

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Mejoramiento Técnico del Proceso de Industrialización del Café  
Soluble”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Examen Complexivo

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO DE ALIMENTOS**

Presentado por:

Carlos Alberto Sani Villamar

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2016

## AGRADECIMIENTO

A DIOS por estar en cada paso de mi vida.

A mi mamá por su motivación y apoyo siempre.

A mi familia y amigos por su entusiasmo y compañía durante estas etapas.

A mis tutores MSc. Priscila Castillo y PhD. Cesar Moreira por su colaboración, por su aporte y guía en el desarrollo y ejecución de este TFG.

# DEDICATORIA

A MI FAMILIA.

A MIS AMIGOS.

TRIBUNAL EVALUADOR

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Priscila Castillo S.', written over a horizontal line.

MSc Priscila Castillo S.  
Tribunal Evaluador

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'César Moreira V.', written over a horizontal line.

PhD César Moreira V.  
Tribunal Evaluador

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



---

Carlos Sani Villamar

## RESUMEN

Este Trabajo técnico tiene como objetivos la mejora del Proceso de Industrialización del café en la etapa de extracción, al incrementar la obtención de sólidos solubles producidos en el café tostado triturado, además de reducir el consumo de materia prima por toneladas de café soluble producido.

El mejoramiento se consiguió instalando un sistema de trituración y transporte de café después de la etapa de tostado y antes de la etapa de extracción, aumentando la obtención de sólidos solubles 3.5% en la etapa de extracción, y reduciendo el consumo de quintales de café verde en un 10.22% y a su vez en el costo de producción.

Para lograr este objetivo, se realizaron pruebas en sitio del café tostado que alimenta a los extractores con trituración y sin trituración, a diferentes granulometrías y aberturas en los rodillos de los trituradores, el trabajo presentado y puesto en marcha ha conseguido la mejora propuesta y actualmente este sistema funciona en una empresa de café.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL.....	II
SIMBOLOGÍA.....	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE DIAGRAMA.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1 GENERALIDADES	
1.1 La industrialización del café.....	2
1.2. Descripción del proceso de industrialización del café.....	3
1.3. Descripción del problema.....	12
1.4. Objetivo del proyecto.....	13

1.5. Objetivos específicos.....	13
---------------------------------	----

## CAPÍTULO 2

### 2. INGENIERÍA DEL PROYECTO

2.1 Análisis del proceso de industrialización del café.....	14
---	----

2.2 Análisis de la etapa de extracción y sus restricciones.....	14
---	----

2.3 Características del sistema de trituración para la industria.....	15
---	----

2.4 Pruebas y ensayos.....	16
----------------------------	----

2.4.1 trituración y granulometría de café tostado.....	17
--	----

2.5. Análisis de balance de masa.....	21
---------------------------------------	----

2.6. Análisis de resultados obtenidos.....	28
--	----

## CAPÍTULO 3

3.1. Conclusiones.....	31
------------------------	----

3.2. Recomendaciones.....	33
---------------------------	----

## ANEXOS

### BIBLIOGRAFÍAS

## SIMBOLOGÍA

G	Gramos
KG	Kilogramos
Lt	Litros
Tons	Tonelada
qq	Quintales
$\rho$	Densidad
mm	Milímetros
%	Porcentaje
V	Volumen
H	Hora
°C	Grados Celcius
°Bx	Grados Brix
Min	Minutos
\$	Dólar
B	Masa de café insoluble en (KG)
F	Masa de café soluble + contenido de agua (KG)
C	Masa de café soluble en (KG)
YF	Relación entre C/F
E	Masa de café soluble mas agua (KG )
Xo	Concentracion del solvente ( °Brix )
Y1	Concentracion del residuos ( °Brix )
R1	Masa del solvente (KG)
Ro	Masa del solvente (KG)

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Recepción y almacenamiento de materia prima	3
Figura 1.2. Limpieza de Materia prima	4
Figura 1.3. Tueste de café	5
Figura 1.4. Mezclado y Trituración	6
Figura 1.5. Extracción	7
Figura 1.6. Centrifugación	8
Figura 1.7. Evaporación	9
Figura 1.8. Secado	10
Figura 1.9. Envasado	10
Figura 2.0 Estación y Equipos de Granulometría	19
Figura 2.1. Molinos de Trituración	20
Figura 2.2. Flujo del proceso de Extracción	21
Figura 2.3. Relación de producción sólidos antes y después de triturar	29

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1.1 Diagrama del proceso	11
Diagrama 1.2 Diagrama de flujo planta Industrial	35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Consumo de quintales de café verde por toneladas de café soluble	12
Tabla 2	Análisis de granulometría	18
Tabla 3	Análisis de balance de masa	22
Tabla 4	Resultados con trituración	25
Tabla 5	Resultados sin Trituración	27
Tabla 6	Consumo de quintales vs toneladas	30
Tabla 7	Datos de proceso de extracción sin trituración	36
Tabla 8	Datos de proceso de extracción sin trituración	37
Tabla 9	Datos de proceso de extracción con trituración	38
Tabla 10	Datos de proceso de extracción con trituración	39
Tabla 11	Registro de consumo de materia prima y producción anual	40

## INTRODUCCIÓN

Ecuador posee una gran capacidad como productor de café, y es uno de los pocos países en el mundo que exporta todas las variedades de café: arábigo lavado, arábigo natural y robusta. Debido a su ubicación geográfica, Ecuador produce un de los mejores cafés de América del Sur y los más demandados en Europa. Los diferentes ecosistemas que posee el Ecuador permiten que los cultivos de café se den a lo largo y ancho del país llegando a cultivarse inclusive en las Islas Galápagos. La producción del café arábigo se da desde marzo hasta octubre, mientras la de robusta se da desde febrero hasta noviembre.

El consumo de café en el mundo creció el 1.9% en promedio cada año desde 2010 según (Pro Ecuador). Es un producto que cuenta con más adeptos, incluso en culturas lejanas como la asiática, y les gana terreno a otras bebidas como el té.

El estándar internacional en las industrias de café es que para la elaboración de una tonelada de café soluble, se requiere 50 qq de café verde, para la variedad de robusta y 55 qq de café verde para la variedad arábigo, (OIC).

# CAPÍTULO 1

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. La industrialización de café

Se conoce como industrialización el proceso por un estado o comunidad social que pasa de una economía basada en la agricultura a una fundamentada en el desarrollo de la industria, y cual está representada en términos económicos, el sostén fundamental del producto interno bruto y en términos de ocupación ofrece trabajo a la mayoría de la población según la FAO.

La Industria de café mueve en la actualidad 70.000 millones de dólares al año, cifra superada únicamente por el petróleo en lo que se refiere a exportaciones a escala mundial (1).

El café es después del petróleo el producto que más se exporta a nivel mundial. Millones de personas dependen de él, así como muchos países lo tienen como su principal fuente de riqueza.

## 1.2. Descripción del proceso de industrialización de café

El grano de café, una vez recolectado, debe de pasar por una serie de proceso para que sea apto para el consumo (Figura 1.1). Como lo que se utiliza para elaborar la bebida es la semilla, esta debe separarse del resto del fruto, piel, pulpa y demás membranas.

### **Recepción y Almacenamiento de materia prima.-**

El café verde es colocado en sacos de cabuya, el peso promedio de cada saco es 60 kg. Una vez que el café verde llega a la industria, se procede a realizar el análisis y la respectiva clasificación de acuerdo a la norma de calidad, proporcionada por el departamento de Control de Calidad.



**Figura 1.1: Recepción y almacenamiento de materia prima.  
Fuente: Planta Industrial de Café**

### **Limpieza de materia prima.-**

En este proceso se limpia el café en grano antes de almacenarlo en los silos con el fin de extraerle las impurezas que pudiera traer desde el centro de producción y distribución, tales como: polvo, piedras, metales, palos, cascaras, entre otros.

Los sacos de café son vaciados en la tolva, pasando luego por un sistema de elevadores de cangilones hasta una zaranda de diferente tamaño para separarlo de las impurezas descritas anteriormente. Inmediatamente, el café en grano cae sobre una máquina despedradora separándolo por diferencia de densidades de las piedras y metales mezclados con el mismo, obteniendo al final un café limpio para ser procesado.



**Figura 1.2: Limpieza de materia prima**  
**Fuente: Planta Industrial de Café**

## TUESTE.-

El café limpio pasa a ser objeto de uno de los procesos más importantes y delicados; se trata del tostado o torrefacción. En este proceso el café en grano desarrolla el sabor y aroma que están presentes en el producto final. Cuando se tuesta, el grano de café verde aumenta su tamaño hasta casi el doble, cambiando en color y densidad.



**Figura 1.3: Tueste de café**  
**Fuente: Planta Industrial de Café**

## MEZCLA Y TRITURACIÓN.-

Una vez tostado se almacena por calidades en un grupo de tolvas. El proceso de mezcla y trituración del grano, es vital en esta etapa a la hora de conseguir un sabor en el producto final que contenga el nivel de acidez, el gusto, el aroma y el cuerpo que demanda el consumidor final.



**Figura 1.4: Mezcla y Trituración**  
**Fuente: Planta Industrial de Café**

### **EXTRACCIÓN.-**

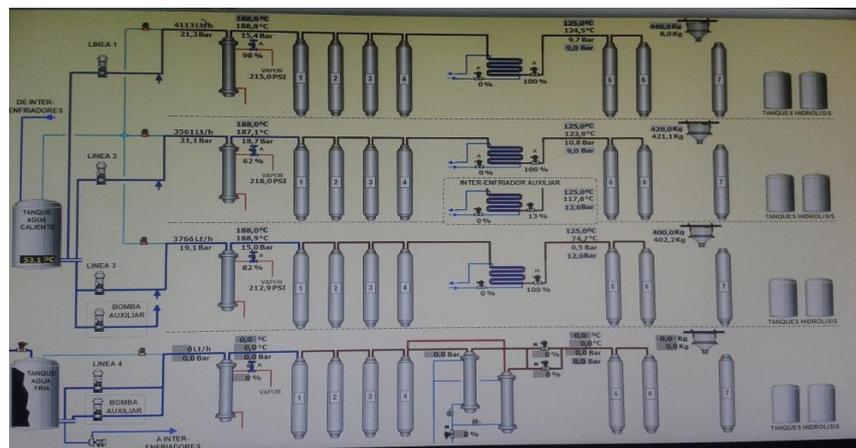
Es la operación clave en la manufactura a gran escala del café instantáneo, en el cual los sólidos solubles y los compuestos aromáticos son extraídos.

El proceso de extracción del café es una lixiviación donde el disolvente es el agua, aquí hay tres etapas a) humectación, b) extracción de solubles, c) hidrólisis (2).

Humectación.- El gas que se ha liberado durante el tostado vuelve al grano poroso. Las partículas absorben agua en una cantidad del doble de su peso.

Extracción de solubles.- Los solubles en el café se disuelven en el agua absorbida, provocando un aumento rápido de la concentración, creando un gradiente de transferencia de masa: a medida que este gradiente es más grande, mayor será el rendimiento de extracción.

Hidrólisis.- El café tostado y triturado contiene solo del 20 al 30 % de sólidos solubles extraíbles a temperatura normal de ebullición. Si se aplican condiciones de alta presión y temperatura, dependiendo del tipo de café se puede obtener un mayor contenido de sólidos solubles debido al rompimiento y solubilización de las moléculas de carbohidratos insolubles que dan moléculas más pequeñas solubles en agua.



**Figura 1.5: Extracción.**  
Fuente: Planta Industrial de Café

### CENTRIFUGACIÓN.-

El objeto de la centrifugación separar de un líquido, partículas sólidas suspendidas. Hay centrifugas que se utilizan para: clarificar, purificar o concentrar. En nuestro caso es para clarificar es decir para separación de líquido / fango, donde se emplean la máquina para eliminar de un

líquido partículas, en general sólidas, de peso específico más alto que el del líquido.

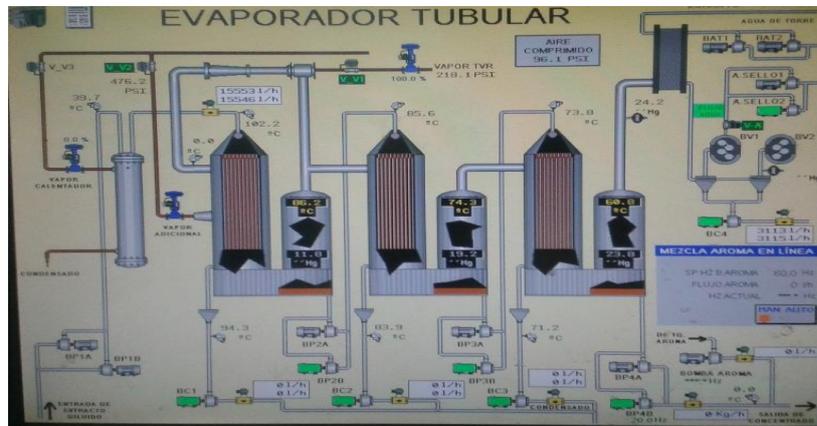


**Figura 1.6: Centrifugación.**  
**Fuente: Planta Industrial de Café**

### **EVAPORACIÓN.-**

En la planta de proceso de alimentos para la producción de producto en polvo es muy común encontrar evaporadores. Los evaporadores son utilizados para eliminar agua del producto previamente a su tratamiento en otros procesos como secado por atomización.

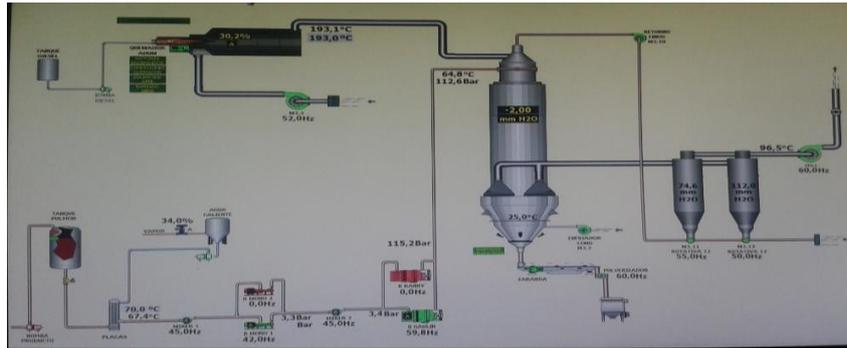
El extracto que se alimenta al evaporador tiene 11–13 % de sólidos y sale con una concentración entre 45 – 49 % de sólidos.



**Figura 1.7: Evaporación.**  
**Fuente: Planta Industrial de Café**

## SECADO POR ATOMIZACIÓN

Una vez que se ha producido la concentración pasa al área de secado que consiste en la transformación del líquido a sólido. El líquido es bombeado a alta presión ( 30 bar ) hacia la cámara en forma de fina lluvias donde por las altas temperaturas que se encuentra el aire caliente ( 250 °C ) que entra a la cámara se produce el secado, obteniéndose el polvo soluble que se lo recoge en el fondo cónico del secador.



**Figura 1.8: Secado**  
Fuente: Planta Industrial de Café

### ENVASADO.-

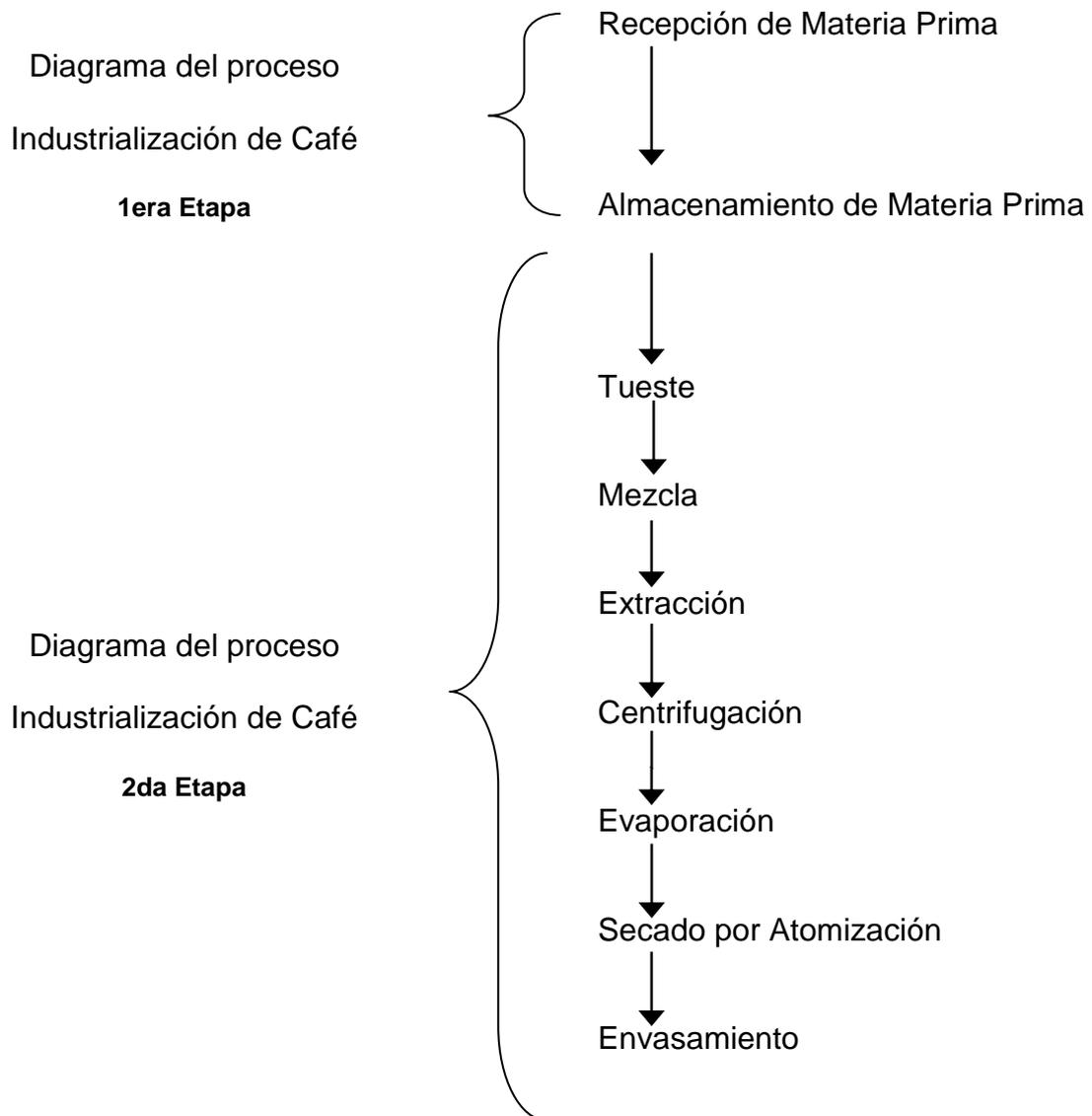
El producto obtenido es recolectado en una tolva de acero inoxidable y envasado al granel en peso de 25 kilos, por cada caja se toma muestra para realizar análisis físico – químico y determinar el cumplimiento de los requerimientos del cliente.



**Figura 1.9: Envasado**  
Fuente: Planta Industrial de Café

### Diagrama de Proceso

En el diagrama 1.1 se describe el flujo de proceso de industrialización de café



**Diagrama 1.1: Diagrama de Proceso**  
**Fuente: Carlos Sani**

### 1.3. Descripción del problema

Se puede definir que el problema actual en la empresa de café es el alto consumo de quintales de café verde por toneladas de café soluble producida, 56 qq. para la variedad robusta, y 60 qq. para la variedad arábica en comparación con los estándares internacionales para la industrialización de café (tabla 1).

<b>CONSUMO DE QUINTALES DE CAFÉ VERDE POR TONELADAS CAFÉ SOLUBLE</b>		
	<b>ESTÁNDAR INTERNACIONAL</b>	<b>PLANTA CAFÉ</b>
<b>ROBUSTA</b>	50	56
<b>ARÁBIGA</b>	55	60

**Tabla 1: Consumo de quintales de café verde por toneladas de café soluble**  
**Fuente: OIC**

Para resolver el problema de alto consumo de café verde se decidió, implementar un sistema de transporte y trituración de café tostado antes de alimentar a los extractores para mejorar la obtención de los sólidos solubles y reducir el consumo de materia prima (3).

#### **1.4. Objetivo del proyecto**

- Mejorar la obtención de sólidos soluble en la etapa de extracción de la industrialización de café.

### **1.5. Objetivos específicos**

- Analizar el proceso de industrialización de café, para identificar el problema que genera no tener una buena obtención de sólidos solubles.
- Implementar un sistema de transporte y trituración del café tostado para la alimentación a los extractores.
- Mejorar la obtención de nuevos sólidos en la etapa de extracción.
- Reducir el consumo de materia prima en la industria a estándares internacionales.

## **CAPÍTULO 2**

## **2. INGENIERÍA DEL PROYECTO**

### **2.1 Análisis del proceso de Industrialización de Café.-**

Dado que el consumo de materia prima en la industrialización de café, juega un rol principal en los costos de producción. La empresa de café al estar por debajo de los estándares internacionales, opto por mejorar el rendimiento de café utilizado para la producción de una tonelada de soluble. Para este proyecto se consideró instalar y montar el sistema de transporte y trituración de café tostado junto al área de tueste dado la disponibilidad del espacio.

### **2.2 Análisis de la etapa de extracción y sus restricciones.-**

La etapa de extracción en un proceso de industrialización es vital para la obtención de los sólidos solubles.

Los factores que intervienen en esta operación por lixiviación (sólido – líquido), para la obtención de estos sólidos son:

- a) Área de la interface sólido – líquido: Ligado al tamaño de la partícula.
- b) Gradiente de concentración: Es importante que el disolvente sea selectivo, viscosidad baja para permitir circulación a través del lecho sólido.

- c) Temperatura y Presión: La elevación de temperatura y presión aumenta tanto la velocidad de disolución del soluto en el disolvente, como la velocidad de difusión del soluto a través de la disolución.
- d) Velocidad del flujo: Más alta la velocidad y más turbulento el flujo de disolvente sobre la superficie de sólido, mayor es la velocidad de extracción (4).

### **2.3 Características del sistema de trituración para la industria.-**

Las plantas comerciales e industriales, procesadoras de café buscan un sistema de trituración que llene las siguientes expectativas:

Con Respecto al producto:

- Molino que no deterioren el café con el desarrollo de altas temperaturas.
- Distribución del tamaño uniforme y homogéneo.
- Cumplimiento con el tamaño de grano esperado.
- Formación de pocos polvos.

Con Respecto a la máquina:

- Capacidad.
- Ajuste.

- Utilizable para todos tipos de café y grado de tosti3n.
- Operaci3n continua, autom3tica y de f3cil manejo.
- Bajo requerimiento de mantenimiento.

Los molinos adecuados para este proceso, son los molinos de rodillos, la ruptura de las part3culas se produce cuando estas pasan a trav3s del estrecho espacio dejado por dos rodillos de la misma longitud, que rotan alrededor de sus ejes longitudinales el uno hacia el otro a la misma o diferente velocidad. El 3rea de trituraci3n se limita como se mencion3 anteriormente, a la estrecha regi3n en donde la superficie de los rodillos tiene mayor grado de aproximaci3n (5).

## **2.4 Pruebas y Ensayos.-**

Se realizaron ensayos a nivel industrial con la variedad de caf3 robusta, a fin de obtener diferente granulometr3a de caf3 tostado:

La variable involucrada en el ensayo fue:

**Variables fijas:** materia prima caf3 variedad robusta.

**Variable de control:** % de caf3 retenido por malla.

**Variable de respuesta:** an3lisis granulom3trico y tama3o de part3cula.

### **2.4.1 Trituraci3n y Granulometr3a del Caf3 Tostado**

El caf3 tostado es transportado y almacenado en tolvas para posteriormente ser triturado y obtener part3culas de caf3 de menor

tamaño con el fin de incrementar la superficie de contacto con el solvente (agua) obteniendo como resultado mejores sólidos soluble.

El análisis de la granulometría se la realiza de la siguiente manera:

1. Se toma muestra de la tolva viajera antes de ingresar a los extractores.
2. Se toma densidad, color y humedad del café triturado.
3. Luego se pesa 100 gr de muestra triturada.
4. Se lo coloca en 4 tamiz dividido de la siguiente manera:
  - a. Tamiz No.1: Malla 4.75mm.
  - b. Tamiz No.2: Malla 4.00mm.
  - c. Tamiz No.3: Malla 2.00mm.
  - d. Bandeja para fondo.
5. Se zarandea la muestra por lapso de un minuto.
6. Se procede a pesar las muestras que queden sobre cada malla y bandeja de fondo.
7. Además se separa los granos enteros de los quebrados que quedaron sobre la malla 4.75mm y se los pesa por separado.
8. Luego se procede a sacar el porcentaje de cada uno,  
Y se lo reporta en la hoja de Granulometría de café tostado (Tabla 2).

En la tabla 2. Se muestran los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en el proceso a diferentes aberturas de los rodillos de trituradores.

ANÁLISIS DE GRANULOMETRIA DE CAFÉ TOSTADO AL INGRESO DEL EXTRACTOR									
Fecha : <b>lunes, 15 de julio de 2013</b>					Fecha : <b>lunes, 02 de septiembre de 2013</b>				
ANÁLISIS SIN TRITURACION					ANÁLISIS CON TRITURACION : ENSAYO - 1				
Fórmula	GRANO	%	GRANO	%	Fórmula	GRANO	%	GRANO	%
	R2	100%	R2	100%		R2	100%	R2	100%
PARÁMETROS					PARÁMETROS				
Graduación (mm)	0,00	0,00	0,00	0,00	Graduación (mm)		3,40		3,40
Densidad Libre (g/l)	320		326		Densidad Libre (g/l)	305		295	
Granulometría (%)					Granulometría (%)				
Malla # 4 (>4,75 mm)	80,25		84,28		Malla # 4 (>4,75 mm)	38,51		35,85	
Malla # 5 (> 4,0 mm)	19,75		15,72		Malla # 5 (> 4,0 mm)	30,36		34,19	
Malla # 10 (> 2,0 mm)	0,00		0,00		Malla # 10 (> 2,0 mm)	29,38		28,11	
Fondo	0,00		0,00		Fondo	1,75		1,85	
Fecha : <b>martes, 03 de septiembre de 2013</b>					Fecha : <b>miércoles, 04 de septiembre de 2013</b>				
ANÁLISIS CON TRITURACION : ENSAYO - 2					ANÁLISIS CON TRITURACION : ENSAYO - 3				
Fórmula	GRANO	%	GRANO	%	Fórmula	GRANO	%	GRANO	%
	R2	100%	R2	100%		R2	100%	R2	100%
PARÁMETROS					PARÁMETROS				
Graduación (mm)		3,20		3,20	Graduación (mm)		3,00		3,00
Densidad Libre (g/l)	295		300		Densidad Libre (g/l)	295		300	
Granulometría (%)					Granulometría (%)				
Malla # 4 (>4,75 mm)	35,24		34,85		Malla # 4 (>4,75 mm)	20,5		25,75	
Malla # 5 (> 4,0 mm)	34,65		33,11		Malla # 5 (> 4,0 mm)	35,53		33,67	
Malla # 10 (> 2,0 mm)	28,00		29,94		Malla # 10 (> 2,0 mm)	41,62		38,45	
Fondo	2,11		2,10		Fondo	2,35		2,13	

**Tabla 2: Análisis de Granulometría**  
Fuente: Planta Industrial de café

Luego de los análisis y ensayos realizados se determinó que cuando trabajamos con molienda de abertura 3.0 mm en los rodillos

obtenemos una operación de extracción con mejores sólidos, hay menor cantidad de granos enteros de café tostado en la malla # 4 además la generación de fino no es mayor al 2.5% a fin de evitar taponamiento en los filtros de los extractores, por lo que se optó trabajar con dicha abertura.

**Figura 2.0: Estación y Equipos de Granulometría**  
**Fuente: Planta Industrial de Café**

Los equipos y materiales que se utilizan en el proceso de trituración se lo muestran en las figuras 2.0 y son: Probeta, tamices, balanza.

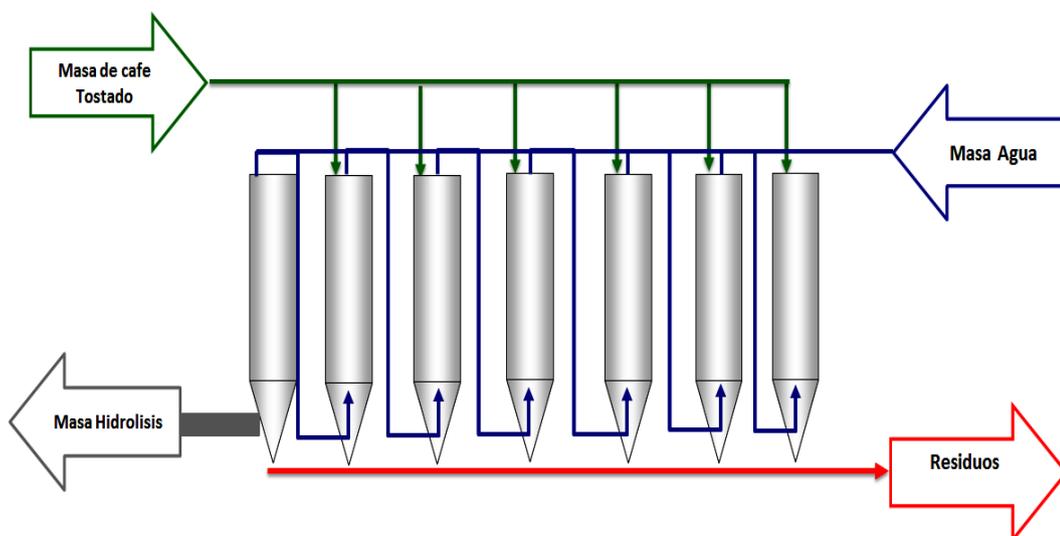


**Figura 2.1: Molinos de Trituración**  
**Fuente: Planta Industrial de Café**

La figura 2.1 se muestran los equipos de trituración utilizados en la industria de café, este equipo está compuesto por un motor que permite rotar los rodillos, antes de la alimentación tienen una rejilla magnética que atrapan objetos extraños (metales) que pueden causar daños a los rodillos del triturador. Además consta con un sistema para muestrear el café que esta triturándose y en base a los resultados determinar la abertura con la que se va a procesar.

## **2.5 Análisis de balance de masa**

La figura 2.2 representa el balance de masa en la etapa de extracción, es necesario conocer para determinar la concentración de sólidos que se va a obtener en cada uno de los extractores.



**Figura 2.2. Flujo del proceso de extracción.**  
Fuente: Planta Industrial de café

En la tabla 3. Tenemos los datos en masa de café tostado (kg) con y sin trituración, la composición de café tostado, la masa de agua (kl) y grados Brix de café agotado

**Datos:**

Masa de café kg	430	Masa de café kg	450
--------------------	-----	--------------------	-----

Masa de Agua kg	1591	Masa de Agua kg	1665
(Grados Brix) café agotado	0,45	(Grados Brix) café agotado	0,49

Composición del café			
% Insolubles	0,75	% Insolubles	0,75
% Solubles	0,20	% Solubles	0,20
% Agua	0,05	% Agua	0,05

**Tabla 3: Análisis de balance de masa**  
**Fuente: Planta Industrial de café**

## Cálculos

### Propiedades del café previo al lixiviado

Dada la ecuación de balance por componentes de la lixiviación

$$Y_f(F) + X_o(R_o) = Y_1(E_1) + X_1(R_1)$$

Despejamos  $X_1$  que corresponde a la concentración del extracto

$$X_1 = \frac{Y_f(F) + X_o(R_o) - Y_1(E_1)}{(R_1)}$$

Sin triturar

$$B = m_{café}(\% \text{ insolubles}) = 450Kg(0,75) = 337,5Kg$$

$$F = m_{café}(\% \text{ agua} + \% \text{ soluble}) = 450Kg(0,25) = 112,5Kg$$

$$C = m_{café}(\% \text{ Soluble}) = 450Kg(0,2) = 90Kg$$

$$Yf = C/F = 90/112,5 = 0,8$$

Triturado

$$B = m_{café}(\% \text{ insolubles}) = 430Kg(0,75) = 322,5Kg$$

$$F = m_{café}(\% \text{ agua} + \% \text{ soluble}) = 430Kg(0,25) = 107,5Kg$$

$$C = m_{café}(\% \text{ Soluble}) = 430Kg(0,20) = 86Kg$$

$$Yf = C/F = 86/107,5 = 0,8$$

Nota: Ya que en cada extracción se emplea una torta "fresca" se consideran constantes las propiedades calculadas anteriormente ya que no existen variaciones entre ellas.

### **Concentración de extracto con trituración**

Evaluando X1 en cada extracción obtenemos:

Extractor 1

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(107,5) + 0(Ro) - 0,45(107,5)}{(1591)} = 0,024$$

Extractor 2

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(107,5) + 0,024(1591) - 0,45(107,5)}{(1591)} = 0,047$$

Extractor 3

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(107,5) + 0,047(1591) - 0,45(107,5)}{(1591)} = 0,071$$

Extractor 4

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(107,5) + 0,071(1591) - 0,45(107,5)}{(1591)} = 0,095$$

Extractor 5

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(107,5) + 0,095(1591) - 0,45(107,5)}{(1591)} = 0,118$$

Extractor 6

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(107,5) + 0,118(1591) - 0,45(107,5)}{(1591)} = 0,142$$

### **Concentración de extracto sin trituración**

Evaluando X1 en cada extracción obtenemos:

Extractor 1

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(112,5) + 0(Ro) - 0,49(112,5)}{(1665)} = 0,021$$

Extractor 2

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(112,5) + 0,021(1665) - 0,49(112,5)}{(1665)} = 0,042$$

Extractor 3

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(112,5) + 0,042(1665) - 0,49(112,5)}{(1665)} = 0,063$$

Extractor 4

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(112,5) + 0,063(1665) - 0,49(112,5)}{(1665)} = 0,084$$

Extractor 5

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(112,5) + 0,084(1665) - 0,49(112,5)}{(1665)} = 0,105$$

Extractor 6

$$X1 = \frac{Yf(F) + Xo(Ro) - Y1(E1)}{(R1)} X1 = \frac{0,8(112,5) + 0,105(1665) - 0,49(112,5)}{(1665)} = 0,126$$

## Resultados

La tabla 4. Indica el resumen los datos de un balance de masas:

Las columnas representan a los cilindros o extractores (1 al 6)

Las filas diferentes variables de balance de masa

Con trituración

Resultados						
Variable	Extracción					
	1	2	3	4	5	6
Kg de masa insoluble en el lecho (B)	322,5	322,5	322,5	322,5	322,5	322,5
Kg de solvente/ solución (Ro)	1591	1591	1591	1591	1591	1591
Grados Brix del solvente	0	0,024	0,047	0,071	0,095	0,118
Kg de solución asociada al solido (F)	107,5	107,5	107,5	107,5	107,5	107,5
Kg de soluto por lixiviar (C)	86	86	86	86	86	86
Relación de soluto y solución antes del lixiviado (Yf)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Grados Brix del concentrado (X1)	0,024	0,047	0,071	0,095	0,118	0,142

**Tabla 4: Resultados con Trituración**  
**Fuente: Planta Industrial de café**

Se puede apreciar en el primer extractor

1. Sale con grados Brix de 2.4 (0.024x100), en el segundo extractor
2. Entra con 2.4 °Brix y sale 4.7 °Brix, en el tercer extractor
3. Entra con 4.7 °Brix y sale 7.1 °Brix, en el cuarto extractor
4. Entra con 7.1 °Brix y sale 9.5 °Brix, en el quinto extractor
5. Entra con 9.5 °Brix y sale 11.8 °Brix, en el sexto extractor
6. Entra con 11.8 °Brix y sale 14.2 °Brix.

La tabla 5. Indica el resumen los datos de un balance de masas:

- Las columnas representan a los cilindros o extractores (1 al 6)
- Las filas diferentes variables de balance de masa

Sin trituración

Resultados
------------

Variable	Extracción					
	1	2	3	4	5	6
Kg de masa insoluble en el lecho (B)	337,5	337,5	337,5	337,5	337,5	337,5
Kg de solvente/ solución (Ro)	1665	1665	1665	1665	1665	1665
Grados Brix del solvente	0	0,021	0,042	0,063	0,084	0,105
Kg de solución asociada al solido (F)	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5	112,5
Kg de soluto por lixiviar (C )	90	90	90	90	90	90
Relación de soluto y solución antes del lixiviado (Yf)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Grados Brix del concentrado (X1)	0,021	0,042	0,063	0,084	0,105	0,126

**Tabla 5: Resultados sin trituración**  
**Fuente: Planta Industrial de café**

1. Sale con grado Brix de 2.1 (0.021x100), en el segundo extractor
2. Entra con 2.1 °Brix y sale 4.2 °Brix, en el tercer extractor
3. Entra con 4.2 °Brix y sale 6.3 °Brix, en el cuarto extractor
4. Entra con 6.3 °Brix y sale 8.4 °Brix, en el quinto extractor
5. Entra con 8.4 °Brix y sale 10.5 °Brix, en el sexto extractor
6. Entra con 10.5 °Brix y sale 12.6 °Brix.

Teniendo esto datos y aplicando la fórmula para conversión de líquido a sólidos para café instantáneo tenemos (3).

$$\text{Sólidos de café}(kg) = \text{kilos de hidrólisis} \times (\text{°brix}/100) \times 0.8333$$

Sin Triturar

$$kg \text{ café} = 1665 \times 0.126 \times 0.8333 = 174.8 \text{ kg café}$$

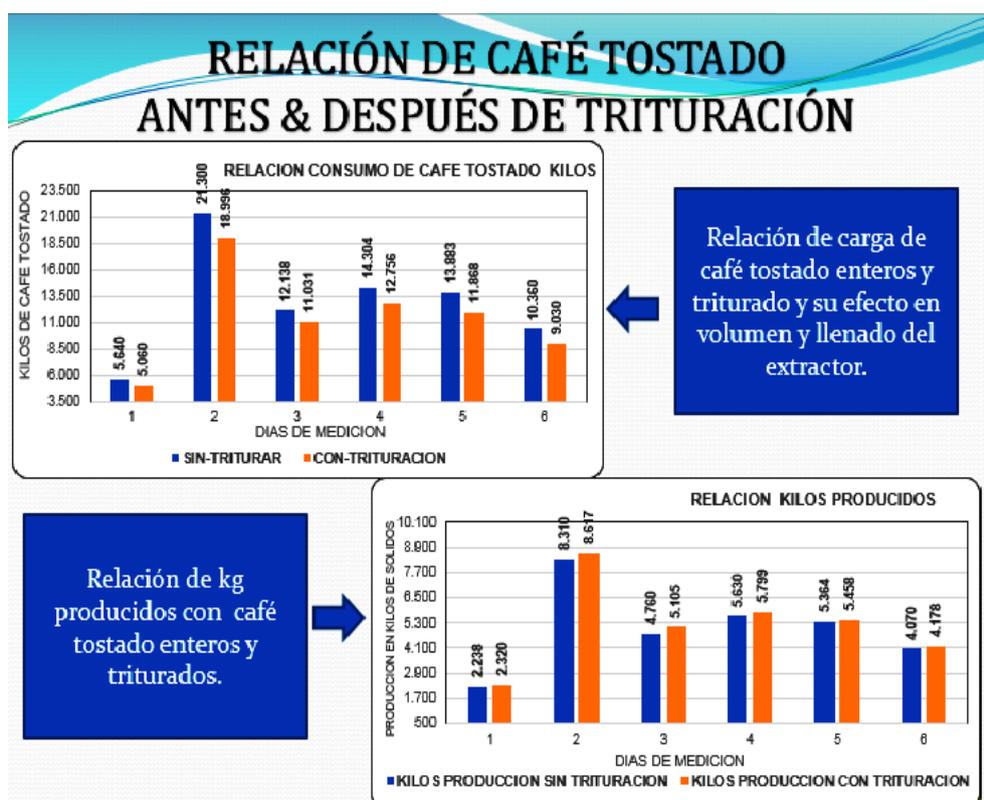
Con Trituración

$$kg \text{ café} = 1591 \times 0.142 \times 0.833 = 188.3 \text{ kg café}$$

Por lo que hay un incremento en los sólidos obtenidos del 7.1% cuando hay trituración, en ese ciclo de extracción en particular.

## **2.6 Análisis de los resultados Obtenidos**

Luego de la implementación de este nuevo sistema de transporte y trituración de café tostado al proceso de industrialización antes de la etapa de extracción y posterior al proceso de tostado mejora sustancialmente la obtención de nuevos sólidos, en comparación con los registros estadístico de la compañía de café.

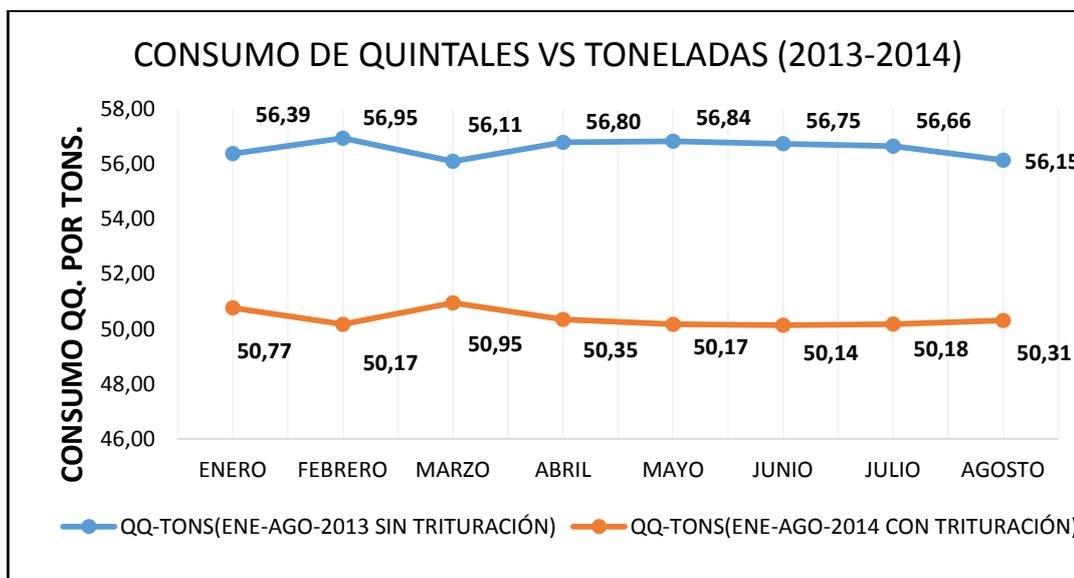


**Figura 2.3. Relación de producción de sólidos antes y después de triturar.**

**Fuente: Planta Industrial de café**

Una vez implementado al proceso de trituración en la etapa de extracción se obtuvieron los resultados:

- Incrementar la obtención de sólidos en un 3,5%
- Optimizar el consumo de materia prima en un 10,22% con relación al proceso de industrialización de café sin triturar.



**Tabla 6: Consumo de quintales vs toneladas**  
**Fuente: Planta industrial de café**

Como se puede apreciar en la tabla 6. en el año 2013 en los periodos de enero a agosto el consumo de quintales por toneladas estaba entre 56,15 a 56,95. Una vez implementado el sistema de triturado en la Industria en el periodo enero a agosto del 2014, el consumo disminuyó entre 50,14 a 50,95.

# CAPÍTULO 3

## 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 3.1 Conclusiones

La reducción de tamaño de partícula influye en la extracción de los sólidos solubles presentes en el café tostado, ya que permite tener un íntimo contacto entre el solvente y el soluto contenido en el sólido.

Las partículas pequeñas crean una mayor área interfacial entre el sólido y el líquido y una distancia más corta para que el soluto se difunda a través de la partícula y alcance la superficie. Pero si el tamaño de la partícula es demasiado finos, se forman conglomerados que impiden la circulación del solvente entre las partículas y dificultan su separación del solvente provocando que las partículas de sólido sean arrastrada con el solvente.

Finos mayor al 3% origina una mala extracción, debido a taponamientos de los filtros en los extractores.

También se pudo demostrar que con un tamaño de partículas menor o igual a 3,0 mm, hay un incremento de los sólidos obtenido del café tostado en un 3.5 % en comparación con el café no triturado y una disminución del consumo de materia prima en un 10.22 %.

En una industria de alimentos es vital optimizar el rendimiento de materia prima utilizada, más aun cuando estas tiene un impacto sustancial en los costó de producción. Este proyecto logro un ahorro del 7.8% con respecto al consumo de materia prima.

### **3.2 Recomendaciones**

El uso de cuadros estadísticos permite focalizar problemas y optimizar los recursos en su solución no perder tiempo, siendo más efectivo.

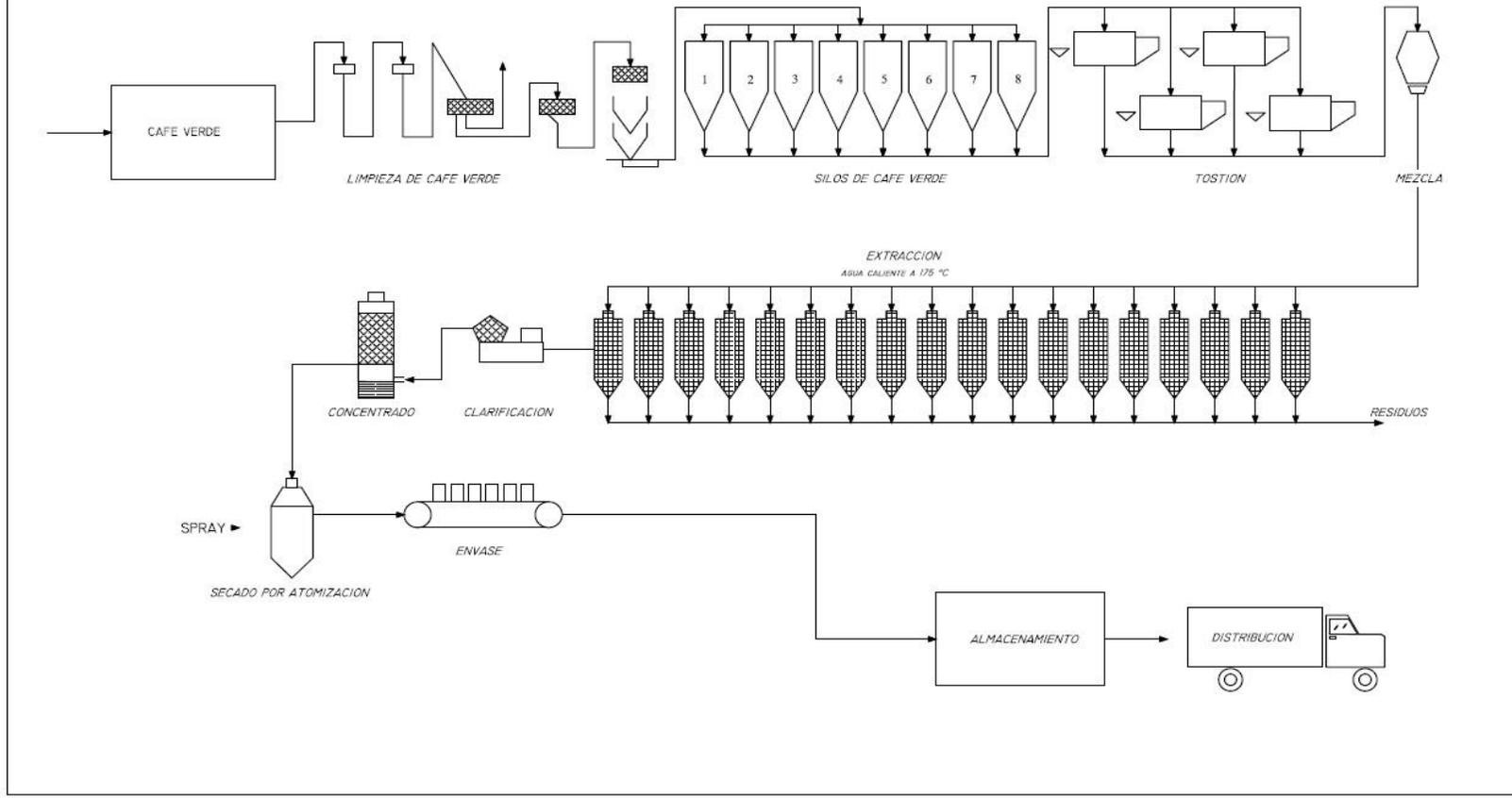
Es importante involucrar a los operadores de planta cada vez que desea instalar o implementar un equipo para la mejora en cualquier etapa del proceso.

Es necesario que cada vez que se instalen o implementen equipos nuevos para el proceso, se cumplan los mantenimientos establecidos por el fabricante según el tiempo de trabajo.

Es importante que la trituración no genere finos mayor o igual al 3% del peso de café tostado que alimentan a los extractores, ya que origina taponamiento en filtros y mala obtención de sólidos solubles.

# ANEXOS

# DIAGRAMA DE FLUJO - INDUSTRIALIZACION DE CAFE



**Diagrama 1.2: Diagrama de flujo planta Industrial**  
**Fuente: Planta Industrial de Café**

FECHA: lunes, 15 de julio de 2013

## LINEA N° 1 EXTRACCION

## LINEA N° 2 EXTRACCION

CONSTANTE 0,833																	
EXT N°	HORA CORTE	Tiemp. Ciclo	Kg. Café Tos.	Kilos Hidrólisis	Relacion Real	BRIX	Kg.Solidos	Temp °C	EXT N°	HORA CORTE	Tiemp. Ciclo	Kg. Café Tos.	Kilos Hidrólisis	Relacion Real	BRIX	Kg.Solidos	Temp °C
2	7:48	0:35	470	1744	3,71	13,20	191,76	184	7	8:08	0:33	476	1762	3,70	12,00	176,13	184
3	8:17	0:29	470	1747	3,72	13,50	196,46	184	1	8:38	0:30	470	1755	3,73	12,10	176,89	184
4	8:45	0:28	470	1745	3,71	13,50	196,23	184	2	9:07	0:29	475	1770	3,73	12,50	184,30	184
5	9:15	0:30	470	1746	3,71	12,80	186,17	184	3	9:33	0:26	472	1768	3,75	12,60	185,57	184
6	9:45	0:30	470	1738	3,70	13,80	199,79	184	4	9:59	0:26	460	1710	3,72	12,70	180,90	184
7	10:13	0:28	470	1747	3,72	12,90	187,73	184	5	10:27	0:28	472	1747	3,70	12,90	187,73	184
1	10:42	0:29	470	1745	3,71	12,50	181,70	184	6	10:54	0:27	477	1776	3,72	12,40	183,45	184
2	11:12	0:30	470	1746	3,71	12,80	186,17	184	7	11:23	0:29	476	1776	3,73	12,50	184,93	184
3	11:42	0:30	470	1744	3,71	12,90	187,41	184	1	11:53	0:30	475	1775	3,74	12,50	184,82	184
4	12:13	0:31	470	1747	3,72	12,00	174,63	184	2	12:23	0:30	477	1776	3,72	12,80	189,36	184
5	12:43	0:30	470	1738	3,70	12,00	173,73	184	3	12:51	0:28	476	1778	3,74	12,90	191,06	184
6	13:13	0:30	470	1746	3,71	12,10	175,98	184	4	13:18	0:27	475	1774	3,73	12,20	180,28	184
									5	13:46	0:28	476	1777	3,73	12,40	183,55	184

Numero de Ciclos	12
Promedio Tiempo ciclo (minutos)	0:30
Total Kg-Hidrólisis	20.933
Total-Café Tostado Kg	5.640
Promedio Carga x ciclo Kg	470
Total-Solidos Soluble Kg	2.238
Promedio Temperatura	184

Numero de Ciclos	13
Promedio Tiempo ciclo (minutos)	0:28
Total Kg-Hidrólisis	22.944
Total-Café Tostado Kg	6.157
Promedio Carga x ciclo Kg	474
Total-Solidos Soluble Kg	2.389
Promedio Temperatura	184

**Tabla 7: Datos de proceso de Extracción sin Trituración**  
Fuente: Planta Industrial de Café

En la tabla 7, los ensayos de café sin triturar se puede apreciar que la obtención de grados Brix y sus correspondiente sólidos son menor a los ensayos con trituration ( tabla 9 y tabla 10 ).

FECHA: miércoles, 17 de julio de 2013

## LINEA N° 1 EXTRACCION

## LINEA N° 2 EXTRACCION

CONSTANTE 0,833																	
EXT N°	HORA CORTE	Tiemp. Ciclo	Kg. Café Tos.	Kilos Hidrólisis	Relacion Real	BRUX	Kg.Solidos	Temp °C	EXT N°	HORA CORTE	Tiemp. Ciclo	Kg. Café Tos.	Kilos Hidrólisis	Relacion Real	BRUX	Kg.Solidos	Temp °C
1	8:11	0:34	460	1711	3,72	13,20	188,13	184	7	7:55	0:32	483	1796	3,72	12,70	190,00	184
2	8:46	0:35	460	1709	3,72	12,80	182,22	184	1	8:28	0:33	450	1651	3,67	13,20	181,54	184
3	9:21	0:35	462	1716	3,71	12,70	181,54	184	2	8:58	0:30	453	1686	3,72	12,60	176,96	184
4	9:56	0:35	464	1718	3,70	13,20	188,90	184	3	9:32	0:34	475	1773	3,73	12,50	184,61	184
5	10:31	0:35	460	1708	3,71	12,90	183,54	184	4	10:07	0:35	470	1746	3,71	12,70	184,71	184
6	11:06	0:35	456	1706	3,74	12,70	180,48	184	5	10:42	0:35	505	1879	3,72	13,30	208,17	184
7	11:41	0:35	450	1690	3,76	12,70	178,79	184	6	11:17	0:35	505	1878	3,72	12,70	198,68	184
1	12:13	0:32	462	1714	3,71	12,80	182,75	184	7	11:52	0:35	503	1873	3,72	12,20	190,35	184
2	12:45	0:32	464	1712	3,69	12,70	181,11	184	1	12:22	0:30	464	1724	3,72	12,50	179,51	184
3	13:18	0:33	462	1721	3,73	12,60	180,63	184	2	12:52	0:30	463	1726	3,73	12,60	181,16	184
4	13:53	0:35	463	1720	3,71	12,90	184,83	184	3	13:21	0:29	455	1697	3,73	12,40	175,29	184
5	14:28	0:35	461	1704	3,70	12,80	181,69	184	4	13:51	0:30	513	1901	3,71	12,80	202,69	184
6	15:03	0:35	460	1708	3,71	12,60	179,27	184	5	14:26	0:35	500	1873	3,75	12,60	196,59	184
7	15:38	0:35	460	1711	3,72	12,50	178,16	184	6	15:00	0:34	493	1839	3,73	12,20	186,89	184
1	16:11	0:33	464	1728	3,72	12,30	177,05	184	7	15:54	0:34	490	1822	3,72	13,40	203,38	184
1	2:31	0:31	470	1749	3,72	12,40	180,66	184	1	16:28	0:34	472	1763	3,74	12,90	189,45	184
2	3:03	0:32	470	1747	3,72	12,50	181,91	184	2	17:03	0:35	463	1726	3,73	12,80	184,03	184
3	3:34	0:31	470	1750	3,72	12,40	180,76	184	3	17:36	0:33	463	1721	3,72	13,70	196,40	184
4	4:04	0:30	470	1742	3,71	12,70	184,29	184	4	18:11	0:35	460	1716	3,73	12,30	175,82	184
5	4:36	0:32	470	1750	3,72	12,60	183,68	184	1	2:53	0:30	502	1857	3,70	12,80	198,00	184
6	5:08	0:32	480	1748	3,64	12,60	183,47	184	2	3:23	0:30	500	1859	3,72	12,40	192,02	184
7	5:37	0:29	480	1752	3,65	12,80	186,81	184	3	3:53	0:30	502	1862	3,71	12,10	187,68	184
1	6:07	0:30	480	1776	3,70	12,30	181,97	184	4	4:23	0:30	500	1804	3,61	13,00	195,36	184
2	6:35	0:28	480	1790	3,73	12,90	192,35	184	5	4:53	0:30	500	1859	3,72	12,50	193,57	184
3	7:05	0:30	480	1788	3,73	12,70	189,15	184	6	5:23	0:30	500	1856	3,71	12,90	199,44	184
4	7:36	0:31	480	1786	3,72	12,50	185,97	184	7	5:53	0:30	500	1878	3,76	12,60	197,11	184
									1	6:23	0:30	503	1862	3,70	13,40	207,84	184
									2	6:53	0:30	500	1872	3,74	12,40	193,36	184
									3	7:20	0:27	502	1850	3,69	13,00	200,34	184

Numero de Ciclos	26
Promedio Tiempo ciclo (minutos)	0:32
Total Kg-Hidrólisis	45.054
Total-Café Tostado Kg	12.138
Promedio Carga x ciclo Kg	467
Total-Solidos Soluble Kg	4.760
Promedio Temperatura	184

Numero de Ciclos	29
Promedio Tiempo ciclo (minutos)	0:31
Total Kg-Hidrólisis	52.349
Total-Café Tostado Kg	14.089
Promedio Carga x ciclo Kg	486
Total-Solidos Soluble Kg	5.551
Promedio Temperatura	184

**Tabla 8: Datos de proceso de Extracción sin Trituración**  
Fuente: Planta Industrial de café

En la tabla 8, los ensayos de café sin triturar se puede apreciar que la obtención de grados Brix y sus correspondiente sólidos son menor a los ensayos con trituración ( tabla 9 y tabla 10 ).

FECHA: miércoles, 04 de septiembre de 2013

## LINEA N° 1 EXTRACCION

## LINEA N° 2 EXTRACCION

CONSTANTE 0,833

EXT N°	HORA CORTE	Tiemp. Ciclo	Kg. Café Tos.	Kilos Hidrólisis	Relacion Real	BRIX	Kg.Solidos	Temp °C	EXT N°	HORA CORTE	Tiemp. Ciclo	Kg. Café Tos.	Kilos Hidrólisis	Relacion Real	BRIX	Kg.Solidos	Temp °C
6	8:15	0:30	426	1612	3,78	14,80	198,73	184	4	7:55	0:30	452	1675	3,71	14,50	202,31	184
7	8:47	0:32	424	1606	3,79	14,70	196,66	184	5	8:25	0:30	450	1657	3,68	14,20	196,00	184
2	9:19	0:32	425	1600	3,76	14,50	193,26	184	6	8:55	0:30	453	1685	3,72	14,10	197,91	184
3	9:54	0:35	420	1590	3,79	15,00	198,67	184	7	9:25	0:30	479	1795	3,75	14,10	210,83	184
4	10:32	0:38	425	1612	3,79	14,80	198,73	184	1	9:52	0:27	450	1700	3,78	14,00	198,25	184
5	11:10	0:38	425	1610	3,79	14,80	198,49	184	2	10:19	0:27	450	1698	3,77	15,00	212,17	184
6	11:48	0:38	435	1646	3,78	14,70	201,55	184	3	10:54	0:35	447	1688	3,78	14,10	198,26	184
7	12:26	0:38	435	1648	3,79	15,00	205,92	184	4	11:29	0:35	448	1686	3,76	14,70	206,45	184
2	13:04	0:38	420	1590	3,79	14,80	196,02	184	5	12:04	0:35	447	1689	3,78	14,80	208,23	184
3	13:42	0:38	430	1622	3,77	14,90	201,32	184	6	12:39	0:35	445	1622	3,64	14,80	199,97	184
4	14:18	0:36	430	1626	3,78	14,70	199,11	184	7	13:14	0:35	444	1680	3,78	16,00	223,91	184
5	14:54	0:36	430	1624	3,78	14,50	196,15	184	1	13:49	0:35	445	1650	3,71	14,10	193,80	184
6	15:30	0:36	430	1630	3,79	14,80	200,95	184	2	14:24	0:35	443	1657	3,74	14,20	196,00	184
7	16:06	0:36	430	1626	3,78	15,00	203,17	184	3	14:57	0:33	442	1677	3,79	14,50	202,56	184
1	16:41	0:35	440	1652	3,75	14,80	203,67	184	4	15:32	0:35	440	1659	3,77	14,40	199,00	184
2	17:16	0:35	430	1630	3,79	14,70	199,60	184	5	16:07	0:35	440	1650	3,75	14,80	203,42	184
3	17:51	0:35	430	1614	3,75	14,60	196,29	184	6	16:42	0:35	442	1643	3,72	14,40	197,08	184
4	18:26	0:35	430	1618	3,76	14,50	195,43	184	7	17:17	0:35	443	1627	3,67	14,40	195,16	184
5	19:01	0:35	430	1616	3,76	14,80	199,23	184	1	17:52	0:35	444	1655	3,73	14,40	198,52	184
6	19:36	0:35	430	1614	3,75	14,40	193,60	184	2	18:28	0:36	442	1668	3,77	14,70	204,25	184
7	20:11	0:35	430	1611	3,75	14,80	198,61	184	3	19:03	0:35	444	1657	3,73	14,00	193,24	184
1	20:46	0:35	420	1539	3,66	14,80	189,73	184	4	19:38	0:35	445	1642	3,69	14,00	191,49	184
2	21:21	0:35	400	1511	3,78	14,90	187,54	184	5	20:13	0:35	445	1659	3,73	15,00	207,29	184
3	21:56	0:35	400	1509	3,77	14,50	182,26	184	6	20:47	0:34	443	1663	3,75	14,10	195,32	184
4	22:32	0:36	402	1516	3,77	14,60	184,37	184	7	21:21	0:34	429	1608	3,75	15,00	200,92	184
5	23:07	0:35	404	1517	3,75	14,70	185,76	184	1	21:56	0:35	403	1504	3,73	15,00	187,92	184
									2	1:10	0:35	431	1599	3,71	14,50	193,14	184
									3	1:44	0:34	436	1595	3,66	14,50	192,65	184
									4	2:18	0:34	433	1599	3,69	14,80	197,13	184

Numero de Ciclos	26
Promedio Tiempo ciclo (minutos)	0:35
Total Kg-Hidrólisis	41.589
Total-Café Tostado Kg	11.031
Promedio Carga x ciclo Kg	424
Total-Solidos Soluble Kg	5.105
Promedio Temperatura	184

Numero de Ciclos	29
Promedio Tiempo ciclo (minutos)	0:33
Total Kg-Hidrólisis	47.987
Total-Café Tostado Kg	12.855
Promedio Carga x ciclo Kg	443
Total-Solidos Soluble Kg	5.803
Promedio Temperatura	184

**Tabla 9: Datos de proceso de Extracción con Trituración**  
Fuente: Planta Industrial de Café

En la tabla 9, los ensayos de café con trituración se puede apreciar que la obtención de grados Brix y sus correspondiente sólidos son mayor a los ensayos sin trituración ( tabla 7 y tabla 8 ).

FECHA: lunes, 02 de septiembre de 2013

## LINEA N° 1 EXTRACCION

## LINEA N° 2 EXTRACCION

CONSTANTE 0,833

EXT N°	HORA CORTE	Tiemp. Ciclo	Kg. Café Tos.	Kilos Hidrólisis	Relacion Real	BRIX	Kg.Solidos	Temp °C	EXT N°	HORA CORTE	Tiemp. Ciclo	Kg. Café Tos.	Kilos Hidrólisis	Relacion Real	BRIX	Kg.Solidos	Temp °C
5	0:43	0:35	416	1548	3,72	14,50	186,98	184	4	0:22	0:34	453	1693	3,74	15,40	217,18	184
6	1:18	0:35	420	1572	3,74	15,90	208,21	184	5	0:57	0:35	452	1632	3,61	14,80	201,20	184
7	1:53	0:35	420	1570	3,74	14,80	193,56	184	6	1:32	0:35	453	1691	3,73	14,70	207,06	184
1	2:27	0:34	422	1576	3,73	14,60	191,67	184	7	2:06	0:34	450	1678	3,73	15,00	209,67	184
2	3:03	0:36	418	1578	3,78	14,80	194,54	184	1	2:40	0:34	453	1691	3,73	14,30	201,43	184
3	3:39	0:36	420	1568	3,73	14,00	182,86	184	2	3:15	0:35	453	1687	3,72	14,50	203,76	184
4	4:15	0:36	422	1578	3,74	15,00	197,17	184	3	3:49	0:34	450	1673	3,72	14,80	206,25	184
5	4:50	0:35	424	1574	3,71	15,20	199,29	184	4	4:24	0:35	450	1679	3,73	14,60	204,20	184
6	5:25	0:35	426	1570	3,69	14,50	189,63	184	5	4:59	0:35	453	1694	3,74	14,50	204,61	184
7	6:00	0:35	424	1576	3,72	14,50	190,36	184	6	5:33	0:34	451	1690	3,75	14,80	208,35	184
1	6:36	0:36	426	1579	3,71	14,70	193,35	184	7	6:07	0:34	448	1675	3,74	14,90	207,90	184
2	7:12	0:36	422	1564	3,71	14,80	192,82	184	1	6:41	0:34	440	1635	3,72	14,80	201,57	184
									2	7:15	0:34	450	1677	3,73	14,70	205,35	184

Numero de Ciclos	12
Promedio Tiempo ciclo (minutos)	0:35
Total Kg-Hidrólisis	18.853
Total-Café Tostado Kg	5.060
Promedio Carga x ciclo Kg	422
Total-Solidos Soluble Kg	2.320
Promedio Temperatura	184
YIELD POR LINEA / TURNO	45,86
Rend. Extracción (QQ/Tons)	55,49

Numero de Ciclos	13
Promedio Tiempo ciclo (minutos)	0:34
Total Kg-Hidrólisis	21.795
Total-Café Tostado Kg	5.856
Promedio Carga x ciclo Kg	450
Total-Solidos Soluble Kg	2.679
Promedio Temperatura	184
YIELD POR LINEA / TURNO	45,74
Rend. Extracción (QQ/Tons)	55,64

**Tabla 10: Datos de proceso de Extracción con Trituración**  
Fuente: Planta Industrial de Café

En la tabla 10, los ensayos de café con trituración se puede apreciar que la obtención de grados Brix y sus correspondiente sólidos son mayor a los ensayos sin trituración ( tabla 7 y tabla 8 ).

### REGISTRO DE CONSUMO DE MATERIA PRIMA Y PRODUCCIÓN ANUAL

	2013			2014		
	QUINTALES	TONS	QQ-TONS	QUINTALES	TONS	QQ-TONS
Ene	31.749,82	563,05	56,39	29.228,30	575,70	50,77
Feb	32.762,19	575,28	56,95	29.794,95	593,88	50,17
Mar	33.309,14	593,65	56,11	30.566,94	599,94	50,95
Abr	34.066,37	599,78	56,80	28.681,37	569,64	50,35
May	34.106,08	600,03	56,84	28.274,80	563,58	50,17
Jun	31.257,90	550,80	56,75	28.865,60	575,70	50,14
Jul	33.288,88	587,52	56,66	29.193,72	581,78	50,18
Ago	33.676,52	599,76	56,15	29.573,72	587,83	50,31
Sep	29.249,92	563,04	51,95	30.494,44	599,93	50,83
Oct	30.575,76	599,76	50,98	28.646,69	569,63	50,29
Nov	30.396,99	605,88	50,17	28.252,26	563,58	50,13
Dic	30.109,25	600,03	50,18	27.996,92	557,93	50,18
<b>TOTAL</b>	<b>384.548,82</b>	<b>7038,56</b>	<b>54,63</b>	<b>349.569,71</b>	<b>6939,08</b>	<b>50,38</b>

Ene-Ago	264216,90	4669,86	<b>56,58</b>	<b>Consumo de Quintales por Tons Sin Molinos</b>
Sep-Dic	120.331,92	2.368,70	<b>50,80</b>	<b>Consumo de Quintales por Tons Con Molinos</b>

### PROYECCION CONSUMO & RECUPERACION DE INVERSION

	DIA	TONS-MES	TOTAL-QQ	QQ/TONS	
Programa Produccion dia por Linea (Tons)	20,4	612,00	34.626,50	56,58	Est- Sin Molino
			31.090,11	50,80	Est- con Molino

Costo del Quintal de café Verde \$ 80,00

#### COSTO ESTIMADOS EN RECUPERACION DE LA INVERSION

Costo Anual M.Prima Sin molino	\$33.241.881,60
Costo Anual M.Prima Con molino	\$29.881.267,20
Ahorro ( por consumo M.P)	\$3.360.614,40
Costo del proyecto	\$750.000
<b>Beneficio</b>	<b>\$2.610.614,40</b>

**Tabla 11: Registro de consumo de materia prima y producción anual.**  
**Fuente: Planta industrial de café**

En la tabla 10 se puede apreciar los consumos de quintales de café verde y toneladas producidas por mes y por año del 2013 al 2014.

Se puede apreciar que la tendencia de utilización de café verde por toneladas de café soluble producidas disminuye a partir del mes de septiembre del 2013, a raíz de la implementación del sistema de trituración.

El proyecto tiene un beneficio estimado de \$ 2.610.614,40

## BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.cafealmendraselecta.com/la-industria-del-cafe/>
2. [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211612/contLinea\\_eXe\\_/leccin\\_27\\_balance\\_de\\_materia\\_grfico\\_y\\_analtico.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211612/contLinea_eXe_/leccin_27_balance_de_materia_grfico_y_analtico.html).
3. GEANKOPLIS C.J., Proceso de Transporte y Operaciones Unitarias, Editorial CECSA MEXICO, Tercera Edición.
4. SIVETZ MICHAEL., Coffee Technology, The AVI Publishing Company, Oregon, Second Edition.
5. <https://prezi.com/b1b-m-lzj5y/proceso-de-extraccion-del-cafe/>