.
cph	Café pergamino húmedo.
cps	Café pergamino seco.
cv	Café verde.
d	Diámetro interior, m.
fan	Fanega.
g	Aceleración de la gravedad, m/s^2.
h	Altura, mm.
m	Masa de la partícula, kg.
p	Diámetro del eje, mm.
r	Radio interno, m.
r_g	Radio de giro, m.
ρ	Densidad, kg/m^3.

Sub índices

g	Giro.

APÉNDICES

APÉNDICE A
CUADROS DE DATOS

A.1 Datos para balance de masa y dimensionamiento.

Cuadro A.1. Índices de extracción de materia a la baya de café hecha por cada equipo y proceso hasta llegar al café pergamino seco, tomada en relación con el café cereza. (Rodríguez, 2011)

PROCESO	ÍNDICE
Separación Cuba Sifón	0.050
Despulpado	0.436
Desmucilaginado	0.149
Secado	0.171

Cuadro A.2. Requerimiento de agua por equipo para el proceso.

PROCESO	RAZÓN	UNIDADES
Tanque Cuba Sifón (Alimentación)	1	m^3/d
Tanque Cuba Sifón (Recirculación)	4	kg/kg de cc
Lavadora	1	kg/kg de cps
Tanque de fermentado	4.13	kg/kg de cps

Cuadro A.3. Propiedades físicas utilizadas.

PROPIEDAD	CANTIDAD	UNIDADES
Densidad del agua	1	kg/m^3

A.2 Datos para prefactibilidad financiera.

Cuadro A.4. Factores recomendadas por el libro *"Plant Design and Economics for Chemical Engineers"* en su capítulo VI para el cálculo de los costos directos del proyecto en plantas que tratan materia prima sólida.

COSTOS DIRECTOS	FACTOR
Tuberías y accesorios instalados	0.08
Edificaciones	0.25
Acondicionamiento de terrenos y urbanización	0.15

Cuadro A.5. Factores recomendados por el libro *"Plant Design and Economics for Chemical Engineers"* en su capítulo VI para el cálculo de los costos indirectos del proyecto en plantas que tratan materia prima sólida

COSTOS INDIRECTOS	FACTOR
Ingeniería y supervisión	0.33
Gastos de construcción	0.39
Gastos legales en Costa Rica	0.10
Contingencias	0.35

Cuadro A.6. Factores recomendados por el libro *"Plant Design and Economics for Chemical Engineers"* en su capítulo VI para el cálculo de los costos variables en la inversión del capital fijo en plantas que tratan materia prima sólida.

ITEM	FACTOR
Supervisión Operacional	0.15
Mantenimiento y reparaciones	0.06
Suministros operacionales y repuestos	0.15

Cuadro A.7. Factores recomendados por el libro *"Plant Design and Economics for Chemical Engineers"* en su capítulo VI para el cálculo de los costos fijos en la inversión del capital en plantas que tratan materia prima sólida.

ITEM	FACTOR
Impuesto a la propiedad (Costa Rica)	0.002
Seguros	0.01

Cuadro A.8. Factores recomendados por el libro *"Plant Design and Economics for Chemical Engineers"* en su capítulo VI para el cálculo de los gastos generales de administración en plantas que tratan materia prima sólida.

ITEM	FACTOR
Administración	0.2
Distribución y ventas	0.05

Cuadro A.9. Costos de ubicación e instalación de equipos no contemplados con el método propuesto por el libro *"Plant Design and Economics for Chemical Engineers"*.

ITEM	VALOR USD
Transporte de equipo a sitio	350*
Costo de instalación de equipos	438**

*Tomado de cotizaciones a empresas que rentan camiones.

**Por el costo del equipo la empresa que lo vende da la instalación, pero hay que darle la comida y la dormida durante 5 días que tardan a los obreros que lo hacen.

Cuadro A.10. Costo de extracción de una fanega.

RUBRO	COSTO (USD)
Agroquímicos	20.58
Recolección	48.39

APÉNDICE B

CÁLCULOS INTERMEDIOS

Cuadro B.1. Densidad del Café Cereza (cc).

TIPO	DENSIDAD (kg/m^3)
Café Cereza	645

Cuadro B.2. Recirculación necesaria de agua en el tanque Cuba-Sifón.

EQUIPO	FLUJO RECIRCULADO (kg/h)
Café Cereza	4 000

Cuadro B.3. Masa de café cereza a despulpar en las chancadoras.

EQUIPO	FLUJO RECIRCULADO (kg/h)
Chancadora de primeras	800
Chancadora de segundas	200

Cuadro B.4. Volumen de café y de agua que ocupan al cuba-sifón al mismo tiempo.

SUSTANCIA	VOLUMEN (m^3)
Café	0.27
Agua	0.70

Cuadro B.5. Costo de equipos individuales, cantidad necesaria y total de costo.

EQUIPO	COSTO UNIDAD (USD)	CANTIDAD REQUERIDA	TOTAL (USD)
SECADORES	377.77	9	3 400.
TANQUES DE FERMENTACIÓN	400.00	2	800

Cuadro B.6. Costo de manutención de 2 obreros instaladores del microbeneficio durante 5 días.

EQUIPO	COSTO VIÁTICO (USD)	CANTIDAD REQUERIDA	TOTAL (USD)
Comida	10.00	30	300
Hospedaje	17.25	8	138

APÉNDICE C
MUESTRA DE CÁLCULO

C.1. Cálculo de dimensiones de equipos.

C.1.1. Volumen del recibidor

Se calcula el volumen necesario del recibidor tomando del cuadro 2.2, columna 3, fila 2 la equivalencia en peso de una fanegas de café, se usan 1 050 kg de café por hora, usan las 6 horas diarias que funcionará el beneficio y se usa del cuadro 2.1, columna 3, fila 2 el volumen en m^3 equivalentes a una fanega. Se usa un factor de seguridad del 10 % para dimensionar.

$$\frac{\left(flujo\ cc * \frac{Horas\ de\ trabajo}{\mathrm{d}} * \frac{1\ fan}{258\ \mathrm{kg}} * día * \frac{0.4\ \mathrm{m}^3}{1\ fan}\right)}{(1 - factor\ de\ seguridad)} = Volumen \quad \text{(C.1)}$$

Y se obtiene:

$$\frac{\left(1\,050\ \frac{\mathrm{kg}\ cc}{\mathrm{h}} * 6\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{d}} * \frac{1\ fan}{258\ \mathrm{kg}} * 1\ día * \frac{0.4\ \mathrm{m}^3}{1\ fan}\right)}{(1 - 0.10)} = 10.9\ \mathrm{m}^3$$

Se consigna el resultado en el cuadro 6.1, columna 3, fila 2.

C.1.2. Cálculo del volumen del Cuba-Sifón.

Para el cálculo del volumen se usa la siguiente ecuación:

$$(Volumen\ de\ café + Volumen\ de\ agua) * (1 + fs) = Volumen\ de\ Cuba - Sifón \quad \text{(C.2)}$$

Tomando el volumen de café del cuadro B.4, columna 2, fila 2 y el volumen de agua del cuadro B.4, columna 2, fila 3 con un factor de seguridad del 10 % y se obtiene:

$$(0.27\ \mathrm{m}^3 + 0.7\ \mathrm{m}^3) * (1 + 0.1) = 1.1\ \mathrm{m}^3$$

Este resultado se consigna en cl cuadro 6.1, columna 3, fila 3.

El volumen del café para este equipo se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{flujo\ café\ entra * \frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}} * tiempo\ de\ residencia}{\rho_{cc}} = Volumen\ cc \qquad \text{(C.3)}$$

Con la ecuación C.3, tomando el flujo de café cereza del cuadro 6.1, columna 2, fila 3, el tiempo de residencia se toma teórico, y este está en la sub-sección 6.1.2, la densidad del café cereza está en el cuadro B.1, columna 2, fila 2, y se aplica quedando:

$$\frac{1\,050\ \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}} * 10\ \text{min}}{645\ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.27\ \text{m}^3$$

Este resultado se consigna en el cuadro B.4, columna 2, fila 2.

Para el cálculo del volumen de agua que requiere el Cuba-Sifón durante la residencia del café en el proceso de recirculación se usa la ecuación a continuación:

$$\frac{flujo\ café\ entra * \frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}} * tiempo\ de\ residencia * razón}{\rho_{agua}} = Volumen\ agua \qquad \text{(C.4)}$$

Con la ecuación C.4, tomando el flujo de café que entra del cuadro 6.1, columna 2, fila 3, el tiempo de residencia se toma teórico, y este está en la sub-sección 6.1.2, la densidad del agua está en el cuadro A.3, columna 2, fila 2:

$$\frac{1\,050\ \frac{\text{kg}\ café\ entra}{\text{h}} * \frac{1\ \text{h}}{60\ \text{min}} * 10\ \text{min} * 4\ \frac{\text{kg}\ agua}{\text{kg}\ café\ entra}}{1\,000\ \frac{\text{kg}\ agua}{\text{m}^3}} = 0.70\ \text{m}^3$$

El resultado se consigna en el cuadro B.4, columna 2, fila 3.

C.1.3. Cálculo de área de secadores solares.

Para el cálculo de los secadores se usa la siguiente ecuación:

$$\frac{flujo\ cps * \frac{Horas\ de\ uso}{día} * días\ que\ tarda\ en\ secar * razón\ de\ secado}{Área\ del\ secador} \qquad \text{(C.5)}$$

Tomando el flujo del café del cuadro 6.1, columna 2, fila 8, las horas de uso del capítulo 6, segundo párrafo, los días que tarde en secar de la sub-sección 3.10.2, párrafo 3, la razón de área

por kilogramo de café se encuentra también en el mismo párrafo del anterior, y el área del secador se toma de la sub-sección 6.1.7 dando la siguiente ecuación:

$$\frac{195.2\,\frac{\text{kg}\,cc}{\text{h}} * \frac{6\,\text{h}}{\text{d}} * 6\,\text{d} * \frac{1.5\,\text{m}^2}{62.5\,\text{kg}\,cc}}{28\,\text{m}^2} = 6.02\,secadores$$

Se consigna el resultado en el cuadro 6.1, columna 3, fila 8.

Para el secador de segundas se usa la misma ecuación, pero el flujo de café cereza se toma del cuadro 6.1, columna 2, fila 11.

$$\frac{48.8\,\frac{\text{kg}\,cc}{\text{h}} * \frac{6\,\text{h}}{\text{d}} * 6\,\text{d} * \frac{1.5\,\text{m}^2}{62.5\,\text{kg}\,cc}}{28\,\text{m}^2} = 1.5\,secadores$$

El resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 11.

C.2. Cálculo de la entrada y salida de sólidos.

El primer paso para realizar el balance de masa es la base de cálculo. De los 1 000 kg de café cereza pasados a la chancadora de primeras se parte para atrás del proceso y para adelante.

C.2.1. Entrada y salida de granos y basurilla al Cuba-Sifón

Separación de café y basuras en el Cuba-sifón. De la teoría se sabe que trae un 5 % en peso más en basuras a este equipo. Para calcular la entrada:

$$flujo\ cc * (1 + 0.05) = flujo\ que\ entra\ al\ Cuba - Sifón \qquad \text{(C.6)}$$

Con

La ecuación C.6, y el dato de la masa del café cereza que está en el cuadro 6.1, columna 2, fila 4 se obtiene:

$$1\,000\,\frac{\text{kg}}{\text{h}} * (1 + 0.05) = 1\,050\,\frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

El resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 3

Como salida del café se tiene la base de cálculo, la cual son 1 000 kg/h, la salida de la basura se calcula con la siguiente ecuación:

$$flujo\ de\ entrada\ al\ Cuba_sifón - flujo\ cc = basura \qquad \text{(C.7)}$$

Y con estos valores que se consignan en el cuadro 6.1, columna 2, fila 3 se obtiene:

$$1\,050\frac{\text{kg}}{\text{h}} - 1\,000\frac{\text{kg}}{\text{h}} = 50\frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Este resultado se consigna en el Cuadro 6.1, columna 2. Fila 3.

C.2.2. Entrada y salida de sólidos de la chancadora de primeras.

La entrada de café a la chancadora como se dijo previamente son los 1 000 kg/h. Para la salida de café se debe tener en cuenta el 20 % de granos verdes (segundas) que se menciona en la subsección 6.1.7, queda entonces la siguiente ecuación:

$$flujo\ cc * (1 - 0.2) = flujo\ cc\ de\ primeras \qquad \text{(C.8)}$$

Utilizando la ecuación C.8, y los valores consignados en el cuadro 6.1, columna 2, fila 4 se obtiene:

$$1\,000\frac{\text{kg}}{\text{h}} * (1 - 0.2) = 800\frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Este resultado se consigna en el cuadro B.3, columna 2, fila 2.

Estos 800 kg/h son los que se chancan en este equipo. La ecuación que se plantea a continuación es la que da la producción de café en baba, tanto de la chancadora de primeras como el de segundas.

$$flujo\ cc * (1 - índice\ de\ extracción) = flujo\ bb \qquad \text{(C.9)}$$

Se toma entonces del cuadro B.3, columna 2, fila 2 la cantidad de café cereza y del cuadro A.1, columna 2, fila 3 el índice de extracción:

$$800\frac{\text{kg}}{\text{h}} * (1 - 0.436) = 451.2\frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 4, De igual manera se procede para calcular el café en baba producido por la chancadora de segundas, sólo que se toma del Cuadro B.3, columna 2, fila 3 la cantidad de café cereza, y se consigna el resultado en el cuadro 6.1, columna 2, fila 11.

Para la cantidad de broza que sale se usa la siguiente ecuación:

$$flujo\ cc * índice\ de\ extracción = flujo\ broza \qquad (C.10)$$

Se toma entonces del cuadro B.3, columna 2, fila 2 la cantidad de café cereza y del cuadro A.1, columna 2, fila 3 el índice de extracción y se aplica la ecuación C.10:

$$800\frac{kg}{h} * 0.436 = 348.8\frac{kg}{h}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 4, De igual manera se procede para calcular la broza producida por la chancadora de segundas, sólo que se toma del Cuadro B.3, columna 2, fila 3 la cantidad de café cereza, y se consigna el resultado en el cuadro 6.1, columna 2, fila 11.

C.2.3 Entrada y salida de sólidos de la criba.

Para la entrada de la criba:

$$flujo\ cv + flujo\ cb = flujo\ entrada\ criba \qquad (C.11)$$

Los datos para este cálculo salen del cuadro 6.1, columna 2, fila 4.

$$200\frac{kg}{h} + 451.2\frac{kg}{h} = 651.2\frac{kg}{h}$$

Y se consigna el resultado en el cuadro 6.1, columna 2, fila 5.

La salida de sólidos no es más que cada una de las partes (sumandos) de la ecuación C.11 y se consignan igual en el cuadro 6.1, columna 2, fila 5.

C.2.4. Entrada y salida de sólidos y residuos de la lavadora.

Para el cálculo de desprendimiento de materia del grano en la desmucilaginadora se usa la siguiente ecuación:

$$flujo\ cb - (flujo\ cc * indice\ de\ extracción) = flujo\ cph \qquad (C.12)$$

Tomando del cuadro 6.1, columna 2, fila 5 la cantidad de café en baba, del cuadro B.3, columna 2, fila 2 la masa de café en baba del cuadro A.1, columna 2, fila 4 el índice de extracción para el desmucilaginado se da el siguiente ejemplo aplicando la ecuación C.12:

$$451.2\,\frac{\text{kg}}{\text{h}} - \left(800\,\frac{\text{kg}}{\text{h}} * 0.149\right) = 332.0\,\frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 6, de igual manera se procede para calcular los kg/h de café pergamino húmedo que sale del tanque fermentador.

La salida de mucílago y agua se calcula de la siguiente manera:

$$flujo\ Agua\ entra + (flujo\ cc * índice\ de\ extracción) = flujo\ residuo \qquad \text{(C.13)}$$

Con esta ecuación y tomando los datos de la masa de agua requerida del cuadro 6.1, columna 2, fila 5 y la masa de café cereza del cuadro B.3, columna 2, fila 2 se proporciona el siguiente ejemplo:

$$195.2\,\frac{\text{kg}}{\text{h}} + \left(800\,\frac{\text{kg}}{\text{h}} * 0.149\right) = 314.4\,\frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

El resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 6.

C.2.5. Entrada y salida de café y broza de la chancadora de segundas.

Para el cálculo del café en baba que sale de esta chancadora se debe usar la ecuación C.8. El café cereza verde (segundas) está en el cuadro 6.1, columna 2, fila 5 y el índice de extracción se obtiene del cuadro A.1, columna 2, fila 3. Con esto se obtiene así el siguiente resultado:

$$200\frac{\text{kg}}{\text{h}} * \left(1\frac{\text{kg}}{\text{k}} - 0.436\right) = 112.8\frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 9

Y la salida de broza se calcula con la ecuación C.9, el café cereza verde (segundas) está en el cuadro 6.1, columna 2, fila 5 y el índice de extracción se obtiene del cuadro A.1, columna 2, fila 3. Obteniéndose el siguiente resultado:

$$200\frac{kg}{h} * 0.436 = 87.2\frac{kg}{h}$$

Se consigna este resultado en el cuadro 6.1, columna 2, fila 9.

C.2.6. Entrada y salida de sólidos y residuos del tanque fermentador.

Usando la ecuación C.12, tomando del cuadro 6.1, columna 2, fila 9 la cantidad de café en baba, del cuadro B.3, columna 2, fila 3 la cantidad de café cereza y del cuadro A.1, columna 2, fila 4 el índice de extracción se obtiene:

$$112.8\frac{kg}{h} - \left(200\frac{kg}{h} * 0.149\right) = 83.0\frac{kg}{h}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 10.

Los residuos se calculan con la ecuación C.9, tomando del cuadro B.3, columna 2, fila 3 la cantidad de café cereza, del cuadro A.1, columna 2, fila 4 el índice de extracción, y del cuadro 6.1, columna 2, fila 10 la cantidad de agua, dando entonces:

$$201.4\frac{kg}{h} + \left(200\frac{kg}{h} * 0.149\right) = 231.3\frac{kg}{h}$$

El resultado se tabula en el cuadro 6.1, columna 2, fila 10.

C.2.7. Entrada y salida de materia al tornillo sin fin.

La entrada al tornillo sin fin se da con la siguiente ecuación:

$$flujo\ broza + flujo\ desecho\ lavadora = flujo\ que\ entra\ y\ sale\ tornillo \qquad (C.14)$$

Del cuadro 6.1, columna 2, fila 4 se obtiene la broza de la chancadora de primeras, del mismo cuadro, columna 2, fila 9 la broza de la chancadora de las segundas y de del cuadro 6.1, columna 2, fila 6 la masa de desecho. Aplicando todo esto a la ecuación C.14 se obtiene:

$$348.8\frac{kg}{h} + 87.2\frac{kg}{h} + 314.4\frac{kg}{h} = 750.4\frac{kg}{h}$$

El resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 7. A este equipo todo lo que le entra le sale íntegro, solo transporta, por ende es el mismo cálculo y el mismo resultado.

C.2.8. Entrada y salida de masa a los secadores de café.

La masa de café que sale de los secadores se calcula con la siguiente ecuación:

$$flujo\ cph - (flujo\ cc * indice\ de\ extracción) = flujo\ cph \qquad \text{(C.15)}$$

Del cuadro 6.1, columna 2, fila 6 se toma la masa de café pergamino húmedo, del cuadro B.3, fila 2, columna 2 se toma la masa de café cereza y del cuadro A.1, columna 2, fila 5 se toma el índice de extracción. Aplicando la ecuación C.15 se obtiene:

$$332.0\,\tfrac{kg}{h} - \left(800\,\tfrac{kg}{h} * 0.171\right) = 195.2\,\tfrac{kg}{h}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 8.

Para el secador de segundas se usa la misma ecuación C.15, los datos se toman del cuadro 6.1, columna 2, fila 10 se toma la masa de café pergamino húmedo, del cuadro B.3, columna 2, fila 3, se toma la masa de café cereza y del cuadro A.1, columna 2, fila 5 se toma el índice de extracción y así se da:

$$83.0\,\tfrac{kg}{h} - \left(200\,\tfrac{kg}{h} * 0.171\right) = 48.8\,\tfrac{kg}{h}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 11.

C.3 Cálculo de entradas y salidas de agua.

C.3.1 Entrada de agua del Cuba-sifón (Alimentación).

Para el cuba-sifón se toma en cuenta la demanda diaria del equipo, ver en Cuadro A.2, columna 2, fila2 y se divide entre las horas de su uso diarias, luego se multiplica por la densidad del agua:

$$\frac{Demanda\ diaria}{horas\ de\ uso\ por\ día} * densidad\ del\ agua = consumo\ por\ hora \qquad \text{(C.16)}$$

Se usa esta ecuación y se calcula la entrada de agua del cuba sifón, las horas por día que se usa el tanque se encuentran en el capítulo 6, párrafo 2, la densidad del agua está en el cuadro A.3, columna 2, fila 2.

$$\frac{1\,\frac{m^3}{d}}{6\,\frac{h}{d}} * 1\,000\,\frac{kg}{m^3} = 166.7\,\frac{kg}{h}$$

El resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 3.

C.3.2 Recirculación de agua en el Cuba-Sifón.

Para la recirculación de agua en el tanque Cuba-Sifón se usa la ecuación C.17.

$$flujo\ cc * factor\ de\ demanda = cantidad\ agua\ requerida \qquad (C.17)$$

Aplicando la ecuación se toma la masa del café cereza del cuadro 6.1, columna 2, fila 3, el factor de demanda sale del cuadro A.2, columna 2, fila 2

$$1\,000\frac{kg\ cc}{h} * 4 = 4\,000\frac{kg\ agua}{h}$$

El resultado se consigna en el cuadro B.2, columna 2, fila 2.

C.3.3 Entrada de agua de la lavadora

Para la lavadora se usa una ecuación muy similar a la C.13:

$$flujo\ cps * factor\ de\ demanda = flujo\ agua\ requerido \qquad (C.18)$$

Con la ecuación C.18, el factor de demanda se toma del cuadro A.2, columna 2, fila 4, se toma el café pergamino seco producido, este valor está en el cuadro 6.1, columna 2, fila 8. Aplicando:

$$195.2\,\frac{kg}{h} * 1 = 195.2\,\frac{kg}{h}$$

El resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 6.

C.3.4 Entrada de agua para el tanque fermentado.

Con la misma ecuación C.18 se calcula la demanda de agua de este equipo, la masa de café se obtiene del cuadro 6.1, columna 2, fila 11, el factor de demanda se toma del cuadro A.2, columna 2, fila 5.

$$48.8\frac{\text{kg}}{\text{h}} * 4.13 = 201.5\frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 6.1, columna 2, fila 10.

C.4. Cálculos financieros.

C.4.1.Costos de los equipos.

Para el costo de equipos que se requieren más de uno se usó la siguiente ecuación:

$$Precio\ de\ equipo * Cantidad\ requerida = Costo \qquad \text{(C.19)}$$

Utilizando esta ecuación, se calcula el costo tanto de los secadores como de los tanques de fermentado, se procede con un ejemplo (el cálculo de los tanques fermentadores). Se toma el costo del cuadro B.5, columna 2, fila 3, la cantidad requerida del cuadro B.5, columna 3, fila 3, empleando la ecuación C.19 y se obtiene:

$$400\ \text{USD} * 2 = 800\ \text{USD}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 7.1, columna 2, fila 6. De la misma manera se hace para el cálculo del costo de los secadores.

Para el costo total del microbeneficio se usa la siguiente ecuación:

$$\sum Costo\ de\ cada\ equipo = Costo\ total\ de\ equipamiento \qquad \text{(C.20)}$$

Los valores se toman del cuadro 7.1, columna 2, filas de la 2 a la 7, se aplica la ecuación C.19 y se obtiene:

$$10\,993\ \text{USD} + 2\,500\ \text{USD} + 2\,000\ \text{USD} + 3\,400\ \text{USD} + 800\ \text{USD} + 800\ \text{USD} = 20\,493\ \text{US} \approx 20\,500\ \text{USD}$$

El resultado se consigna en el cuadro 7.1, columna 2, fila 9, y en el cuadro 7.2, columna 2, fila 2

C.4.2.Cálculo costos directos del proyecto.

Para el cálculo del equipo en el sitio se usa la siguiente ecuación:

$$Costo\ de\ equipo + Valor\ de\ transporte = Costo\ equipo\ en\ el\ sitio \quad (C.21)$$

Tomando el valor del costo del equipo del cuadro 7.2, columna 2, fila 2, y el costo del transporte del cuadro A.9, columna 2, fila 2 para aplicar la ecuación C.21 se obtiene:

$$20\ 500\ \text{USD} + 350 = 20\ 850\ \text{USD}$$

Los costos directos del se calculan usando la siguiente ecuación:

$$Costo\ de\ equipos\ en\ sitio * factor = Valor\ del\ costo\ directo \quad (C.22)$$

Se toma el factor del cuadro A.4, columna 2, fila 2, el costo de equipos del cuadro 7.2, columna 2, fila 2 y se hace el cálculo del costo de las edificaciones:

$$20\ 850\ \text{USD} * 0.25 = 5\ 213\ \text{USD}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 7.2, columna 2, fila 7. De igual manera se calculan los siguientes costos directos: Tuberías y accesorios y acondicionamiento de terrenos.

El costo de instalación de equipos se calcula de la siguiente manera:

$$Costo\ Viático * Cantidad\ requerida = Costo\ total \quad (C.23)$$

En el cuadro B.6 se ve el valor de la comida y el hospedaje del operario, se ejemplificará la comida de los obreros, del mismo cuadro, de la columna 2, fila 2 se toma el costo del viático, y del mismo cuadro, columna 3, fila 2 se toma la cantidad requerida. Aplicando ecuación C.23 se tiene:

$$10\ \text{USD} * 30 = 300\ \text{USD}$$

El costo total de viáticos requeridos para los obreros que instalan es la suma total de los viáticos requeridos:

$$\sum Viáticos\ individuales = Viáticos\ totales \quad (C.24)$$

Del cuadro B.6, columna 4, filas 2 y 3 se toman los valores para totalizarlos:

$$300\ \text{USD} + 138\ \text{USD} = 438\ \text{USD}$$

Este resultado se encuentra en el cuadro 7.2, columna 2, fila5.

Para el total de costos directos se usa la siguiente ecuación:

$$\sum Costo\ directo = Total\ costos\ directos \qquad \text{(C.25)}$$

Se toma la ecuación C.25, y los valores del cuadro 7.2, columna 2, de la fila 4 a la fila 9 y se obtiene:

$$20\,850\ \text{USD} + 438\ \text{USD} + 1\,564\ \text{USD} + 5\,213\ \text{USD} + 3\,128\ \text{USD} + 10\,000\ \text{USD} = 41\,192\ \text{USD}$$

Este valor se consigna en el cuadro 7.2, columna 2, fila 10.

C.4.3. Cálculo de costos indirectos del proyecto.

Para el costo indirecto se tiene la siguiente ecuación:

$$Costo\ de\ equipos\ en\ sitio * factor = Valor\ del\ costo\ directo \qquad \text{(C.26)}$$

Tomando del cuadro 7.2, columna 2, fila 4 el costo del equipo en el sitio, y del cuadro A.5, columna 2, fila 2 se calcula el costo de la supervisión:

$$20\,850\ \text{USD} * 0.33 = 6\,881\ \text{USD}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 7.3, columna 2, fila 2. Los gastos de construcción, gastos legales en Costa Rica, y contingencias se calculan con la misma ecuación y los factores son los del cuadro A.5, columna 2, de la fila 3 a la fila 5 respectivamente.

Para el total de costos indirectos se usa la siguiente ecuación:

$$\sum Costos\ indirectos = Total\ de\ costos\ indirectos \qquad \text{(C.27)}$$

Tomando del cuadro 7.3, columna 2, de la fila 2 a la 5 y aplicando la ecuación C.27 se obtiene:

$$6\,881\ \text{USD} + 8\,132\ \text{USD} + 2\,085\ \text{USD} + 7\,298\ \text{USD} = 24\,395\ \text{USD}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 7.3, columna 2, fila 6.

C.5. Cálculo del valor anual de los productos de una finca que tiene una cosecha de 1 000 fan/año.

Para este cálculo se usa la siguiente ecuación:

$$Valor\ del\ saco * \frac{1\ saco}{48\ \text{kg}} * producción\ anual\ cps = Valor\ anual \qquad \text{(C.28)}$$

En el cuadro 7.5, columna 2 fila 2 está la producción anual, el valor del saco está en la sección 7.1, párrafo 7, aplicando la ecuación C.28 se obtiene:

$$300\ \frac{\text{USD}}{saco} * \frac{1\ saco}{48\ \text{kg}} * 50\ 400 \frac{\text{kg}}{\text{año}} = 315\ 000 \frac{\text{USD}}{año}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 7.5, columna 4, fila 2. Para el valor de las segundas se usa la misma ecuación, el precio del saco de esta sale del mismo párrafo que el anterior, un renglón más abajo, y la producción del mismo cuadro 7.5, columna 3, fila 3.

Para totalizar el valor anual del café producido se usa la siguiente ecuación:

$$\sum valor\ anual\ tipo\ de\ café = Valor\ total\ de\ la\ producción \qquad \text{(C.29)}$$

Del cuadro 7.5, columna 5, filas 2 y 3 se toman los valores de los tipos de cafés, y se aplican en la ecuación C.29:

$$315\ 000\ \frac{\text{USD}}{\text{año}} + 63\ 000\ \frac{\text{USD}}{\text{año}} = 378\ 000\ \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 7.5, columna 4, fila 4.

C.6. Inversión necesaria para la cosecha anual de 1 000 fanegas de café cereza.

Para esta inversión se usa la siguiente ecuación:

$$Costo\ (agroquímicos + recolección) * \frac{1\ fan}{258\ \text{kg}} * cantidad\ de\ cc/año = Inversión \qquad \text{(C.30)}$$

Tomando los costos indicados en la ecuación C.30 del cuadro A.10, columna 2, filas 2 y 2, se aplica y se obtiene:

$$(20.58 + 48.39)\frac{\text{USD}}{fan} * \frac{1\ fan}{258\ \text{kg}} * 258\ 000\frac{\text{kg}}{\text{año}} = 68\ 966\ \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Este resultado se encuentra en el cuadro 7.6, columna 4, fila 3.

C.7. Cálculo de las horas hombre necesarias para el buen funcionamiento del beneficio.

Primero es necesario calcular la cantidad de horas que funcionarán los equipos:

$$\frac{días\ de\ trabajo}{semana} * \frac{Horas\ de\ trabajo}{día} = \frac{Horas\ de\ trabajo}{semana} \qquad \text{(C.31)}$$

Como ejemplo se calculará las horas por semana de trabajo del microbeneficio, las horas de trabajo por día se toman del cuadro 7.6, columna 4, fila 3, los días por semana se toman del cuadro 7.6, columna 3, fila 3, aplicando la ecuación C.31 se obtiene:

$$7\ \frac{\text{d}}{semana} * 6\ \frac{\text{h}}{\text{d}} = 42\ \frac{\text{h}}{semana}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 7.6, columna 4, fila 3. Para los secadores se hace con la misma ecuación. La misma ecuación se usa para el cálculo de horas hombre.

Para encontrar las horas hombre de más se aplica la siguiente ecuación:

$$Horas\ hombre - horas\ requeridas\ por\ equipo = Horas\ hombre\ de\ más \qquad \text{(C.32)}$$

Tomando del cuadro 7.7, columna 5, filas de la 2 a la 4 los valores para aplicarlos en la ecuación C.32, se obtiene:

$$168\ \frac{\text{h}}{semana} - 42\ \frac{\text{h}}{semana} - 84\ \frac{\text{h}}{semana} = 42\ \frac{\text{h}}{semana}$$

Este resultado se consigna en el cuadro 7.6. Columna 5, fila 5.

C.8. Cálculo del costo de mano de obra anual.

Se usa la siguiente ecuación:

$$N.\ operarios * \frac{N.\ turnos}{día} * Costo\ de\ operación * \frac{N.\ horas}{turno} * \frac{días\ de\ operación}{año} = Costo\ mano\ de\ obra \qquad \text{(C.33)}$$

Tomando los datos del cuadro 7.8, columnas de la 1 a la 3, fila 2. Se aplica a la ecuación C.33 y se obtiene:

$$3 * 1 \frac{turno}{\text{día}} * 2.35 \frac{\text{USD}}{\text{h}} * 8 \frac{\text{h}}{turno} * 365 \frac{\text{d}}{\text{año}} = 20\,586 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Este resultado está en el cuadro 7.7, columna 4, fila 4.

C.9. Cálculo del costo de los requerimientos anuales de servicios de agua y luz.

Se usa la siguiente ecuación para calcularlos:

$$Costo\ unitario * requerimiento\ anual = Costo\ anual\ servicio \qquad \text{(C.34)}$$

Usando la ecuación C.34, se da como ejemplo el requerimiento energético, se toma el costo unitario del cuadro 7.9, columna 2, fila 2, el requerimiento anual se toma del mismo cuadro, columna 4, fila 2. Se aplica y se obtiene:

$$0.242 \frac{\text{USD}}{\text{kWh}} * 910 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} = 220 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Este resultado está en el cuadro 7.8, columna 6, fila 2. El resto de los servicio se calcula de la misma manera, con sus respectivos precios y requerimientos que están en el mismo cuadro.

C.10. Cálculo de costos totales de producción sin depreciación.

Los costos fijos se calculan con la siguiente ecuación:

$$\sum costos\ (fijos, variables, manufactura) * Costos\ de\ producción \qquad \text{(C.35)}$$

Tomando los valores del cuadro 7.10, columna 2, filas de la 2 a la 4, y aplicando la ecuación C.35, se obtiene:

$$9\,111 \frac{\text{USD}}{\text{año}} + 118\,379 \frac{\text{USD}}{\text{año}} + 787 \frac{\text{USD}}{\text{año}} = 128\,277 \frac{\text{USD}}{\text{año}}$$

Este resultado se encuentra en el cuadro 7.11, columna 2, fila 2.

C.11. Cálculo de utilidades generadas por el micro beneficio durante el primer año.

Para el cálculo de utilidades anuales se usa la siguiente ecuación:

$$Ingresos\ por\ ventas - costos\ totales\ de\ producción = Utilidades \qquad (C.35)$$

Del cuadro 7.10, columna 2, fila 2 se toma los costos de producción, del mismo cuadro, columna 2, fila 3 se toman los ingresos por ventas, aplicando la ecuación C.35 se obtiene:

$$378\ 000\ \text{USD} + 128\ 277\ \text{USD} = 249\ 723\ \text{USD}$$

El resultado se consigna en el cuadro 7.9, columna 2, fila 4.

C.12. Cálculo del tiempo en que se recupera la inversión

Para el tiempo en que se recupera la inversión se igualan las ecuaciones de la figura 7.1, quedando de la siguiente manera:

$$246.44\,t + 3x10^{-13} = -2x10^{-14}\,t + 117.24$$

Resolviendo para t, se obtiene:

$$t = \frac{117.24}{246.44} = 0.48\ \text{años}$$

Para una producción de 6 meses por año

$$0.48\ año * 6\,\frac{\text{meses}}{\text{año}} = 2.8\ \text{meses}$$

Este dato se consigna en la subsección 7.1.2, párrafo 2.

C.13. Cálculo del tiempo en que se recupera la inversión pero de acuerdo al movimiento de la cosecha.

Como en la C.12, la mecánica es la misma, se igualan las ecuaciones de la figura 7.2 y se despeja la variable "Peso". se presenta a continuación el cálculo

$$-2x10^{-14}Peso + 117.24 = 4.121\ Peso - 13\ 177$$

Despejando la variable "Peso", se obtiene:

$$Peso = \frac{117.24 + 13.177}{4.121} = 31\ 647$$

Con una escala en miles de kilogramos, el total es 31 647 kg, con esto se calculan los sacos de café pergamino seco:

$$31\,647\ \text{kg} * \frac{1\ saco}{48\ \text{kg}} \approx 660\ sacos$$

Este resultado se consigna en la sección 7.2, párrafo 3.

C.14. Cálculo de los eventuales escenarios propuestos.

Los escenarios se calculan exactamente igual que como se calculan las utilidades y el tiempo de recuperación de inversión de las sub secciones anteriores en esta misma muestra de cálculo.

ANEXOS

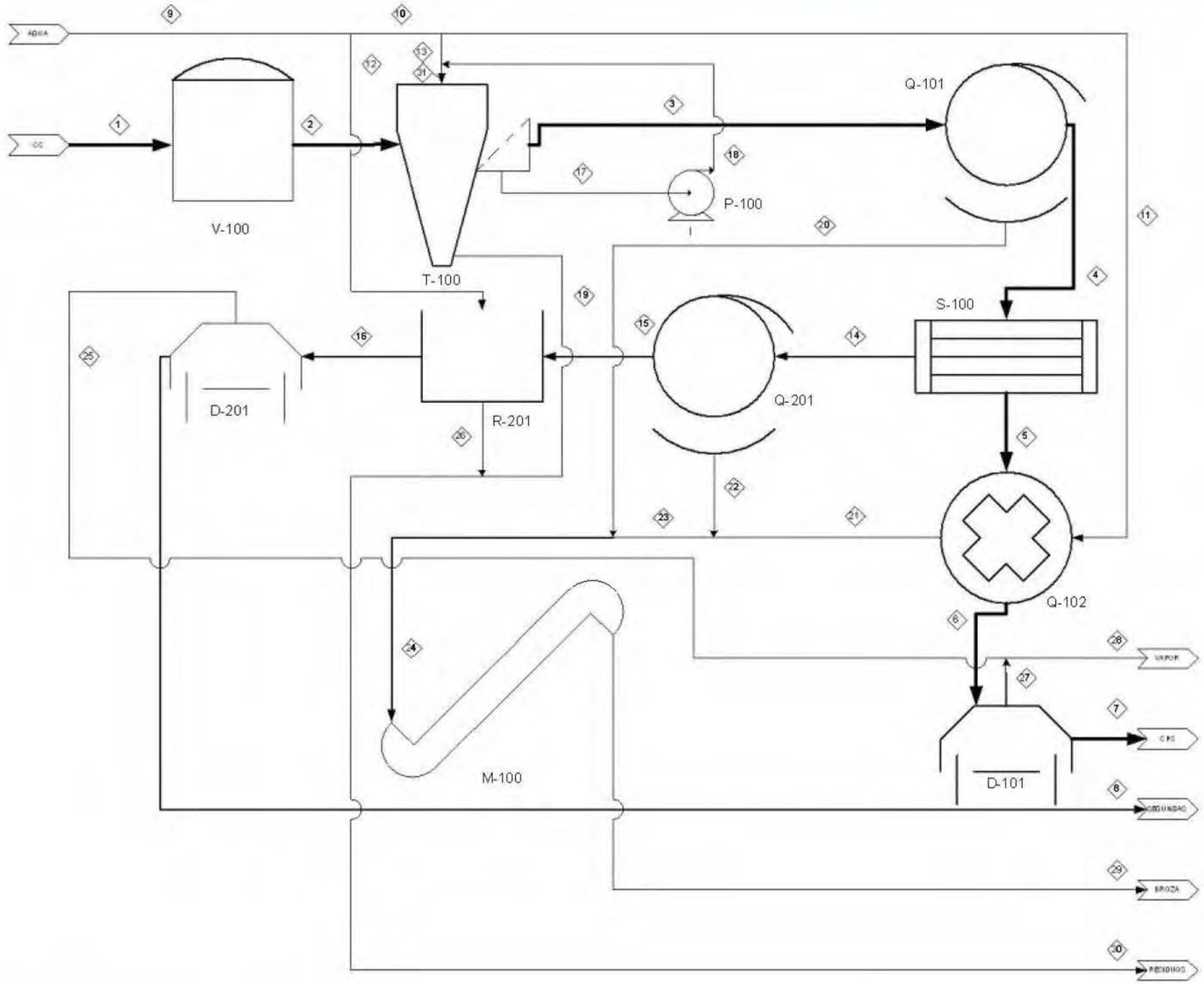
ANEXO 1
TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

La producción de abonos a partir de la broza de café nace como resultado de las restricciones del Ministerio de Salud que obliga a los caficultores a dar un manejo a este desecho, en lugar de ser arrojada a los ríos aumentando el DBO, el DQO, sólidos suspendidos totales (entre otros) en el cuerpo de agua.

Para efectos de este proyecto de graduación se propone darle un tratamiento con lombrices. Este tratamiento la convierte en abono orgánico, al convertirse en abono puede llegar a bajar costos pero para efectos de este proyecto no se hace el cálculo de cuánto porque se sale del alcance. Los abonos orgánicos dan un valor agregado a la calidad del café, además las lombrices se cultivan, es decir, se adquieren la primera vez y se puede conservar al pasar los años. Estas son las razones por las que se adopta este tipo de tratamiento.

La broza es el mayor material de desecho sólido que hay en la producción de café, para procesos de 1 000 fanegas de café cereza en un año la cantidad generada de broza será de 103 200 kg. Para tratar esta broza se necesita un proceso compuesto de dos etapas, la primera se lleva a cabo en una terraza de concreto de 5 m^2 con una pequeña inclinación para que el agua ruede por gravedad y sea canalizada luego a la planta de tratamiento de aguas. Este patio es necesario para el pre lombricompostaje cuya finalidad es secar la broza completamente. La segunda etapa usa una cama similar a los secadores solares pero asentada sobre el suelo (patio) también de concreto, con un área de 23 m^2, el cobertor de la cama es tipo domo, de plástico oscuro para que ingrese poca luz. En esta etapa se da el lombricompostaje, su objetivo es convertir la broza en abono orgánico por medio de tratamiento con lombrices. El área total cubre 28 m^2(terraza y patio), el concreto y su instalación tiene un costo de 500 USD, el tamaño de este está comprendido en el área de planta (cuadro 7.2). El costo de las tablas con que se construyen los bordes de la cama y el plástico que cubre la broza tiene un costo de 250 USD.

El costo de 35 kg de las lombrices es de 50 USD, este peso es suficiente para comenzar el tratamiento durante los primeros días de cosecha, cuando llegue el pico la multiplicación de ellas será suficiente para cubrir el tratamiento de lo producido (Muñoz & Soto, 2003). En el cuadro 7.7 se contemplan 42 horas hombre más de las que necesita en sí el micro beneficio para su cuidado, con estas horas se cubre la demanda de 14 horas hombre semanales necesarias para velar por el buen desempeño de la planta de tratamiento de sólidos. Los costos de construcción de la planta de tratamiento de sólidos son cubiertos sin problemas, ya que están estipulados en los gastos de construcción (cuadro 7.3), y el costo de las lombrices es cubierto perfectamente por el rubro de contingencias (cuadro 7.3).



NOMENCLATURA

CODIGO	DESCRIPCION	ZONA
V-100	Recibidor	B-1
T-100	Tanque Cubo-Sifón	B-1
P-100	Bomba de reciclo	C-1
Q-101	Chancadora primeras	D-1
S-101	Criba	D-2
Q-102	Desmucilaginadora	D-3
D-101	Secador primeras	D-3
Q-201	Chancadora segundas	C-2
R-201	Tanque fermentador	B-2
D-201	Secador segundas	B-2
M-100	Tornillo sin fin	C-3

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENERIA QUIMICA

Proyecto:

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO

PROYECTO DE GRADUACION

Provincia:	Cantón:	Barrio:
San José	Goicoechea	Santa Marta

Dibujo: Fernando Cuartas

Contenido:

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO, CUADRO DE BALANCE, CUADRO DE NOMENCLATURA

ESCALA: DFP

Fecha:	Lámina No.
OCT-13	DFP-001

REV.	DESCRIPCION	AUT.	FECHA
1	Dibujo DFP	FCA	10-13

CUADRO DE BALANCEBALANCE DE LINEA Y ESPECIFICACIONES

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
NOMBRE DE CORRIENTE	Café1	Café2	cc	cmv	cbp	cphp	cpsp	cpss	agua1	agua2	agua3	agua4	agua5	cv	cbs	cpm2	rbp	rap	dcs	dcp	s1	scs	s1	d2	vupi	re1	vap2	vapor	broza	res	agua6	
Temperatura °C	25	25	25	25	35	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Flujo kg/h	1050	1050	1000	651.2	451.2	332.0	195.2	49.0	563.4	361.9	693.2	201.5	166.7	500	112.6	930	4000	4000	216.7	348.8	314.4	87.2	401.6	750.4	34.2	231.3	136.8	171.0	750.4	248.0	1166.7	
Presión, kPa	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	106,4	283,6	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	101,3	