



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

**PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE, DE CAFÉ (*Coffea arabica*), A
ESCALA LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ
(ANACAFÉ)**

William Manuel Saballos Morales

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, noviembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE, DE CAFÉ (*Coffea arabica*), A
ESCALA LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ
(ANACAFÉ)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WILLIAM MANUEL SABALLOS MORALES

ASESORADO POR LA MA. INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO EN INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Si García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADOR	Ing. Fredy Haroldo Gramajo Estrada
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE, DE CAFÉ (*Coffea arabica*), A
ESCALA LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ
(ANACAFÉ)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 15 de mayo de 2013.



William Manuel Saballos Morales

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 25 de septiembre de 2018.
REF.EPS.DOC.786.09.18.

Ingeniera
Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Inga. Classon de Pinto:

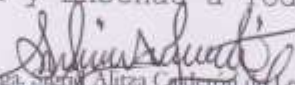
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería, **William Manuel Saballos Morales**, Registro Académico No. 200718199 procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CAFÉ (COFFEA ARABICA) A ESCALA LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ -ANACAFÉ-**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 25 de septiembre de 2018.
REF.EPS.D.367.09.18

Ing. Juan José Peralta Dardón
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente


Estimado Ingeniero Peralta Dardón.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CAFÉ (COFFEA ARABICA) A ESCALA LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ -ANACAFÉ-**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **William Manuel Saballos Morales** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra



Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.

Teléfono directo: 2442-3509

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.REV.EMI.140.018

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CAFÉ (COFFEA ARABICA), A ESCALA LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ -ANACAFÉ-**, presentado por el estudiante universitario **William Manuel Saballos Morales**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Juan José Peralta Dardón
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2018.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.195.018

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CAFÉ (COFFEA ARABICA), A ESCALA LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ -ANACAFÉ-**, presentado por el estudiante universitario **William Manuel Saballos Morales**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, noviembre de 2018.

/mjp



Universidad de San Carlos
de Guatemala




Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 513.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CAFÉ (Coffea arabica), A ESCALA LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ (ANACAFÉ)**, presentado por el estudiante universitario: **William Manuel Saballos Morales**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, noviembre de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

A mi Padre Dios Creador y Ser Supremo, al que dio su vida por mí, al que me formo a Él sea toda la honra y la gloria, porque con Dios está la sabiduría y la fortaleza; suyo es el consejo y la inteligencia, te amo Dios, por tu grandeza jamás tendré palabras para expresarme.

Mis padres

William Manuel Saballos López y Delmy Magaly Morales Aguirre a quienes siempre honraré y cuidaré, por su apoyo incondicional, por ser mi guía y creer en mí, gracias a ellos estoy logrando dar este gran paso en mi vida.

Mis hermanas

A quienes tengo en gran estima, Katya Loredana y Débora Ninoska. Por ser un gran ejemplo para mi vida, por el constante apoyo, motivación y hermandad.

Mis amigos

Por su amistad, por compartir buenos momentos y demostrarme el apoyo durante toda mi carrera.

Mis maestros

Por los conocimientos, tiempo, paciencia, sabiduría que han contribuido a mi formación.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Dios Padre gracias por guiar siempre mi camino y haberme permitido llegar a esta meta, sin ti Padre Dios nada fuera posible.
- Mis padres** Quienes me alentaron y me dieron todo lo necesario para llegar a culminar mi carrera universitaria.
- Mis hermanas** Por ser de ejemplo, demostrándome tener fuerza de voluntad, sabiduría y conocimiento.
- Mis amigos** Por brindarme su apoyo, amistad y consejo, Rolando Trujillo Erick García, Otto Hernández, Iliana Reyes, Efraín Reyes, Otto Berganza, Criste Ardón, Jaime Pérez, Cristabel Hernández, Jessica Fuentes, Joshua Quan, Gabriela Sánchez y Abner Salguero.
- Mis catedráticos y colaboradores** Por el conocimiento y apoyo: Inga. Sigrid de León, Msc. Francisco Anzueto, Msc. José Saravia, Dr.Lauriano Figueroa, Ing. Humberto Jiménez, Ing. Sebastián Marcucci, Ing. Mario Mérida, Inga. Telma Cano, Lic. Lucrecia Rodríguez, Lic. María del Carmen Samayoa, Juan Silvestre, Peter Engelhardt y Marvin Med.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XV
GLOSARIO.....	XVII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. INFORMACIÓN GENERAL DE ANACAFÉ.....	1
1.1. Antecedentes de Anacafé	1
1.2. Localización geográfica.....	2
1.3. Misión.....	3
1.4. Visión	3
1.5. Organización de Anacafé	3
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL, PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CAFÉ (<i>COFFEA ARABICA</i>), A ESCALA LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ, ANACAFÉ	5
2.1. Aspectos teóricos generales del proyecto.....	5
2.1.1. Morfología de la planta de café	6
2.1.2. Área de cultivo del café en Guatemala.....	6
2.1.3. Tipos de café en Guatemala	9
2.1.4. Morfología del fruto del café	11
2.1.5. Transformación	13
2.1.6. Beneficio húmedo.....	14

2.1.7.	Beneficiado seco	15
2.1.8.	Subproductos generados del café	16
2.1.9.	Microbiología del grano de café	17
2.1.10.	Tueste del grano de café	17
2.1.11.	Color Agtron	21
2.1.12.	Análisis de la calidad del café	21
2.1.13.	Características desagradables del café.....	23
2.1.14.	Extracción de aceite vegetal.....	23
	2.1.14.1. Extracción soxhlet	24
	2.1.14.2. Extracción por maceración	25
2.1.15.	Análisis fisicoquímico de la calidad de los aceites ..	25
2.1.16.	Análisis sensorial de la calidad de los aceites	26
2.1.17.	<i>Commodities</i>	26
2.2.	Diagnóstico de la situación actual	29
	2.2.1. <i>Antecedentes</i>	29
	2.2.2. Checklist binario	30
	2.2.3. Análisis FODA	34
	2.2.4. Análisis causa efecto.....	37
	2.2.5. Organización de las ideas	41
	2.2.6. Administración de las actividades	42
	2.2.7. Estructura, etapas y delimitación de la investigación.....	45
2.3.	Metodología para la investigación experimental de la fase de servicio técnico profesional,	48
	2.3.1. Diseño de tratamientos.....	48
	2.3.2. Diseño experimental.....	48
	2.3.3. Muestra experimental	48
	2.3.4. Manejo del experimento	49
	2.3.5. Descripción de los métodos	49

2.4.	Métodos para el análisis de la calidad en granos de café	51
2.4.1.	Análisis microbiológico en granos de café	51
2.4.1.1.	Resultado del análisis microbiológico.....	54
2.4.2.	Análisis físico y sensorial en granos de café	57
2.4.2.1.	Análisis físico de pergamino en granos de café	59
2.4.2.1.1.	Resultado del análisis del pergamino en grano de café.....	61
2.4.2.2.	Análisis físico café verde	62
2.4.2.2.1.	Resultado del análisis físico café verde	63
2.4.2.3.	Análisis físico café tostado	66
2.4.2.3.1.	Resultado del análisis físico café tostado.....	67
2.4.2.4.	Análisis físico café tostado molido	74
2.4.2.4.1.	Resultado del análisis físico café tostado molido.....	76
2.4.2.5.	Análisis sensorial café tostado.....	79
2.4.2.5.1.	Resultados del análisis sensorial del café tostado molido	80
2.5.	Métodos para la extracción de aceite de café	83
2.5.1.	Método de lixiviación en caliente Soxhlet	84
2.5.1.1.	Resultado del método de lixiviación.....	87
2.5.2.	Método de maceración dinámica	90
2.5.2.1.	Resultado del método dinámico.....	94
2.6.	Métodos para el análisis de la calidad del aceite.....	97

2.6.1.	Densidad	97
2.6.1.1.	Resultados de la densidad	100
2.6.2.	Índice de refracción	103
2.6.2.1.	Resultados del índice de refracción ..	106
2.6.3.	Solubilidad.....	108
2.6.3.1.	Resultados de solubilidad.....	111
2.6.4.	Humedad.....	111
2.6.4.1.	Resultados de humedad.....	113
2.6.5.	Índice pH:	115
2.6.5.1.	Resultados del índice de pH.....	117
2.6.6.	Índice de Saponificación basado en el método de Koettstorfer.....	117
2.6.6.1.	Resultados del índice Saponificar..	120
2.6.7.	Método de índice de acidez.....	120
2.6.7.1.	Resultados de índice de acidez.....	123
2.6.8.	Cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas	123
2.6.8.1.	Resultados de cromatografía	124
2.6.9.	Análisis sensorial del aceite de café.....	132
2.6.9.1.	Resultados del análisis sensorial	136
2.7.	Aplicación en la Industria	148
2.7.1.	Aplicación en la industria de alimentos.	149
2.7.2.	Aplicación en la industria cosméticos.....	151
2.7.3.	Aplicación en la industria farmacéutica.	152
2.8.	Costo de implementación de la propuesta	153
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE UTILIZACIÓN DE LOS DESECHOS DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ANACAFÉ.....	157

3.1.	Diagnóstico.....	158
3.1.1.	Situación actual del Laboratorio de Control de Calidad (Catación) de Anacafé.....	158
3.1.2.	Análisis causa efecto.....	159
3.2.	Volumen de los desechos del laboratorio.....	163
3.3.	Análisis de abono orgánico.....	164
3.4.	Propuesta del aprovechamiento de los desechos generados en el laboratorio.....	165
3.5.	Costo de la implementación de la propuesta.....	170
4.	FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN.....	171
4.1.	Diagnóstico de la necesidad de capacitación.....	171
4.1.1.	Situación actual de la necesidad de capacitación.	172
4.2.	Análisis causa efecto.....	172
4.3.	Plan de capacitación.....	176
4.4.	Programa de capacitación.....	180
4.5.	Evaluación al personal.....	182
4.6.	Costos de la propuesta.....	182
	CONCLUSIONES.....	185
	RECOMENDACIONES.....	187
	BIBLIOGRAFÍA.....	189
	APÉNDICE.....	191
	ANEXOS.....	195

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización geográfica	2
2.	Organigrama de Anacafé	4
3.	Morfología de la planta de café	6
4.	Área del cultivo del café en Guatemala	7
5.	Perfil de características organolépticas de Nuevo Oriente	9
6.	Tipos de café en Guatemala	11
7.	Morfología del fruto del café	12
8.	Morfología del grano del café	13
9.	Diagrama de flujo del proceso de beneficiado húmedo	14
10.	Diagrama flujo del proceso del beneficiado seco	15
11.	Desarrollo del tueste del café	19
12.	Grados del tueste del café.....	19
13.	Equipo para el tueste de café a escala laboratorio.....	20
14.	Equipo para el tueste de café a escala industrial	20
15.	Extractor Soxhlet.....	24
16.	Extractor maceración dinámica,	25<
17.	Clasificación de los Commodities	27
18.	El precio del café.....	28
19.	Diagrama causa efecto.....	40
20.	Diagrama, estructura de la investigación.....	45
21.	Flujo grama de delimitación del proyecto de investigación.....	47
22.	Diagrama de flujo proceso del análisis microbiológico del café.....	53

23.	Campana de flujo laminar, preparación de cultivos en Analab	54
24.	Siembra en cultivo en agar, café estrictamente duro	55
25.	Siembra en cultivo en agar, café de tipo duro.....	55
26.	Cultivo agar, café de tipo estrictamente duro, no hay presencia de <i>Aspergillus sp.</i>	56
27.	Cultivo agar, café de tipo duro, no hay presencia de <i>Aspergillus</i> <i>sp.</i> ,.....	56
28.	Conidióforo del hongo <i>Aspergillus sp</i> , Observado en microscopio a luz 40X.....	57
29.	Diagrama de flujo del proceso para el análisis físico de café pergamino.....	60
30.	Diagrama de flujo del proceso para el análisis físico granos de café verde.....	62
31.	Gráfico de análisis de granulometría de café verde estrictamente duro.....	64
32.	Gráfico de análisis de granulometría de café verde duro	66
33.	Diagrama de flujo del proceso del análisis físico granos de café tostado.....	67
34.	Registro de temperatura, café estrictamente duro tueste oscuro (Agtron 50).....	69
35.	Registro de temperatura, café estrictamente duro tueste claro (Agtron 70).....	70
36.	Registro de temperatura, café duro tueste oscuro (Agtron 50)	72
37.	Registro de temperatura, café duro tueste claro (Agtron70)	73
38.	Diagrama de flujo del proceso del análisis físico café tostado molido.....	75
39.	Granulometría de café tostado molido estrictamente duro	77
40.	Granulometría de café tostado molido de tipo duro	78

41.	Diagrama de flujo del proceso del análisis sensorial café tostado molido.....	80
42.	Análisis perfil de taza café estrictamente duro	81
43.	Análisis perfil de taza café duro.....	82
44.	Diagrama de tratamientos de extracción de aceite de café.....	83
45.	Diagrama de flujo del proceso de extracción por el método de lixiviación en caliente Soxhlet.....	86
46.	Diagrama de flujo del proceso de extracción por el método de maceración dinámica.....	93
47.	Diagrama de flujo del proceso de determinación densidad del aceite.....	99
48.	Diagrama de flujo del proceso de determinación del índice de refracción.....	105
49.	Diagrama de flujo del proceso de solubilidad	110
50.	Diagrama de flujo del proceso determinación del porcentaje de humedad.....	112
51.	Diagrama de flujo del proceso determinación del pH en aceite.....	116
52.	Diagrama de flujo del proceso determinación del índice de saponificación.....	119
53.	Diagrama de flujo del proceso determinación del índice de acidez	122
54.	Esquema para el análisis sensorial a 4 y 20 grados centígrados.....	133
55.	Diagrama de flujo del proceso para el análisis sensorial del aceite de café.....	134
56.	Ficha de valoración de aroma a 4 y 20 grados centígrados	135
57.	Aceite de café estrictamente duro, verde	136
58.	Aceite de café estrictamente duro, tueste claro.....	137
59.	Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro.....	138
60.	Aceite de café duro, verde.....	139
61.	Aceite de café duro, tueste claro	140
62.	Aceite de café duro, tueste oscuro	141

63.	Aceite de café estrictamente duro, verde.....	142
64.	Aceite de Café estrictamente duro, tueste claro.....	143
65.	Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro	144
66.	Aceite de café duro, verde	145
67.	Aceite de café duro, tueste claro	146
68.	Aceite de café duro, tueste oscuro	147
69.	Proceso de extracción de aceite de café escala industrial 1.....	148
70.	Proceso de extracción de aceite de café escala industrial 2.....	149
71.	Mini Secador por aspersion B-290.....	150
72.	Principio de funcionamiento.....	150
73.	Equipo KDE-300 automática encapsulación.....	152
74.	Equipo automático de encapsulación	153
75.	Diagrama causa efecto	162
76.	Dimensiones de la abonera	166
77.	Fases del proceso de compostaje	169
78.	Análisis causa efecto capacitación del personal.....	175
79.	Plan de capacitación.....	176
80.	Trifolio material de apoyo impreso para los colaboradores.....	177
81.	Código de ética material de apoyo impreso para colaboradores.....	179

TABLAS

I.	El café de Nuevo Oriente.....	8
II.	Subproductos generados del café	16
III.	Composición promedio del café verde y del café tostado.....	18
IV.	Checklist binario.....	31
V.	Matriz análisis FODA	34
VI.	Etapas de la investigación	46
VII.	Descripción de los métodos.....	50

VIII.	Material y equipo para el análisis microbiológico	52
IX.	Análisis Microbiológico realizado en granos de café	54
X.	Material y equipo para el análisis de la calidad del café	58
XI.	Análisis físico, café pergamino estrictamente duro	61
XII.	Análisis físico, muestra de café del tipo duro	61
XIII.	Análisis físico, café verde estrictamente duro	63
XIV.	Análisis de granulometría de café verde estrictamente duro.....	64
XV.	Análisis físico, café verde tipo duro	65
XVI.	Análisis de granulometría de café verde tipo duro	65
XVII.	Registro de temperatura, café estrictamente duro.....	68
XVIII.	Análisis físico, café estrictamente duro tueste oscuro (Agtron 50).....	69
XIX.	Registro de temperatura, café estrictament.....	70
XX.	Análisis físico, café estrictamente duro tueste claro (Agtron 70).....	71
XXI.	Registro de temperatura, café duro tueste oscuro (Agtron 50)	71
XXII.	Análisis físico, café duro tueste oscuro (Agtron 50)	72
XXIII.	Registro de temperatura, café duro tueste claro (Agtron70)	73
XXIV.	Análisis físico, café duro tueste claro (Agtron 70)	74
XXV.	Granulometría de café tostado molido estrictamente duro.....	76
XXVI.	Análisis físico tostado molido, café del tipo estrictamente duro	77
XXVII.	Granulometría de café tostado molido de tipo duro	78
XXVIII.	Análisis físico café tostado molido de tipo duro.....	79
XXIX.	Análisis perfil de taza café estrictamente duro	81
XXX.	Análisis perfil de taza café duro	82
XXXI.	Material y equipo de extracción soxhlet	84
XXXII.	Rendimiento %l del aceite de café oscuro	87
XXXIII.	Rendimiento porcentual del aceite de café claro	88
XXXIV.	Rendimiento % del aceite de café estrictamente duro.....	88
XXXV.	Rendimiento porcentual del aceite de café duro, verde,	89
XXXVI.	Rendimiento porcentual del aceite de café duro, tueste claro.....	89

XXXVII.	Rendimiento porcentual del aceite de café duro, tueste oscuro	90
XXXVIII.	Material y equipo para la maceración dinámica	91
XXXIX.	Rendimiento % del aceite de café	94
XL.	Rendimiento % del aceite de café estrictamente	95
XLI.	Rendimiento % del aceite de café	95
XLII.	Rendimiento porcentual del aceite de café duro, verde	96
XLIII.	Rendimiento porcentual del aceite fijo de café duro, tueste claro	96
XLIV.	Rendimiento porcentual del aceite fijo de café duro, tueste oscuro	97
XLV.	Material y equipo para la determinación de densidad	98
XLVI.	Aceite de café estrictamente duro, verde	100
XLVII.	Aceite de café estrictamente duro, tueste claro	101
XLVIII.	Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro	101
XLIX.	Aceite de café duro, verde	102
L.	Aceite de café estrictamente, tueste claro	102
LI.	Aceite de café duro, tueste oscuro	103
LII.	Material y equipo para la determinación del índice de refracción	104
LIII.	Aceite de café estrictamente duro, verde	106
LIV.	Aceite de café estrictamente duro, tueste claro	107
LV.	Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro	107
LVI.	Aceite de café duro, verde	107
LVII.	Aceite de café duro, tueste claro	107
LVIII.	Aceite de café duro, tueste oscuro	108
LIX.	Material y equipo para la determinación de solubilidad	109
LX.	Solubilidad	111
LXI.	Material y equipo para la determinación de humedad	112
LXII.	ceite de café estrictamente duro, verde	113
LXIII.	Aceite de café estrictamente duro, tueste claro	114
LXIV.	Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro	114
LXV.	Aceite de café duro, verde	114

LXVI.	Aceite de café duro, tueste claro.....	115
LXVII.	Aceite de café duro, tueste oscuro.....	115
LXVIII.	Material y equipo para la determinación índice pH	116
LXIX.	Resultados de pH para muestras.....	117
LXX.	Material y equipo para la determinación índice de saponificación	118
LXXI.	Índice de saponificación.....	120
LXXII.	Material y equipo para la determinación índice de acidez.....	121
LXXIII.	Índice de acidez.....	123
LXXIV.	Compuestos identificados en cromatografía de gases.....	124
LXXV.	Grupos a los que pertenecen los compuestos identificados	125
LXXVI.	Composición química del aceite de café estrictamente.....	126
LXXVII.	Composición química del aceite de café estrictamente duro	127
LXXVIII.	Composición química del aceite de café estrictamente duro	128
LXXIX.	Composición química del aceite de café	129
LXXX.	Composición química del aceite de café duro tueste	130
LXXXI.	Composición química del aceite de café duro tueste oscuro.....	131
LXXXII.	Material y equipo para el análisis sensorial del aceite	133
LXXXIII.	Aceite de café estrictamente duro, verde.....	136
LXXXIV.	Aceite de café estrictamente duro, tueste claro	137
LXXXV.	Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro	138
LXXXVI.	Aceite de café duro, verde	139
LXXXVII.	Aceite de café duro, tueste claro.....	140
LXXXVIII.	Aceite de café duro, tueste oscuro.....	141
LXXXIX.	Aceite de café estrictamente duro, verde.....	142
XC.	Aceite de café estrictamente duro, tueste claro	143
XCI.	Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro	144
XCII.	Aceite de café duro, verde	145
XCIII.	Aceite de café duro, tueste claro.....	146
XCIV.	Aceite de café duro, tueste oscuro.....	147

XCV.	Formula champú de café	151
XCVI.	Equipo.....	154
XCVII.	Cristalería.....	154
XCVIII.	Solventes.....	155
XCIX.	Costo Total.....	155
C.	Clasificación de los residuos sólidos.....	163
CI.	Volumen de los desechos orgánicos del laboratorio.....	164
CII.	Resultado análisis abono orgánico	164
CIII.	Consideraciones importantes en el compostaje	168
CIV.	Instalación física de la abonera	170
CV.	Programa de capacitación.	180
CVI.	Propuesta de redistribución del laboratorio de catación	181
CVII.	Costo de implementación de la fase docencia.....	182

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
σ	Desviación estándar
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
g	Gramos
Min	Minutos
%	Porcentaje
Q	Quetzales
μ	Rendimiento promedio

GLOSARIO

Agtron	Escala de medición de color de tueste del café.
Aceite fijo	Compuesto oleoso natural presente en grano y que son aislados de las mismas.
Catar	Probar un alimento o una vista para determinar su sabor y calidad.
Commodities	Producto destinado a uso comercial sin mayor diferenciación, materia prima o producto básico sin valor agregado, baja utilidad.
Cromatografía de gases	Es un medio para la separación, caracterización y análisis cuantitativo de los aceites.
Diagrama de flujo	Es la representación esquemática de la secuencia de fases o etapas que conforman un proceso o procedimiento, acompañado de los datos técnicos que sean necesarios.
Diagrama de flujo de proceso	Es la representación esquemática de la secuencia de operaciones e inspecciones, retrasos, movimientos y almacenamiento.

Eficacia	Capacidad de lograr un efecto deseado.
Eficiencia	Capacidad de lograr un efecto en cuestión con el mínimo de recursos posibles.
Extracción	Separación de los componentes de cualquier sustancia.
Hipótesis	Es un enunciado o conjunto de enunciados que precede a otros enunciados y constituye su fundamento.
Lixiviación	Es un proceso en el cual se extraen solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido.
Muestra	Pequeña porción de un sistema que sirve para evaluar propiedades.
Observación	Consiste en examinar directamente un fenómeno para su análisis.
Proceso	Secuencia de actividades cuya finalidad es la obtención de un producto.
Prueba de frío	Determina la resistencia de las grasas y aceites que presentan cristalización.

Tratamiento	Son las condiciones experimentales que se desean comparar en el experimento.
Unidades experimentales	Es el material donde evalúa la variable de respuesta y al que se le aplican los distintos niveles de los factores tratamiento.
Unidad de muestreo	Es aquella fracción de la unidad experimental sobre la cual se mide el efecto tratamiento.
Variable respuesta	Es la variable que se desea estudiar y controlar su variabilidad.

RESUMEN

El café es un producto de amplio consumo mundial. En ese contexto, la economía guatemalteca depende, en gran parte, de la producción del café por lo cual necesita ampliar y diversificar los conocimientos tecnológicos y científicos relacionados con los usos industriales de este producto.

Al crear otra posibilidad de utilización del café se propicia la diversificación en el destino del café. Esto depende del valor agregado que se obtenga de la extracción de aceite en función del curso de los precios del café. Es importante reconocer que el desarrollo industrial de la extracción del aceite de café en Guatemala, podría establecer fuentes de trabajo e ingresos económicos para un sector de la población.

En este estudio se presenta el análisis del extracto de aceite fijo de café (*Coffea arabica*), el cual contiene una mínima parte de aceite esencial de los tipos de café Estrictamente Duro y Duro, para lo que se realizaron los análisis: sensorial, físico, químico, durabilidad, cromatografía de gases aplicado a espectrometría de masa y se estimaron rendimientos.

Se ha utilizado café (*Coffea arabica*) de dos tipos, provenientes de una sola región de Guatemala para el análisis sensorial y la caracterización del café para evaluar el tipo según su calidad.

OBJETIVOS

General

Proponer la extracción de aceite de café (*Coffea arabica*) de los tipos duro y estrictamente duro, a escala laboratorio, través de los métodos de extracción de lixiviación en caliente Soxhlet y Maceración, como alternativa del aprovechamiento del café.

Específicos

1. Desarrollar la metodología necesaria para la extracción, caracterización y análisis sensorial de aceite fijo de café.
2. Determinar el rendimiento de extracción de aceite fijo de café por lixiviación en caliente Soxhlet y por maceración dinámica. A diferentes niveles de tueste Agtron.
3. Evaluar la calidad de los aceites obtenidos por medio del análisis sensorial y el análisis fisicoquímico.
4. Evaluar la composición química del aceite de café a través de cromatografía gaseosa con acoplamiento de espectrometría de masas.
5. Establecer las posibles utilizaciones del aceite de café en la industria en general.

6. Diseñar un plan de propuesta de aprovechamiento de los desechos del laboratorio de análisis sensorial de Anacafé.
7. Elaborar un plan de capacitación en la temática de Gestión de la calidad dentro del laboratorio.

INTRODUCCIÓN

Guatemala produce excelentes cafés, muy cotizados en los mercados internacionales. La calidad del café guatemalteco se debe a la fertilidad de los suelos, medio ambiente privilegiado, delicados procesos manuales. Los factores agroclimáticos y al cuidadoso proceso utilizado en Guatemala, hacen del café uno de los productos de mayor importancia y uno de los soportes económicos por su venta y exportación. Existen innumerables posibilidades de usos industriales para el café.

Al crear otra posibilidad del aprovechamiento del café por medio de la extracción de aceite, este estudio, se propicia la diversificación en el destino del café sin que influya en él la depreciación del producto. Es importante reconocer que el desarrollo industrial de la extracción del aceite de café en Guatemala podría establecer fuentes de trabajo e ingresos económicos para un sector de la población.

En la fase de servicio técnico profesional se describe la metodología para la extracción y caracterización de café (*Coffea arabica*) por los métodos de maceración dinámica y lixiviación en caliente Soxhlet, utilizando café estrictamente duro y duro, con dos niveles de tueste Agrón. Este estudio de extracción de aceite de café, proporciona datos a nivel laboratorio que podrán ser usados como base para la producción a gran escala, que pueda generar fuentes de trabajo y, sobre todo, incentivar la producción agrícola para la obtención de dicho aceite.

Además, en la fase de investigación, se incluye la propuesta de producción más limpia dentro del laboratorio de análisis sensorial, para minimizar la contaminación al medio ambiente, por medio del aprovechamiento de los desechos.

En la fase de docencia se establece un plan de capacitación sobre gestión de la calidad tomando como base la norma ISO 17025 para la mejora del Laboratorio de Control de Calidad de Anacafé (Laboratorio de catación).

1. INFORMACIÓN GENERAL DE ANACAFÉ

1.1. Antecedentes de Anacafé

“Desde el inicio de la caficultura han existido varias organizaciones de tipo estatal con el objetivo de fomentar la producción y comercialización del café. La Oficina Central del Café fue la primera institución fundada en 1928 y que funcionaba bajo la dirección del Ministerio de Agricultura. Posteriormente en 1960 se creó la Oficina Contralora del Café que era la encargada de controlar las exportaciones de café y de promocionarlo a nivel internacional. Ese mismo año el 4 de noviembre, dicha oficina se convirtió en la Asociación Nacional del Café, la cual es una entidad de derecho público, no lucrativa, constituida por los caficultores de la República y con personalidad jurídica.”¹

Actualmente, la Asociación Nacional del Café tiene como objetivo principal fortalecer la economía nacional a través de la producción y exportación de café. Tiene diferentes atribuciones, como representar al sector caficultor de Guatemala, extender licencias de exportación, desarrollar y ejecutar la política cafetalera tanto a nivel nacional, como nivel internacional y promover los cafés de Guatemala.

Anacafé representa a más de 90,000 caficultores de todo el país. La dirige una Junta Directiva, en la cual están representadas diferentes asociaciones y cooperativas de caficultores de todo el país. Los integrantes

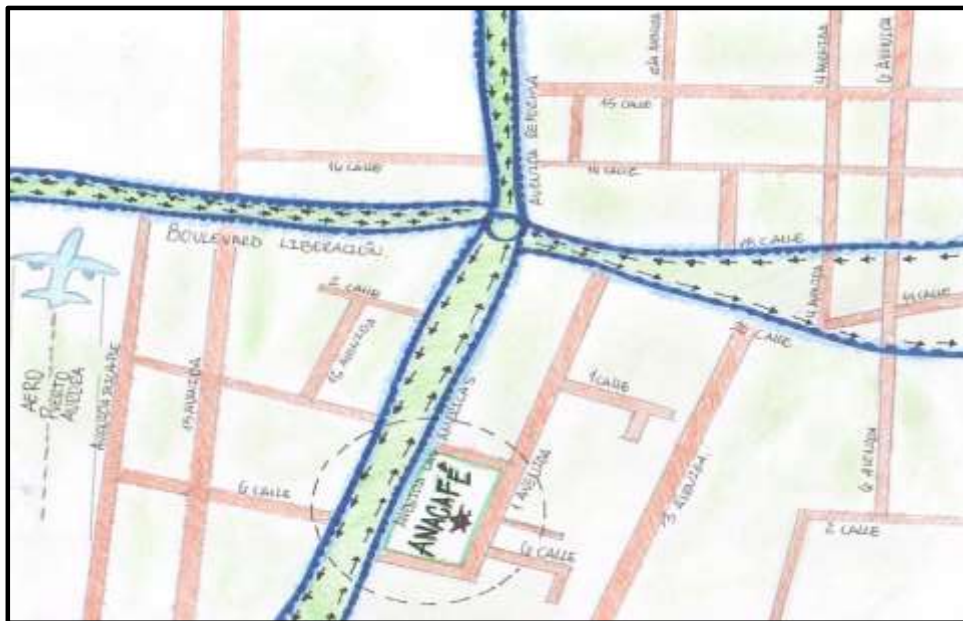
¹Generalidades, Asociación Nacional del Café, Anacafé.

son elegidos anualmente en la asamblea general ordinaria por un periodo de dos años.

1.2. Localización geográfica

Está localizada en la Calle del Café 0-50, zona 14 Guatemala, C.A. 01014, Ciudad Capital. (ver figura 1)

Figura 1. Localización geográfica



Fuente: elaboración propia, empleando programa Paint.

1.3. Misión

“Como institución gremial representante de los caficultores nacionales, vela por los intereses del sector; es responsable de prestar los servicios efectivos para lograr una caficultura sostenible, competitiva y de calidad.”²

1.4. Visión

“Anacafé, organización de vanguardia, líder de los caficultores del país, presta servicios a sus asociados y proyecta el café de Guatemala al mundo.”³

1.5. Organización de Anacafé

La Asociación Nacional del café, Anacafé, cuenta con una Junta Directiva y La Junta General que es la autoridad máxima de la entidad. A ella competen las decisiones sobre los asuntos más generales de Anacafé. La Junta General elige representantes de los caficultores ante la Junta Directiva, conoce y resuelve acerca de los balances generales y la memoria anual. La junta directiva es la encargada de ejecutar la Política Cafetera en plano interno, representa los intereses gremiales de los Caficultores, conoce y resuelve todas las cuestiones de carácter interno.

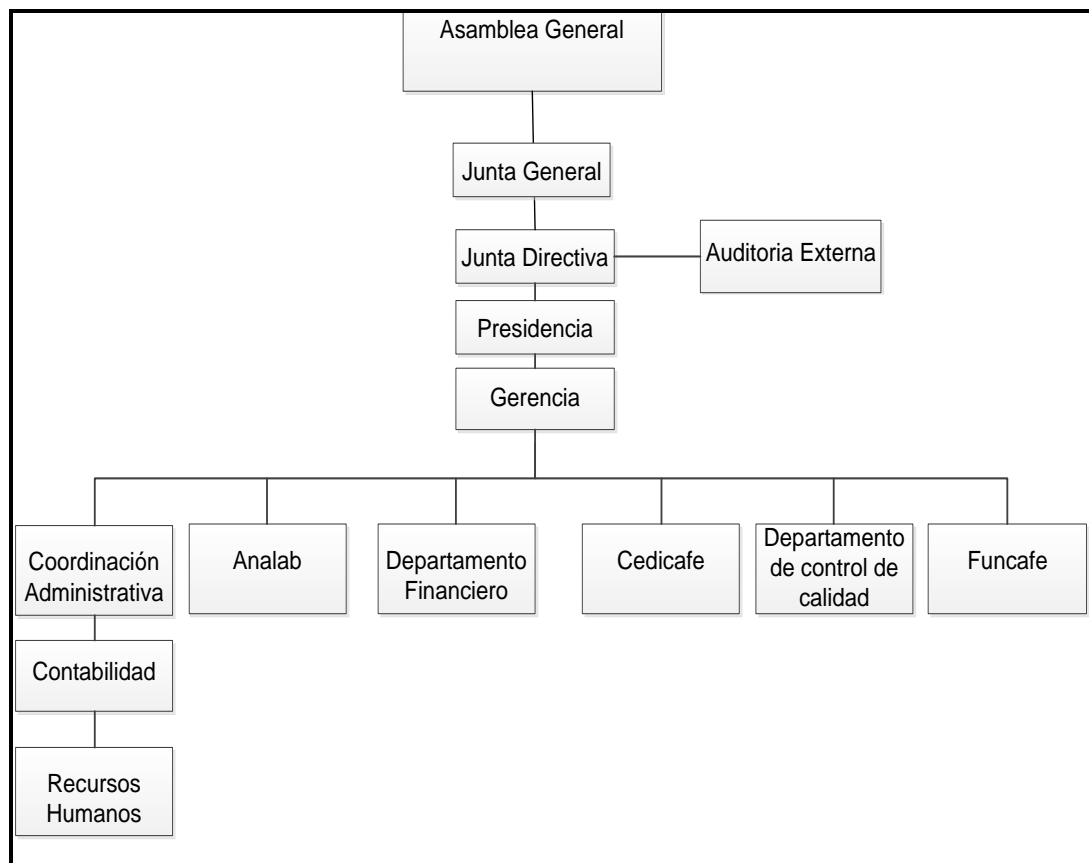
La Gerencia es el órgano ejecutivo de la Asociación y está a cargo de un gerente, quien es el funcionario superior administrativo y tiene el carácter de secretario de la Junta Directiva. Le corresponde llevar a la práctica y ejecutar las resoluciones de la Junta Directiva y las instrucciones que de esta reciba.

² Misión, Asociación Nacional del Café, Anacafé.

³ Visión, Asociación Nacional del Café, Anacafé.

Anacafé cuenta con los siguientes valores de capital humano dentro de sus instalaciones; 198 trabajadores administrativos, 111 trabajadores operativos, siendo un total de 309. En la figura 2 se describe el organigrama mixto que conforma la Asociación.

Figura 2. **Organigrama de Anacafé**



Fuente: Asociación Nacional del Café.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.PROPUESTA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE CAFÉ (COFFEA ARABICA), A ESCALA LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ, ANACAFÉ

2.1. Aspectos teóricos generales del proyecto

“El café ha contribuido a incentivar la economía del país durante más de cien años, En la actualidad el café sigue siendo uno de los principales productos de exportación del país y representa alrededor de un tercio de los ingresos generados por las exportaciones agrícolas. Desde 1960 en Guatemala el café ha venido ocupando un papel muy importante en la economía.”⁴

Es de importancia realizar esfuerzos por mejorar la cadena productiva del café, por medio de la recopilación de experiencias particulares y adecuando los conocimientos a la realidad en que se desarrolla la caficultura en Guatemala.

Es necesario reconocer que el café es y será el sostén de muchas familias guatemaltecas especialmente en el área rural. El aporte de conocimientos y la actualización de los mismos es la mejor contribución para la sostenibilidad del café de Guatemala.

Los esfuerzos para lograr los más altos niveles de operatividad de la cadena agroindustrial, para garantizar la sostenibilidad de la actividad cafetalera desde la producción a la taza, es necesario darle otros usos al grano de café de Guatemala, deben ser de interés común.

⁴ Asociación Nacional del Café. *Guía técnica de la caficultura*. p.167

2.1.1. Morfología de la planta de café

El café (*Coffea Arabica*) es una planta originaria de Angola y de Mozambique, cultivada sobre todo en Brasil, Centroamérica, Java, Sumatra, Ceilán, Arabia meridional, África tropical oriental. Es un árbol de hasta 5 metros de alto en forma de arbusto; con flores verticiladas blancas, pentámeras, de pedúnculo corto o casi sentadas y hojas anchas, delgadas y coriáceas. (Ver figura 3)

Figura 3. Morfología de la planta de café



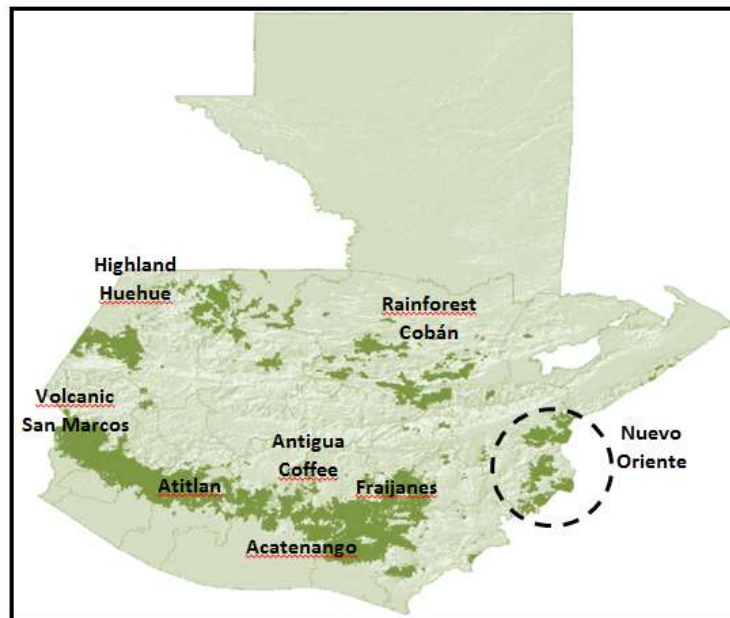
Fuente: investigación de campo.

2.1.2. Área de cultivo del café en Guatemala

En el territorio de Guatemala existen diversos microclimas, por lo cual es posible producir diversos tipos de café. Anacafé clasificó el café del país en 8 regiones (ver figura 4) para identificarlo. Para este estudio, se seleccionó el café de la región de Nuevo Oriente donde se ubica el mayor índice de pobreza de

Guatemala. El área se seleccionó para brindar una alternativa de procesamiento del café que permita obtener mayores ingresos económicos.

Figura 4. **Área del cultivo del café en Guatemala**



Fuente: Unidad SIG de Anacafé.

- **Región Nuevo Oriente**

El café de esta región ha sido cultivado, casi exclusivamente, por pequeños productores desde 1950. El clima es lluvioso y nublado, carece de suelos volcánicos, compuesto de roca metamórfica y arcilla, balanceado en minerales, Humedad relativa 70 a 80 %, influenciado por el Océano Atlántico. (Ver tabla I)

Tabla I. **El café de Nuevo Oriente**

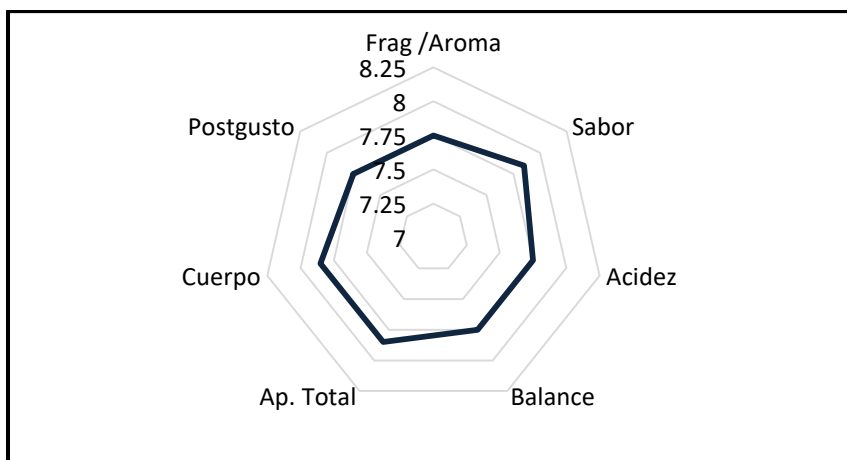
Variedades	Bourbon, Catuai, Caturra, Pache.
Altura de cultivo	1 300 a 1 700 metros
Altura de cultivo	Diciembre a marzo
Perfil de la taza	Bien balanceado, acidez pronunciada, mucho cuerpo y sabor achocolatado

Fuente: Asociación Nacional del café.

En la figura 5 se describe el perfil de características organolépticas: la fragancia /aroma se refiere la inhalación de los vapores de la taza de café, va desde el suave y apagado, bueno lavado hasta fragante y penetrante; sabor percibido por el sentido del gusto y puede ser alterado por presencia de granos no maduros o muy maduros. Entre los sabores se encuentran: mohoso, terroso, sobre fermentado, áspero, amargo o sucio. La acidez es una cualidad que incrementa con la altitud de área de siembra del café y se modifica con el grado de madurez del fruto, tiempo transcurrido entre la cosecha, despulpado o diversos factores climáticos. Se puede clasificar como escasa, ligera y balanceada.

El balance se refiere a un equilibrio entre la acidez y la dulzura; el cuerpo indica si su textura es fuerte o regular y está ligado con la naturaleza de los sólidos solubles de la infusión del café puede ser ligero, mediano, pronunciado o completo; posgusto o fineza se refiere a el sabor agradable que presentan ciertos cafés estrictamente duros y se puede clasificar como regular, balanceada, buena o presente.

Figura 5. **Perfil de características organolépticas de Nuevo Oriente**



Fuente: TORRES, Luis, *Green Book*, p. 30.

2.1.3. Tipos de café en Guatemala

“Las características organolépticas y físicas son evaluadas en intensidad y complejidad lo que determina el tipo de café. Los cafés de Guatemala han sido catalogados en el grupo de “suaves lavados”, con una producción casi total de cafés *CoffeaArabica*.”⁵ En la figura 6 se observa el tipo de café en Guatemala.

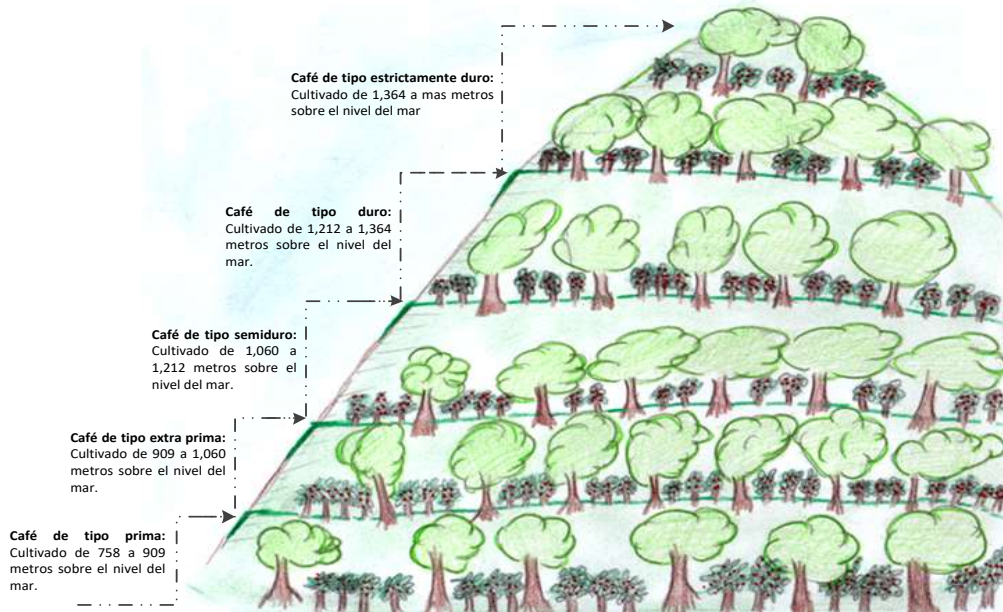
- Estrictamente duro: cultivado de 1 364 a más msnm, oro compacto, con fisura torcida, en forma de zigzag, color verde oscuro y azulado; tueste parejo, oscuro, bastante corrugado; aroma bastante fragante y taza con acidez, cuerpo pronunciado, con fineza.

⁵ Asociación Nacional del Café. *Guía técnica de la caficultura*. p.167.

- Duro: cultivado de 1 212 a 1 364 msnm, oro de tamaño grane, fisura cerrada y semitorcida, de color verde oscuro, tueste oscuro con pequeñas manchas claras, aroma fragante, taza con cuerpo y acidez balanceada.
- Semiduro: cultivado de 1 060 a 1 212 msnm, oro mediano, de color verde hade fisura poco torcida y cóncava, tueste oscuro con manchas claras, aroma fragante, taza con acidez y sabor dulce balanceado.
- Extra prima: cultivado de 909 a 1 060 msnm, oro de tamaño mediano, algo claro y liso, fisura semiabierta, tueste medio claro, poco carácter, aroma moderado, ligeramente fragante, taza con cuerpo leve y acidez moderada.
- Prima: cultivado de 758 a 909 msnm, oro es pequeño, de forma normal y liso de color verde claro, tueste claro con bajo carácter aroma, cuerpo y acidez leve.

En la figura 6 se describen los tipos de café en Guatemala, según su altura y la descripción realizada anteriormente.

Figura 6. Tipos de café en Guatemala



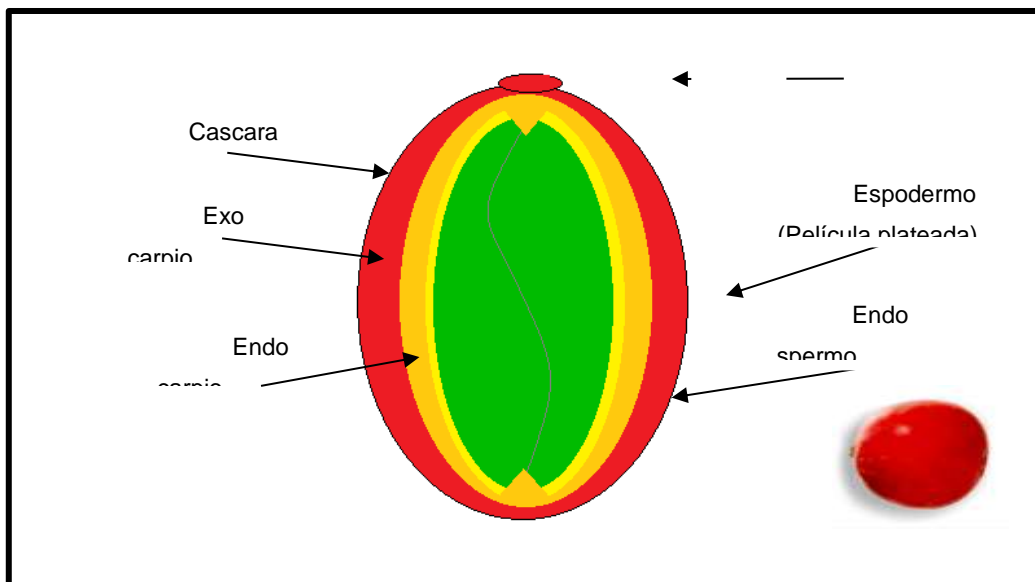
Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Morfología del fruto del café

- El cerezo

El fruto es una drupa carnosa, globosa o un tanto alargada, del tamaño de una cereza pequeña (ver figura 7). Contiene dentro del mesocarpio carnoso, en cada una de sus dos celdas, una semilla semielipítica, cada una de las semillas está rodeada de una cubierta seca apergaminada, el fruto del café es verde, primero; luego rojo, finalmente, negro azulado.

Figura 7. **Morfología del fruto del café**



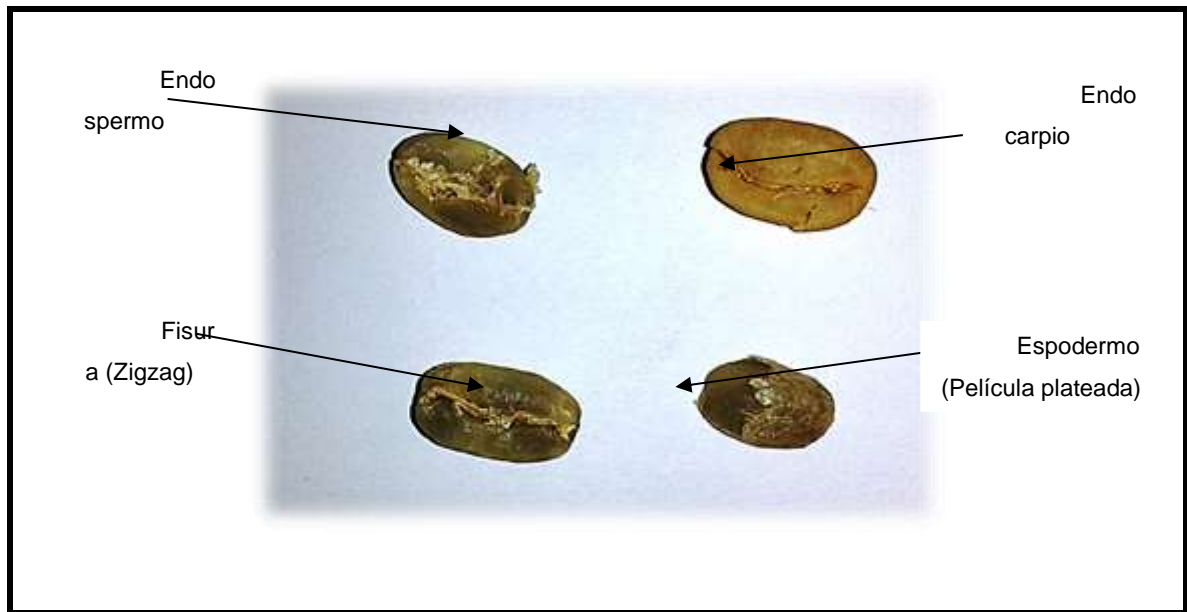
Fuente: investigación de campo.

- El grano

“El grano de café tiene aproximadamente 7-14mm de longitud, de color amarillo, verdoso, o parduzco, muy duras, corneas, convexas por el dorso, plantas por la cara ventral provistas de un surco verdoso profundo en el lado externo se hallan restos de un epispermo delgado “tegumento”. Los granos constan casi en su totalidad del endospermo enrollado por ambos bordes; el pequeño embrión está situado en un extremo de la cara dorsal y presenta una radícula y dos cotiledones planos. El tegumento recubre la superficie interna del endospermo arrollado y se conserva bastante bien en el surco o quedan por lo menos restos del mismo. Los granos son casi inodoras e insípidas, pues el conocido olor y sabor del café se desarrollan únicamente al tostarlos.”⁶ (Ver figura 8)

⁶Asociación Nacional del Café. *Guía técnica de la caficultura*. p.167

Figura 8. **Morfología del grano del café**



Fuente: investigación de campo.

2.1.5. **Transformación**

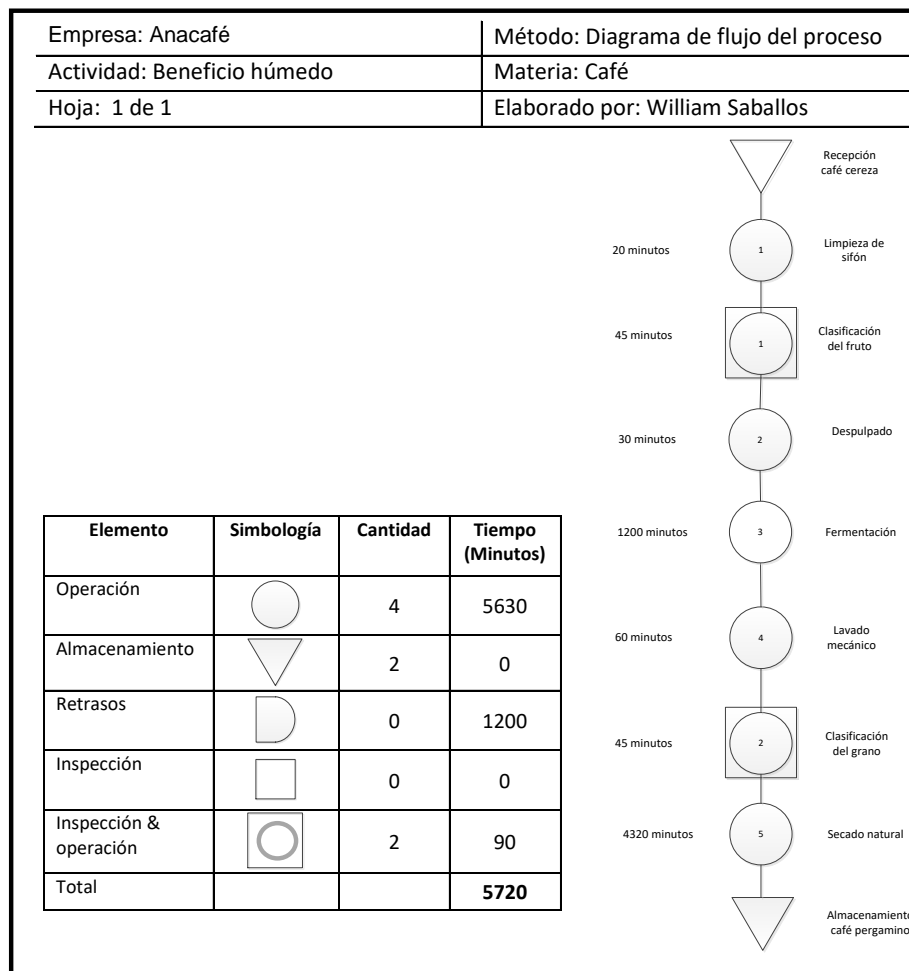
Cuando los frutos de café están maduros se recolectan, posteriormente, se realiza el proceso de beneficiado húmedo. Luego, pasan por el proceso de beneficio seco, en donde el café es almacenado. El valor agregado del café o su transformación se puede dividir en tres etapas: producción primaria, la transformación primaria del café y por último la industria final, “Los procesos de beneficiado húmedo (conversión de café cereza a pergamino) y de beneficiado seco (de café pergamino a grano de café verde que en algunos casos los dos procesos están integrados,”⁷

⁷Asociación Nacional del Café. *Guía técnica de la caficultura*. p.167

2.1.6. Beneficio húmedo

La transformación del fruto de café maduro a café pergamino seco de punto comercial, pasando por una serie de etapas. El beneficiado húmedo tiene gran influencia en la calidad del café, ya que un mal beneficiado puede dar como resultado defecto en sus características. En la figura 9 se observa el diagrama de flujo de un beneficio húmedo.

Figura 9. Diagrama de flujo del proceso de beneficiado húmedo

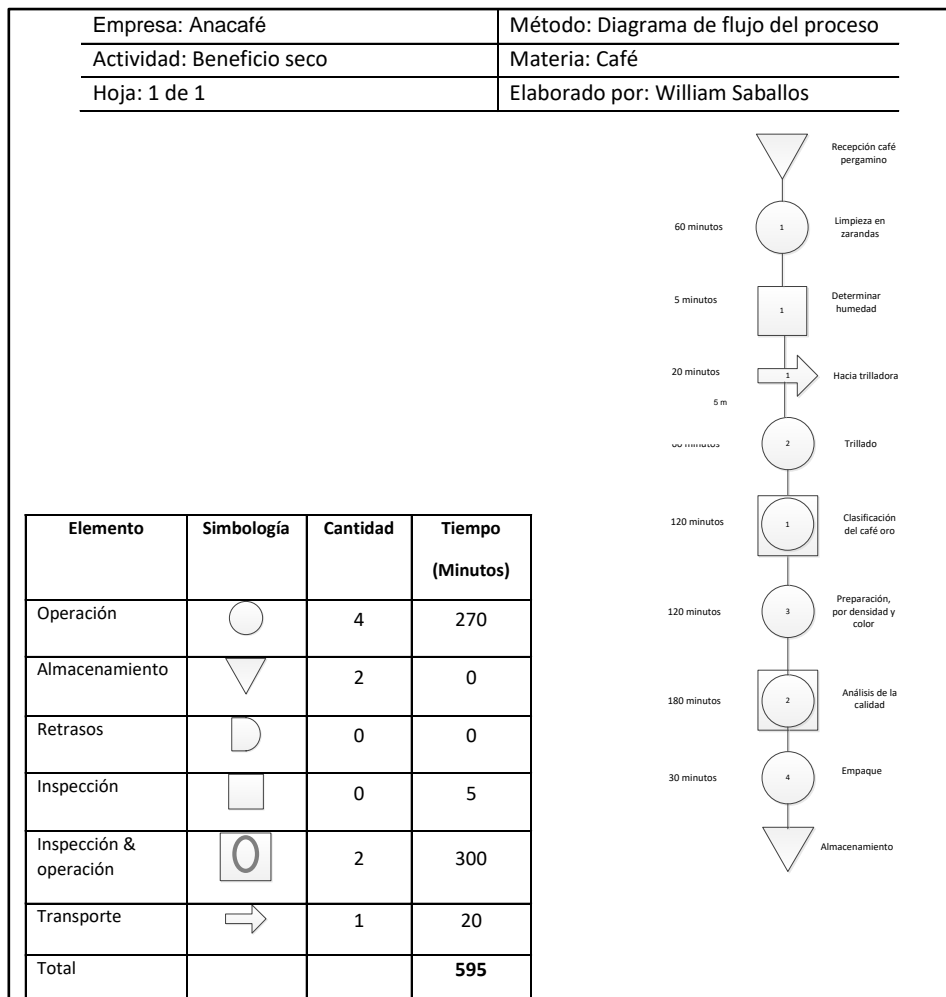


Fuente: investigación de campo, Finca Las Flores, Región 4 Nuevo Oriente, Anacafé.

2.1.7. Beneficiado seco

Parte de la transformación es el proceso del grano de café proveniente del beneficio húmedo denominado pergamino. Así se obtiene café oro que, posteriormente, se almacena para su industrialización. En la figura 10 se puede observar el diagrama de flujo de un beneficio seco.

Figura 10. Diagrama flujo del proceso del beneficiado seco



Fuente: investigación de campo, Finca Las Flores, Región 4 Nuevo Oriente, Anacafé.

2.1.8. Subproductos generados del café

El fruto del café constituye una fuente rentable inagotable de recursos, al ser manejado con tecnología, existen varios parámetros de medición para expresar la cantidad de carga orgánica en un cuerpo receptor. A través del tiempo, la productividad ha aumentado, sin embargo, el método para procesar el café no ha sufrido mayores cambios y no se ha prestado atención a los subproductos. (Ver tabla II)

El manejo inapropiado de los subproductos generados en el proceso de cultivo de café genera impactos negativos como positivo de gran magnitud, afectando al suelo agua. Los principales subproductos del café se generan durante el beneficio húmedo es la pulpa y el mucilago. Por ello, es necesario realizar investigaciones para reducir los impactos negativos.

Tabla II. Subproductos generados del café

Actividad	Subproducto	Impacto
Plantación de cafetos	Oxígeno	Positivo
Cosecha fruto de café cerezo	Granos de café dañados	Negativo
Beneficio húmedo	Pulpa, mucilago, agua de desecho	Negativo
Beneficio seco	Pergamino, materia orgánica	Negativo
Industria final	Borra de café, cafeína, café bebida,	Negativo

Fuente: U, Luis, *Green Book*, p. 30.

2.1.9. Microbiología del grano de café

El grano de café es de los principales productos de origen agrícola en el mundo. Por eso, su procesamiento y almacenamiento es importante para prevenir la reproducción de los microorganismos, como las bacterias u hongos que deterioran los alimentos. El almacenamiento adecuado evita algunas enfermedades producidas por bacterias patógenas. Son esenciales los análisis microbiológicos para lograr el buen almacenamiento y evitar la pérdida y el deterioro del grano de café.

2.1.10. Tueste del grano de café

Las cualidades aromáticas del café no aparecen ni se desarrollan si no es bajo la acción de altas temperaturas a las que se somete en el curso del tostado. En el tostado del grano de café, aproximadamente 1 000 componentes de los cuales son agentes aromáticos volátiles emergen de un pequeño contenido de compuestos en el inicio. (Ver tabla III)

Además de modificar su aspecto exterior color, volumen y contextura durante esta operación, el producto pasa por transformaciones químicas de las cuales se origina el aroma y sabores especiales y características del café. La acción de las altas temperaturas que van elevándose progresivamente da lugar a las siguientes modificaciones. Hacia 100 grados centígrados el color verde de los granos empieza a virar a amarillo; la desecación se traduce por desprendimiento de vapor de agua y olor a tostado, por encima de 120 a 140 grados el grano adquiere un tono castaño que se acentúa poco a poco. A 150 grados centígrados el café empieza a desprender un olor a grano tostado sin que pueda percibirse todavía su aroma característico. Alrededor de 150 a 190 grados centígrados, a esta temperatura los gases de combustión se

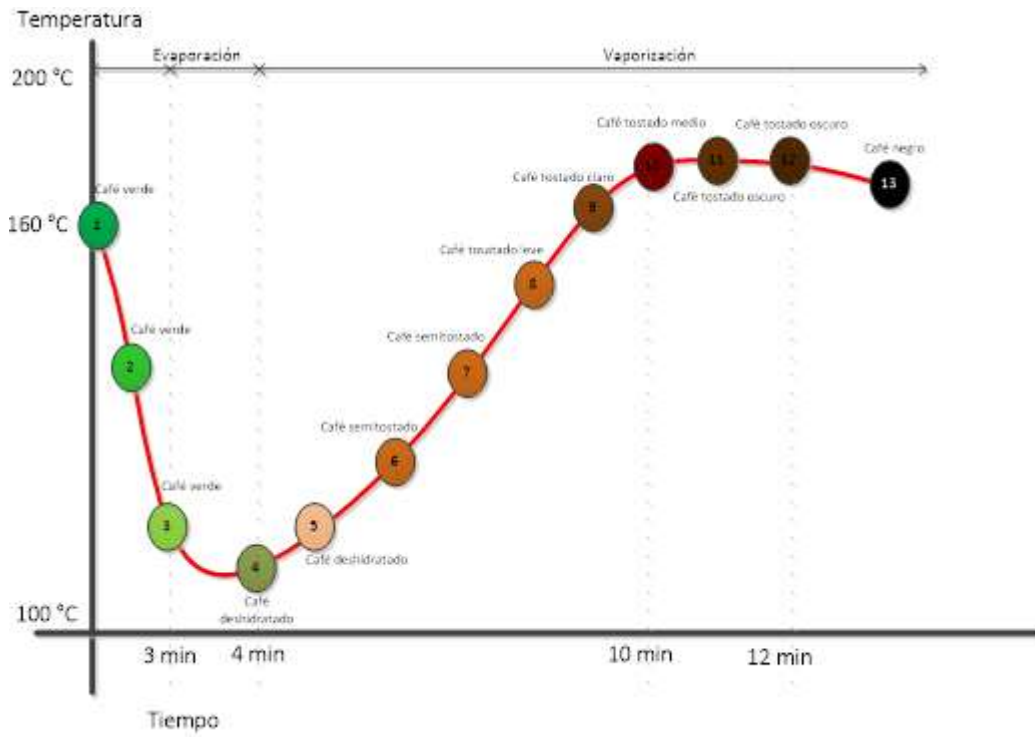
desprenden CO₂ y CO, el color de los granos vira a marrón oscuro y aumenta el volumen de los mismos. El grado de tueste es medido por medio del color, la reducción del peso es consecuencia de la pérdida de humedad. El aroma y sabor dependen del tipo del grano, origen, especie, variedad, método de secado, método de beneficiado, tiempo de cosecha y más. Para poder extraer al café sus constituyentes, además del sabor y aroma, se debe de romper el grano en pedazos pequeños. (Ver figura 11, 12,13 y14)

Tabla III. **Composición promedio del café verde y del café tostado**

Constituyentes	Verde %	Tostado %
Hemicelulosa	23,0	24,0
Celulosa	12,7	13,2
Lignina	5,6	5,8
Grasa	11,4	11,9
Cenizas	3,8	4,0
Cafeína	1,2	1,3
Sacarosa	7,3	0,3
Ácido cloro génico	7,6	3,5
Proteína	11,6	3,1
Trigonelina	1,1	0,7
Azúcares reductores	0,7	0,5
Desconocidos	14,0	31,7

Fuente: UKERS, William, *All about Coffee*, p. 30.

Figura 11. Desarrollo del tueste del café



Fuente: investigación de campo

Figura 12. Grados del tueste del café



Fuente: UKERS, William, *All about Coffee*, p. 30.

Figura 13. **Equipo para el tueste de café a escala laboratorio**



Fuente: UKERS, William, *All about Coffee*, p. 30.

Figura 14. **Equipo para el tueste de café a escala industrial**



Fuente: UKERS, William, *All about Coffee*, p. 30.

2.1.11. Color Agtron

La Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA) ha preparado un sistema de puntos para clasificar el grado de color de diferentes tipos de tostado. El sistema consiste una muestra de café finamente molido y tostado, generalmente aplastado sobre un disco Petri. De esta manera se ingresa la muestra para obtener la lectura final.

El análisis de color es el procedimiento más empleado en la industria para establecer los grados de tostado en granos de café. El color externo de los granos varía según el tueste de claro a marrón oscuro. La determinación del color se realiza mediante la medición de reflexión de la luz, o mediante inspección visual, en la que el maestro tostador establece el grado de tostado comparándolo con patrones de color *ad hoc*. La escala consiste en 95 el tostado más claro a 25 el tostado más oscuro,

2.1.12. Análisis de la calidad del café

Juega un papel muy importante en la agroindustrialización del café y el control requerido para cualquier producto alimenticio. Involucra fases en las que el error humano y los factores climáticos pueden cambiar drásticamente las características físicas u organolépticas del café y la calidad del producto final. La materia prima inicial en este proceso es el fruto del cafeto que, a través del beneficiado húmedo se transforma en café pergamino seco, luego en café oro en el beneficio seco, seguido ser procesado para la industria final.

Esto supone que antes de que el producto llegue al comprador debe ser evaluado, calificado y controlado de modo que no contenga defectos tanto físicos como organolépticos. “Esta actividad es realizada por persona con

amplios conocimientos, experiencia y habilidad natural que le permitan percibir atributos defectos.”⁸

La tolerancia a los defectos físicos depende del mercado destino, no así en el caso de los defectos de aroma, ya que, usualmente, se esperan aromas agradables y con características que el comprador exige. Dada su topografía Guatemala presenta una gran diversidad de climas y microclimas. Por ello, se producen cafés con características físicas y organolépticas con diferencias claramente marcadas. De ahí que se realice una clasificación tanto vertical como horizontal. La primera se basa en la diferencia de alturas, clasifica los cafés en tipos, lo que presenta también diferencias en sus características. Los cafés de zonas bajas son suaves y delicados, mientras que los cultivados en zonas altas presentan sabores más profundos complejos y finos. La segunda basa su clasificación en cafés producidos en altitud similar pero diferente región, lo que origina un sabor propio. La altura es una variable importante para la definición de las características físicas y organolépticas pero también lo son los distintos microclimas, suelos, régimen de lluvias, todas estas variables aunadas permiten brindar una gama variada y compleja de cafés, con sabores y características únicas para cada uno de ellos.

- Características físicas
 - Aspecto o apariencia del café en oro (verde)
 - Secamiento y humedad del grano
 - Tamaño del grano
 - Olor del grano
 - Color en oro y tostado
 - Hendidura del grano oro
 - Carácter del grano tostado

⁸Asociación Nacional del Café. *Guía técnica de la caficultura*. p.167

- **Características Organolépticas**
 - Fragancia (en café molido)
 - Aroma (en la infusión)
 - Acidez
 - Cuerpo
 - Sabor en general
 - Presencia de aromas y sabores defectuosos

2.1.13. Características desagradables del café

Las características desagradables del café pueden ser generadas por un proceso mal realizado en el beneficio húmedo y seco, también por contaminaciones con otros productos durante la manipulación y almacenamiento. Los defectos más comunes son áspero y sucio, terroso, mohoso, sabor a río o yodo, vinoso, frutoso, agrio, sobrefermento, cebolla.

2.1.14. Extracción de aceite vegetal

“Para aprovechar las sustancias activas de una planta, se recurre frecuentemente a los extractos. El proceso de extracción consiste en incorporar las sustancias activas de una planta a un solvente, que generalmente suele ser agua, alcohol o hexano; se puede realizar en frío o en caliente, y el producto resultante puede ser una solución concentrada o espesa en función de la sustancia de origen, o esperarse por propio interés con base en la aplicación que se le vaya a dar.”⁹

⁹Asociación Nacional del Café. *Guía técnica de la caficultura*. p.181

2.1.14.1. Extracción Soxhlet

Es un método en caliente, que se desarrolla empleando solventes con puntos de ebullición bajo, para evitar la degradación de la muestra conveniente para obtener los extractos crudos del tejido vegetal. La extracción soxhlet se fundamenta en la colocación del solvente en un balón, seguido por la ebullición del solvente que se evapora hasta un condensador de reflujo el condensado cae sobre un recipiente que contiene un cartucho o dedal, seguido ascenso del nivel del solvente cubriendo el cartucho hasta un punto en que se produce el reflujo que vuelve el solvente con el material extraído al balón (ver figura 15). El proceso se repite la cantidad de veces necesaria para que la muestra quede agotada. Lo extraído se va concentrando en el balón del solvente,

Figura 15. **Extractor Soxhlet**



Fuente: investigación de campo.

2.1.14.2. Extracción por maceración

Consiste en sumergir el material aromático por macerar en un líquido y dejarlo una determinada cantidad de tiempo añadiendo movimiento, para transmitir al líquido características del producto macerado. (Ver figura 16)

Figura 16. **Extractor maceración dinámica**



Fuente: investigación de campo.

2.1.15. Análisis fisicoquímico de la calidad de los aceites

Un aceite presenta características fisicoquímicas que determinan su calidad, la cual está representada por el conjunto de características propias que permiten apreciarlo como igual, mejor o peor que los restantes aceites de su clase. El patrón que define la calidad del aceite de café vendrá representada por el contenido oleoso obtenido de granos de café sanos y en perfectas condiciones de madurez, habrá que evitar para ello toda manipulación o tratamiento que altere la naturaleza química de sus componentes, tanto en la extracción, como en el transcurso de su almacenamiento.

2.1.16. Análisis sensorial de la calidad de los aceites

El análisis sensorial es una disciplina científica usada para evaluar los caracteres sensoriales de los aceites. No es posible predecir, de forma absoluta, la calidad de un aceite por su análisis químico. Los diversos compuestos de los aceites fijos son, en general, tan numerosos y sus interacciones tan complejas y desconocidas que el control de calidad no se puede completar sin recurrir al análisis.

El aroma de un determinado aceite suele estar formado por cientos de compuestos, los diversos compuestos de un aceite en general son tan numerosos y sus interacciones tan complejas y desconocidas que el control de calidad no se puede completar sin recurrir al análisis sensorial y fisicoquímico.

Como consecuencia, es imprescindible buscar una forma más fiable de evaluar en el ámbito industrial y comercial de la producción de aceites tanto para mejorar su control de calidad como para la investigación científica, aquellas propiedades características, perceptibles sensorialmente, que son las que con mayor facilidad observa el consumidor. El análisis sensorial de un aceite es el resultado evaluarlo con atención, sometiéndolo a los sentidos, sobre todo al del olfato y el gusto, y tratar de conocerlo buscando sus posibles defectos o recreándonos en sus maravillosas virtudes, con el fin de expresarlas.

2.1.17. *Commodities* de café

En economía se le denomina *commodities* a todos los bienes producidos en masa por el hombre o que hayan sido obtenidos en enormes cantidades en la naturaleza, estos bienes tienen un bajo valor y un bajo nivel de diferenciación, ejemplo de ello son los granos básicos, soya, trigo, café, ya que

se producen en masa sin mayor nivel de diferenciación se comercializan en el ámbito mundial. Los precios en los mercados internacionales son a futuro, dado a la disponibilidad y la entrega se hace posible por medio de bróker. A continuación, se clasifican algunos *commodities* (ver figura 17):

- Agricultura: café, cacao, algodón, azúcar, soya, trigo, maíz, avena, cebada, arroz, ajonjolí y más.
- Energías: crudo, gas natural, petróleo, gasolina.
- Metales: cobre, estaño, oro, plata, aluminio, titanio, mercurio y más.
- Carnes y derivados: leche y derivados, carnes y derivados, res viva, pollo y derivados, y más.

Figura 17. **Clasificación de los *commodities***

ENERGÍA	METALES PRECIOSOS	METALES INDUSTRIALES	AGRICULTURA	GANADO
Crudo Gas natural Petróleo Gasolina	Oro Plata Platino	Aluminio Cobre Níquel Zinc Plomo Estaño	Soja Trigo Maíz Azúcar Algodón Café Cacao	Ganado en pie Ganado de engorde Carne de cerdo
				

Fuente: investigación de campo.

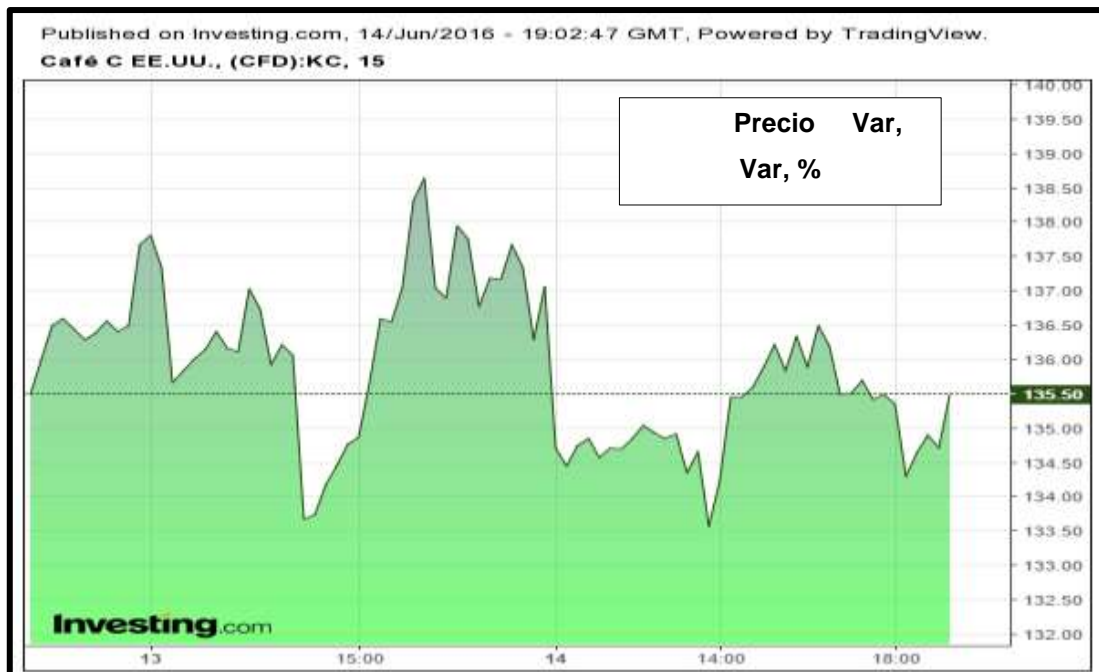
- El café en la bolsa de valor

El mercado bursátil, la bolsa de valor de Nueva York, incluye grandes transacciones de los *commodities*, en los que tienen importancia los bienes

agrícolas como no agrícolas. Se emiten contratos a futuro por medio de acuerdos donde las partes de compra venta se fecha a futuro, pero con precio que se fija en el presente.

El precio del café (ver figura 18) dominado por los países productores, como Brasil, Vietnam, Colombia, Indonesia, Etiopia, India y México ha sido inestable durante los últimos años. Por otro lado, los principales países importadores son: Canadá, Estados Unidos, Alemania, Bélgica, Noruega, Finlandia y Japón.

Figura 18. El precio del café



Fuente: LARA, Alfonso. *Medición y control de riesgos financieros*, p. 50

2.2. Diagnóstico de la situación actual

Antes de desarrollar el proyecto en el cual se aplicará la investigación experimental, se realizará el diagnóstico para saber cuál es la situación actual de la caficultura en Guatemala, con base en las problemáticas se emplearán herramientas de ingeniería que faciliten el diagnóstico.

2.2.1. Antecedentes

El café de Guatemala es un bien genérico que, generalmente, no presenta ninguna transformación, por lo cual su significado tradicional se circunscribe primordialmente al de materia prima. El café de Guatemala se clasifica en *commodity* agrícola donde el factor precio es la clave determinante de compra.

El café de Guatemala no posee mayor diferenciación en con el de América Latina. Su comercialización es casi genérica y sin marca que agregue valor específico al consumidor internacional. Este es un grave problema que atraviesa la caficultura guatemalteca. Como materia prima funciona como alimento humano no así como materia prima para la producción de otras industrias. Es innegable la importancia del grano de café en el comercio mundial, en la bolsa de valor y en los mercados financieros internacionales.

En Guatemala se produce el café (*coffea arabica*), gran parte de las exportaciones agrícolas se debe a este producto. El interés que existe en la búsqueda de alternativas de transformación para que el grano de café de Guatemala deje de ser *commoditie* debe de ser de interés nacional. A pesar del gran potencial del café como materia prima para otras industrias no existe suficiente investigación científica, pruebas ni antecedentes que determine la viabilidad del café como materia prima para otras industrias.

2.2.2. Checklist binario

El centro de investigaciones de café (CEDICAFE) forma parte de la Asociación Nacional del café de Guatemala (ANACAFÉ), en el cual surge la necesidad de generar información sobre alternativas de transformación del grano de café para su empleo en la industria y así deje de ser castigado por un bajo precio al clasificarse en *commoditie*.

Durante esta fase surge la necesidad de realizar un *checklist*(ver tabla IV), al jefe del centro, de acuerdo con las problemáticas existentes en el sector cafetalero, se formula el siguiente *unchecklist* binario como herramienta de ingeniería para el desarrollo del presente trabajo de investigación experimental. El *checklist*se realiza al jefe del centro porque es el encargado de coordinar todas las actividades y una de las personas que más conocimientos tiene en el tema del café en Guatemala.

Tabla IV. Checklist binario

Checklist, Binario				
1. Identificación				
Proyecto: Extracción de aceite de café				
Materia: Café				
Elaborado por: William Saballos				
2. Checklist				Observaciones
	i	o	/A	es
¿Existen alternativas en la transformación del grano de café en Guatemala?				Es necesario generar investigación.
¿Se exporta con algún grado de industrialización el café de Guatemala?				Café instantáneo, países de C.A.
¿Existe innovación y desarrollo de nuevos productos en la industria del café de Guatemala?				No existe investigación en este ámbito.
¿Existen nuevas tecnologías para el desarrollo de nuevos productos y subproductos de café?				
¿Se les da valor agregado a los rechazos de los granos de café?				No se ha generado información.
¿Se aprovechan los granos de café verde defectuosos?				
¿Es posible incrementar la productividad del sector cafetalero aplicando nuevas tecnologías en el sector?				Si es posible, pero no se hace.
¿Existen alternativas de transformación en el grano de café guatemalteco?				
¿Se conocen las causas que originan el bajo o pobre grado de industrialización del grano de café guatemalteco?				
¿Existe investigación científica en el sector cafetalero del país?				Solo en el sector primario.

¿Es posible realizar un estudio de la productividad de la producción del café en Guatemala?				Se necesitarían años de investigación.
¿Se puede competir a nivel mundial ofreciendo precios bajos del grano de café de Guatemala?				Indonesia y Brasil cubren el mercado mundial.

Continuación de tabla IV.

¿En Guatemala se produce café de calidad mundial?				
¿Las características organolépticas del grano de café Guatemala son agradables?				
¿El precio del grano de café de Guatemala depende de la bolsa de valor?				Si, en lo absoluto.
¿Existe triangulación de mercado con el café se exporta?				Estados Unidos y Europa lo hacen.
¿Existe automatización en los beneficios secos del país?				En algunos, no en todos.
¿Existe automatización en los beneficios húmedos del país?				En algunos, no en todos.
¿Se mejoran los estándares de calidad constantemente en el país?				
¿Se aprovechan los residuos y desechos del café en Guatemala?				
¿Es necesario generar investigación científica en el sector cafetalero?				De suma importancia, de carácter urgente.
¿No hay desarrollo en el sector cafetalero sin investigación?				Investigación recurso principal para el desarrollo del país.
Planificación del proyecto				
¿Se trabajará en conjunto con el jefe la propuesta del proyecto y la asignación de roles?				
¿Se determinará y delimitará el tamaño del proyecto?				

¿Se planificarán los análisis por realizar?				
¿Se obtendrá información de los demás departamentos para el desarrollo del proyecto?				
Orientación del proyecto				
Se determinara la orientación del proyecto?				

Continuación de tabla IV.

¿Se confirmará la comprensión del proyecto por parte del Centro de Investigaciones en café?				
¿Se obtendrá información sobre los roles y análisis por realizar de las Instituciones pertinentes?				
¿Se determinará el tipo de investigación por realizar?				Investigación experimental.
Preparación del proyecto				
¿Se preparará al epesista para la realización del proyecto en las respectivas Instituciones?				Capacitación asistida.
¿Se utilizarán Normas de Control de calidad en alimentos para el desarrollo del proyecto?				Normas SCAA.
¿Se utilizarán Normas de análisis proximal como referencia para el desarrollo del proyecto?				Normas de la calidad de los aceites.
¿Se necesitará asesoría en todas las fases?				
Inspección del proyecto				
¿Los equipos por utilizar están en correcto estado? ¿Están calibrados?				Es necesario revisarlos.
¿Las medidas dimensionales estarán dentro de las tolerancias?				Durante el proyecto se determinará.

¿Se han realizado proyectos de dicha magnitud en la Institución?				No se cuenta con laboratorio especializado.
¿Se requerirá tiempo adicional para la elaboración del proyecto?				No se puede predecir.
¿Se esperan obtener análisis imposibles de realizar?				
¿Se esperan obtener variables imposibles de manejar?				Se conocerán durante el desarrollo.
¿Se hará reproducibilidad y repetitividad				

Continuación de tabla IV.

Seguimiento del proyecto				
¿Se verificarán todos los defectos y errores de forma que hayan sido corregidos satisfactoriamente?				Se conocerán durante el desarrollo.
¿Se obtendrán resultados verídicos para proporcionarlos y documentarlos en el proyecto?				

Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Análisis FODA

En la tabla V se presenta el análisis FODA, el cual es una herramienta para analizar los factores internos y externos que contribuyen o afectan a la organización. Este estudio se basa en la valorización del grano de café oro para su uso en otras industrias, como desarrollo de nuevo producto, para ampliar la oferta de productos a exportar de Guatemala.

Tabla V. **Matriz análisis FODA**

FODA	Fortaleza	Debilidades
	Guatemala produce café de calidad mundial.	Café sin grado de industrialización.
	Características organolépticas agradables.	Bajo desarrollo e innovación en la industria.
	Café posicionado a nivel mundial.	Poco interés en implementar nuevas tecnologías.

Continuación de tabla V.

	Cercanía al mercado más grande del continente.	Desconocimiento de las alternativas que se le pueden dar al café como producto terminado.
	Denominación de origen y regiones diferenciadas.	No existe interés para apoyar al sector industrial de; café.
	Bajos costos de producción.	Inexperiencia en extractos y derivados del café.
Oportunidades	Estrategias (FO)	Estrategias (DO)
Fuerte demanda mundial de productos elaborados a base de café.	Valorización del grano de café oro para su uso en otras industrias.	Desarrollar nuevas tecnologías para el desarrollo de productos y subproductos del café.
El café es la segunda materia prima con mayor demanda mundial, seguido del petróleo.	Desarrollo de nuevos productos, ampliar la oferta de productos a exportar.	Diversificar la transformación del café, para que la venta no dependa de grano de café como tal.
Beneficio de los derivados del café para		

la salud.		
Se puede competir ofreciendo precios bajos.		
Creciente demanda de extractos de café en Francia, Italia, USA, Entre otros países.		Automatización en la industria del café, para hacer más eficientes la producción nacional, así mismo sustituir la demanda de productos nuevos y actuales.
Adecuada infraestructura para su exportación,		

Continuación de tabla V.

Amenazas	Estrategias (FA)	Estrategias (DA)
Países competidores cuentan con mayor experiencia en el mercado.	Aumentar la productividad, lanzamiento de productos innovadores a precios bajos y de excelente calidad.	Producción de nuevos productos de café aprovechando los rechazos del café, residuos y desechos.
Mercado destino con posicionamiento de otros países.		
Productos sustitutos con alta demanda.		
Políticas arancelarias a mercados destino.	Los estándares de calidad mejorarlos constantemente.	Realizar acuerdos entre empresas del sector "consorcios de exportación" para la exportación de nuevos productos.
Competencia automatizada y con precios competitivos.		
Materia prima inestable en oferta y demanda.		

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Análisis causa efecto

En la figura 19 se presenta el diagrama causa y efecto, a continuación se presentan las características analizadas.

- Problema

Para el siguiente diagrama causa efecto, se especifican por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan o estratifican de acuerdo con sus similitudes en ramas y subramas, que causan el efecto o problema de la inexistencia de alternativas en la transformación del grano de café (*Commodity*) como producto terminado para su uso en otras industrias.

- Causa raíz

La causa raíz se identifica como la falta de investigación en innovación y desarrollo de nuevas tecnologías en el sector cafetalero del país, para el crecimiento del sector.

- Causas

- Maquinaria y equipo

- Sin disponibilidad de la infraestructura adecuada en las empresas y organizaciones exportadoras de café. De igual forma no se tienen los equipos necesarios para la transformación del grano de café, debido a que no saben que maquinaria y equipo es el más apropiado.

- Es necesaria la búsqueda y aprendizaje de nuevas tecnologías de procesamiento. Se debe adquirir maquinaria de la más reciente tecnología para estar a la vanguardia y ser más competitivos profesionalmente.
- Medio ambiente
 - Es necesario el apoyo de otras instituciones que puedan apoyar el proceso productivo. Se necesita un análisis de la inversión requerida según los aspectos técnicos y de factibilidad.
 - Merma en la producción debido al cambio climático, tanto a nivel nacional como a nivel mundial, cosechando granos de menor calidad.
- Mano de obra
 - Las organizaciones y empresas de café en el país no tienen profesionales ingenieros especialistas en café, en el país no existe una institución que prepare técnicos en café.
 - Se necesita capacitar al personal en todos los aspectos de procesamiento de café y establecer un sistema de capacitación continua según las necesidades.
- Medición
 - En la recolección de granos de café durante las cosechas que existen en las diferentes regiones del país, cierta cantidad de granos son defectuosos los cuales son desechados sin darle un aprovechamiento adecuado.

- Materiales

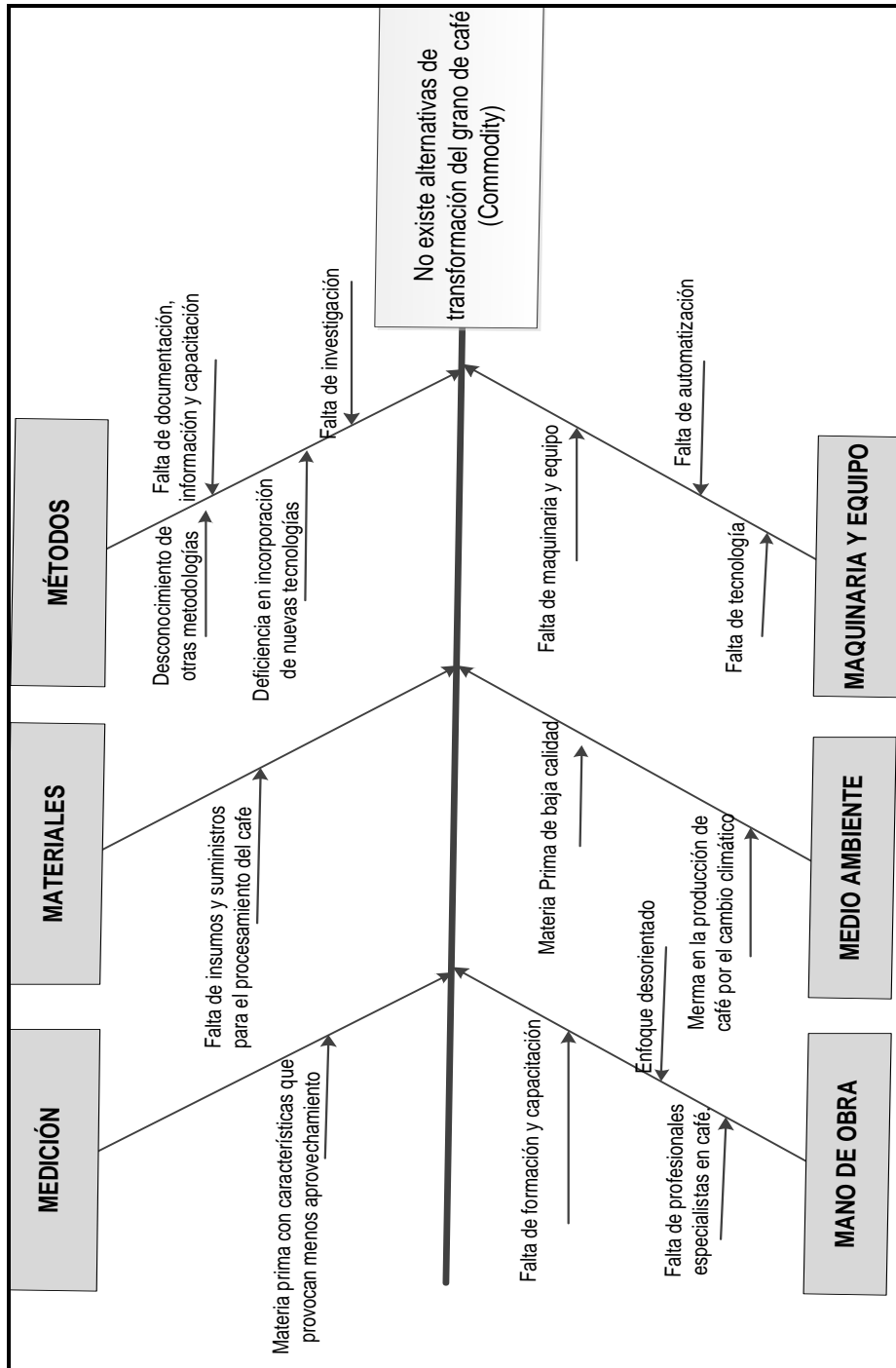
- En algunas empresas exportadoras de café no cuentan con infraestructura adecuada para un buen almacenamiento de granos.
- En ciertos beneficiados húmedos no cuentan con un producto químico para el lavado, la limpieza de las piletas, correderos y todas las superficies de contacto.
- En ciertos beneficios secos no cuentan con un empaque adecuado para el almacenamiento de los granos clasificados.

- Métodos

- Las organizaciones y empresas de café, en su mayoría no verifican sus procedimientos en sus procesos de producción.
- Las organizaciones y empresas de café en el país, no evalúan ni implementan manuales de producción con la maquinaria adecuada.

Los problemas se deben al bajo nivel de productividad del sector cafetalero, la falta de desarrollo de nuevas tecnologías e investigación que den solución a la problemáticas en el sector cafetalero del país, el grano de café está castigado a ser exportado a un bajo precio clasificado como un *commodity*.

Figura 19. Diagrama causa efecto



Fuente: elaboración propia.

2.2.5. Organización de las ideas

Con base en las herramientas utilizadas, se define la propuesta de solución a esta problemática por medio de la valoración del grano de café a través de la extracción de aceite. Para que el grano de café deje de estar castigado por los precios bajos de la bolsa de valor y deje de ser un *commoditie*.

Para tal efecto se presenta la propuesta a los departamentos de recursos humanos de Anacafé y a Cedicafé los cuales aprueban la investigación sobre la extracción de aceite fijo de café (*Coffea arabica*). Además, se sugiere que se realice la investigación en conjunto con el Laboratorio de Ingeniería de extractos vegetales de la Universidad de San Carlos de Guatemala (LIEXVE),

Se realiza la tercera entrevista no estructurada al Jefe de LIEXVE para recibir asesoría relacionada con la investigación. Sugiere realizar la extracción de aceite a café verde estrictamente duro y a café duro. Posteriormente, se someterá a niveles de tostado, oscuro y claro. Además, se definen los análisis fisicoquímicos por realizar para la caracterización del aceite: densidad, índice de refracción, solubilidad, humedad, pH, índice de saponificación, índice de acidez, cromatografía, análisis sensorial.

La cuarta entrevista no estructurada se realizó a la directora del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Indica que los dos métodos de extracción correctos para la investigación son: maceración y lixiviación en caliente soxhlet, Para su posterior análisis de cromatografía gaseosa acoplado a espectrofotometría de masas.

2.2.6. Administración de las actividades

Como parte del proyecto de investigación se describirá detalladamente cada actividad dejando registro de los tiempos relacionados a la evaluación técnica de la calidad hacia los diferentes análisis y elementos dentro de los procesos. La responsabilidad del proyecto de investigación ha sido atribuida al investigador para que presente dicha investigación como proyecto de graduación.

- Materiales y equipos

Durante las operaciones en los laboratorios de análisis se contará con equipos y materiales que apoyen a la aplicación de técnicas de los análisis físico, químico, microbiológico y sensorial, se efectuara un inventario general de los equipos distribuidos en cada una de las áreas, indicando su condición y funcionamiento registrando los datos en cada análisis por medio de tablas.

- Planeación

El investigador desarrolló actividades en cada una de las áreas de operación. Con base en la información de campo, el proceso de planeación consistió en disponer los esfuerzos y los recursos dentro de la estructura actual para su ejecución de la siguiente forma:

- Análisis microbiológico
 - Recursos humanos: el investigador es responsable de la ejecución de estos tipos de análisis el único con conocimientos en técnicas y métodos generales aplicables.

- Recursos materiales/ tecnología: se realizó un inventario físico de materiales y equipo, por medio de formatos de reporte y equipos previamente dispuestos para su empleo. El investigador lo inspeccionó en el lugar y es abastecido con autorización del jefe de cada área.
 - Administración de tiempos: estos se realizan en forma discontinua, son efectuados solamente con solicitudes especiales al jefe de cada área.
- Análisis físicos y químicos
- Recursos humano: son responsables de la ejecución de estos tipos de análisis el investigador con apoyo del personal de cada laboratorio.
 - Recursos materiales: se mantiene una bitácora diaria del consumo de materiales y reactivos más utilizados para estos análisis. Estos materiales y reactivos son contabilizados (peso y volumen).
 - Tecnología: se encuentran equipos a completa disposición del investigador.
 - Administración de tiempos y ejecución: la frecuencia para la realización análisis físico químicos al material vegetal y al producto obtenido se encuentra definida y realizada inconstantemente, susceptibles a cambios inmediatos requeridos por los jefes. Se mantiene la frecuencia de las materias primas, insumos y químicos, y elaboración de análisis. Los materiales, como plásticos, recipientes, contenedores, y papel para filtrar, no poseen una frecuencia

establecida, por lo que, son inspeccionados esporádicamente. Como característica principal de la planeación de actividades en el laboratorio, se identifica el poco desarrollo de medios de apoyo para la asignación de responsabilidades y gestión de tiempos que ayuden al involucramiento continuo del personal en las actividades a desarrollar.

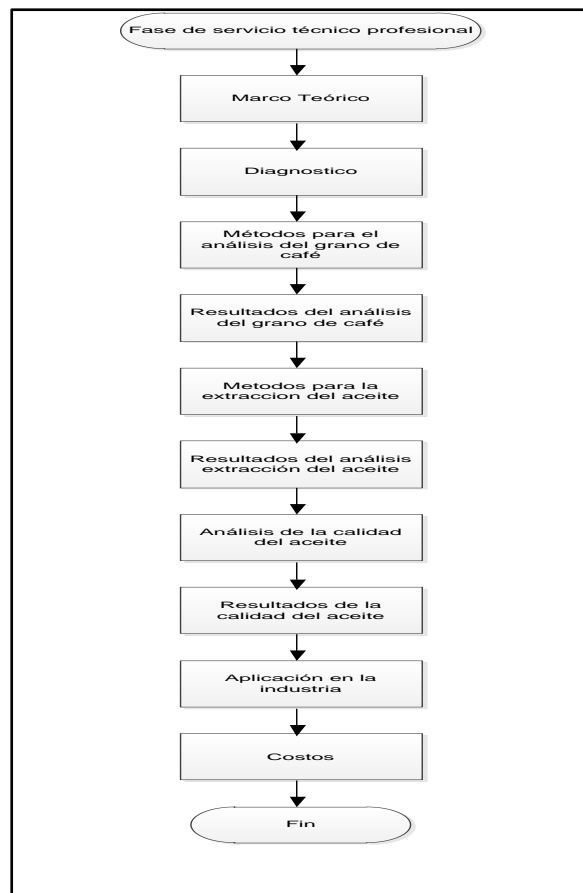
- Control

Durante las actividades han sido establecidos como mecanismos de control el uso una bitácora y formatos de reportes en los cuales se documentan los análisis realizados en los laboratorios hacia los diferentes análisis. Estos formatos de control reportan información sobre el análisis realizado y sus resultados, el investigador es el responsable tanto del muestreo como de la ejecución del análisis, fecha y hora de la ejecución, algunas observaciones realizadas todo esto aprobado mediante el visto bueno de los jefes de cada laboratorio. Mediante el uso de estos mecanismos de control se conservó el resultado obtenido en parámetros analizados por comparación con criterios anteriormente especificados. Estos se comunican al jefe de cada área. No obstante el uso de estos registros, no existe una base de datos digital en la cual, por medio de parámetros estadísticos, se puedan determinar tendencias del comportamiento que apoyen el proceso de toma de decisiones en diversas áreas, además, de facilitar modelos para la presentación adecuada de información.

2.2.7. Estructura, etapas y delimitación de la investigación

Obtenida la información se plantea la estructura, las etapas y la delimitación de la fase de servicio técnico profesional, para conocer la viabilidad de la extracción de aceite de café a escala laboratorio, aprovechando el apoyo del laboratorio de extractos vegetales (LIEXVE) y el laboratorio de control de calidad del café de Anacafé, (ver figura 20), Se define el tema: “Propuesta de extracción de aceite de café (*Coffea arabica*), a escala laboratorio de la Asociación Nacional Del Café –Anacafé–”, (ver tabla IV)

Figura 20. Diagrama, estructura de la investigación



Fuente: elaboración propia.

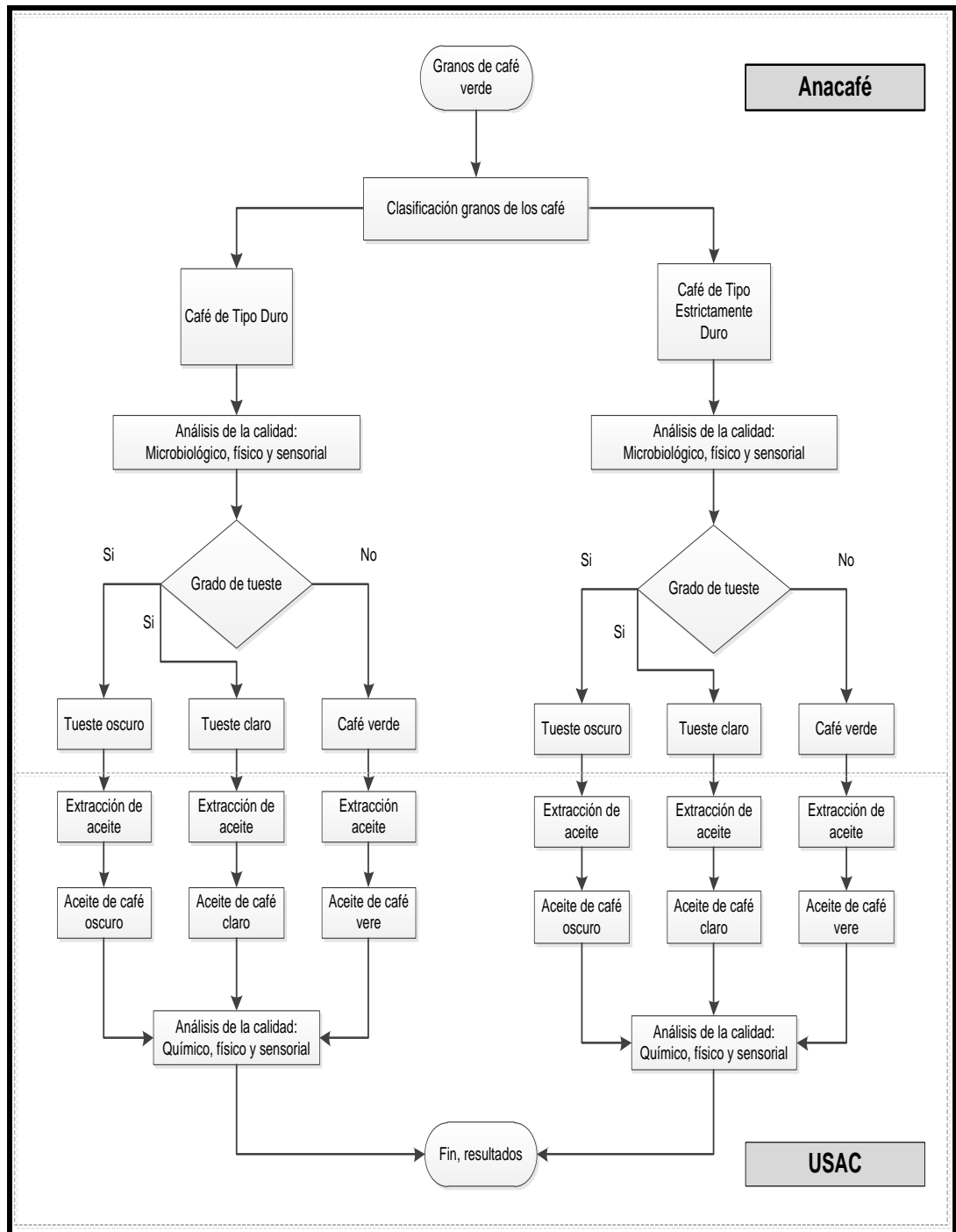
Tabla VI. **Etapas de la investigación**

		Documento	Pruebas a realizar en:
Etapa 1	Selección de los granos de café	Protocolo SCAA	Anacafé: Laboratorio de control de calidad.
Etapa 2	Análisis microbiológico	NTC 4422-1	Anacafé: Laboratorio de análisis de suelos.
Etapa 3	Análisis de la calidad de los granos de café	Protocolo SCAA	Anacafé: Laboratorio de control de calidad.
Etapa 4	Extracción de aceite	NMX-F-089-S-1978	USAC: Laboratorio de extractos vegetales.
Etapa 5	Análisis de la calidad del aceite	COGUANOR	USAC: Laboratorio de extractos vegetales.

Fuente: elaboración propia.

En esta sección del proyecto de investigación se describe en orden los análisis a realizar por medio de un flujo grama que nos permita representar de forma sencilla y gráfica la secuencia de los análisis, para obtener una visión general del proyecto, cómo se relacionarán los elementos que componen la fase de servicio técnico profesional, (ver figura 21), se determina la metodología, de acuerdo con las características del tipo de café.

Figura 21. Flujo grama de delimitación del proyecto de investigación



Fuente: elaboración propia.

2.3. Metodología para la investigación experimental de la fase de servicio técnico profesional

A continuación, se describe el diseño de tratamientos, el diseño del experimento, la muestra experimental, el manejo del experimento y la descripción de los métodos para realizar la investigación experimental.

2.3.1. Diseño de tratamientos

Con base en la delimitación del proyecto inciso (2.2.7) planteado en el diagnóstico del rendimiento y la calidad de la extracción de aceite fijo de café, se evalúa al someter la muestra de café a un método de obtención de aceite. Se examinan dos tipos de café, café duro y café estrictamente duro. Se toman tres muestras distintas por cada tipo de café. Una muestra se somete a tueste oscuro, la otra, a tueste claro y, la última, no se tuesta y queda como café verde. Con lo cual se tienen seis tratamientos, con tres repeticiones cada tratamiento para su validación.

2.3.2. Diseño experimental

Se utilizan dos diseños al azar para aplicar dos experimentos factoriales, con dos factores con tres niveles, tres muestras diferentes, lo cual da como resultado seis tratamientos, aplicando los resultados la desviación estándar.

2.3.3. Muestra experimental

Se utilizan tres muestras experimentales, café sin tostar verde, café tostado claro, café tostado oscuro, para pruebas a nivel laboratorio, 15 gramos de muestra para cada una de las corridas en el laboratorio

2.3.4. Manejo del experimento

El material vegetal (granos de café) se obtiene de la cosecha del área de Nuevo Oriente. Luego, el material vegetal se lleva a las instalaciones del laboratorio de control de calidad de Anacafé, para que el investigador lo analice utilizando el protocolo de Asociación americana de cafés especiales (siglas del nombre en inglés SCAA). El material vegetal se deposita en bolsas especiales (*greenpack*) para almacenarlo correctamente. Luego, este material vegetal reduce de tamaño para los tratamientos por medio de molino de discos. Luego se pesan las cantidades que se requieren para cada tratamiento.

Después de obtener el material reducido se traslada a las instalaciones del laboratorio de extractos vegetales LIEXVE de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala para el análisis por parte del investigador, se utiliza la norma mexicana NMX-F-089-S-1978 para la extracción de aceite vegetal. Posteriormente, se analiza la calidad del aceite y es caracterizada fisicoquímicamente en donde se utiliza la norma COGUANOR-34072. Se envían 6 muestras de aceite al laboratorio de Toxicología de la Facultad de Farmacia para su análisis químico por medio de cromatografía de gases.

2.3.5. Descripción de los métodos

Los métodos propuestos para los análisis del material vegetal (granos de café), extracción del aceite, análisis de la calidad del aceite se describen a continuación en la tabla VII.

Tabla VII. Descripción de los métodos

Método	Norma	Descripción
Microbiología de granos y semillas	NTC 4422-1	Detección de hongos entomopatógenos
Calidad del grano de café	SCAA	Normas y estándares de la calidad del café y análisis sensorial
Tostado del grano de café	SCAA	Grado, color, tiempo, temperatura, aspecto y homogeneidad
Extracción de aceite en granos y semillas	NMX-F-089-S-1978	Métodos de extracción
Caracterización del aceite	COGUANOR 34072	Conocer la calidad global del aceite
Densidad del aceite	COGUANOR 34072	Conocer la densidad del aceite, en relación al volumen
Índice de refracción del aceite	COGUANOR 34072	Conocer la relación entre el ángulo de incidencia y refracción de un rayo de luz que pasa del aire a temperatura constante
Solubilidad del aceite	COGUANOR 34072	Conocer para que sustancias el aceite es solvente
Humedad del aceite	COGUANOR 34072	Conocer la cantidad de agua no combinada en el aceite
Índice del pH del aceite	COGUANOR 34072	Conocer la concentración de iones de hidrogeno
Índice de Saponificación del aceite	COGUANOR 34072	Determinar la cantidad de materia que se saponifica con KOH en 1 gramo de muestra
Índice de Saponificación del aceite	COGUANOR 34072	Determinar la cantidad de materia que se saponifica con KOH en 1 gramo de muestra

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se describe el uso de normas nacionales e internacionales para el análisis de los aceites, las normas nacionales son las COGUANOR, las normas mexicanas NMX y las normas técnicas colombianas NTC y finalmente el protocolo de Asociación americana de cafés especiales sus siglas en inglés SCAA.

2.4. Métodos para el análisis de la calidad en granos de café

Para determinar la calidad del grano de café se procede a realizar un suceso de análisis que engloban la calidad microbiológica, física y sensorial. A través de ello, se establece un protocolo de los análisis de la calidad del café como mejora dentro del Laboratorio “catación” de Anacafé. Se desarrollan análisis con sus resultados como ejemplo de pasos para su realización.

2.4.1. Análisis microbiológico en granos de café

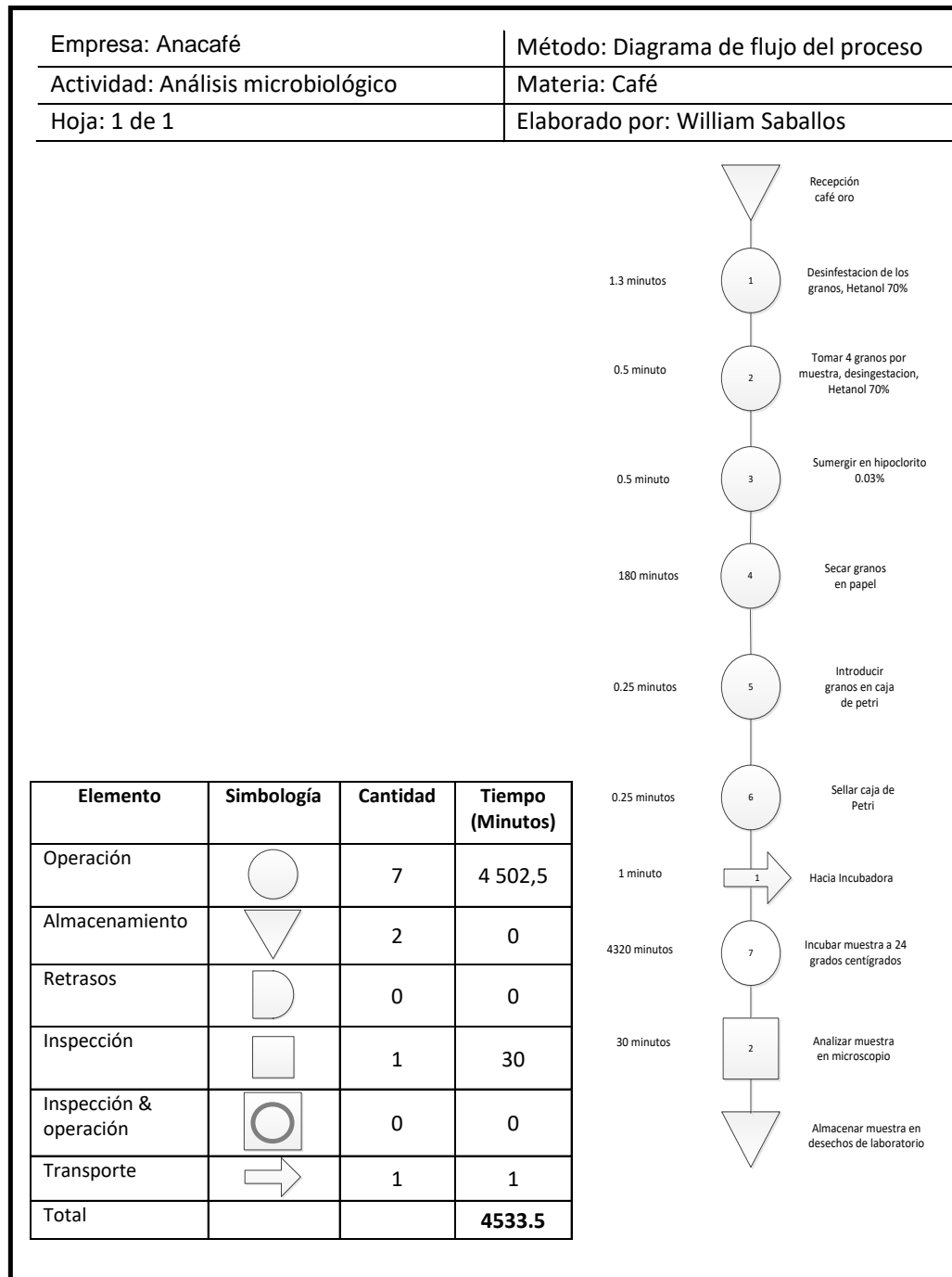
El medio para el análisis microbiológico en granos se realiza en el laboratorio donde sean controlables las condiciones internas, luz, humedad, iluminación, asepsia y ventilación. Para este análisis se utilizan materiales y equipos descritos, la prueba se realiza en granos de café estrictamente duro y duro. Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas y Aguas de Anacafé, (ver tabla VIII y figura 22).

Tabla VIII. **Material y equipo para el análisis microbiológico**

Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	En servicio (Si/No)	Fuente de información
Campana extractora de flujo laminar	1	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Caja de Petri	3	2013	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Etano 70%, galón	1	2013	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Hipoclorito 0.03%, galón	1	2013	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Agua desmineralizada, galón	1	2013	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Papel mayordomo	1	2013	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Pinzas	3	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Cultivo agar	4	2013	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Parafilm	1	2013	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Incubadora	1	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio

Fuente: Laboratorio análisis de suelos, Analab.

Figura 22. Diagrama de flujo proceso del análisis microbiológico del café



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.4.1.1. Resultado del análisis microbiológico en granos de café

Se observaron granos de café en oro los cuales se colocaron en medio de cultivo PDA y en incubadora, se aisló la presencia del hongo *Aspergillus sp.* En granos de café de tipo estrictamente duro y duro, (Ver tabla IX), En las figuras 23, 24, 25, 26, 27 y 28 se observa el procedimiento de toma de muestras gráficamente para el análisis microbiológico

Tabla IX. Análisis Microbiológico realizado en granos de café

Tipo de café	Agente Causal	Sintomatología
Estrictamente duro	Sin evidencia alguna	Granos de café en oro
Duro	<i>Aspergillus sp.</i> ,	Granos de café en oro

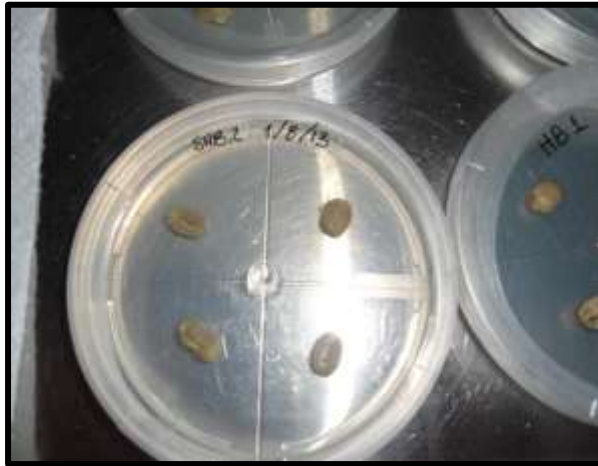
Fuente: investigación de campo.

Figura 23. Campana de flujo laminar, preparación de cultivos en Analab



Fuente: investigación de campo.

Figura 24. **Siembra en cultivo en agar, café estrictamente duro**



Fuente: investigación de campo.

Figura 25. **Siembra en cultivo en agar, café de tipo duro**



Fuente: investigación de campo.

Figura 26. **Cultivo agar, café de tipo estrictamente duro, no hay presencia de *Aspergillus sp***



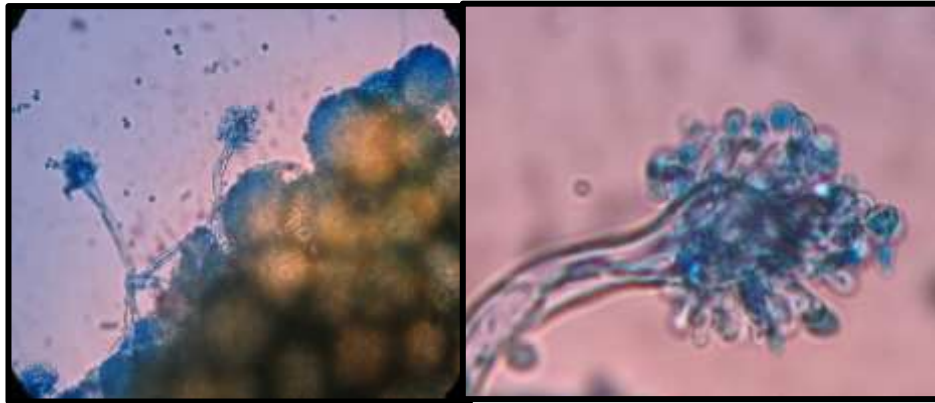
Fuente: Investigación de campo.

Figura 27. **Cultivo agar, café de tipo duro, no hay presencia de *Aspergillus sp***



Fuente: investigación de campo.

Figura 28. **Conidióforo del hongo *Aspergillus sp* observado en microscopio a luz 40X**



Fuente: investigación de campo.

2.4.2. Análisis físico y sensorial en granos de café

La evaluación de la calidad del café se realiza por medio del análisis sensorial y físico comúnmente llamado catación, se deben considerar claramente las características de las muestras y la información esperada en el análisis, es necesaria la implementación de procedimientos adecuados para el buen desarrollo y control de estas,

Para los siguientes análisis se utilizan equipos descritos y sus diagramas en el orden respectivo: análisis físico café pergamino, análisis físico café verde, análisis físico café tostado, análisis físico café tostado molido, análisis sensorial café tostado molido. Se someten a prueba granos de café estrictamente duro y granos de café duro (ver tabla X),

Tabla X. **Material y equipo para el análisis de la calidad del café**

Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	En servicio (Si/No)	Fuente de información
Mesas giratorias	3	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Balanza Boec	5	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Molino de discos	3	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Recipientes para repesar muestras	10	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Vasos de vidrio, 6 onzas	225	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Cuchara para catar café	18	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Calentador de agua	2	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Jarras de acero inoxidable	4	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Trilladora 500 gramos/minuto	2	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Cronometro	3	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Escupidera de acero inoxidable	6	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Zaranda para café verde	1	2006	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
zaranda para café tostado	1	2006	Buen estado	Si	Personal de laboratorio

Continuación de tabla X.

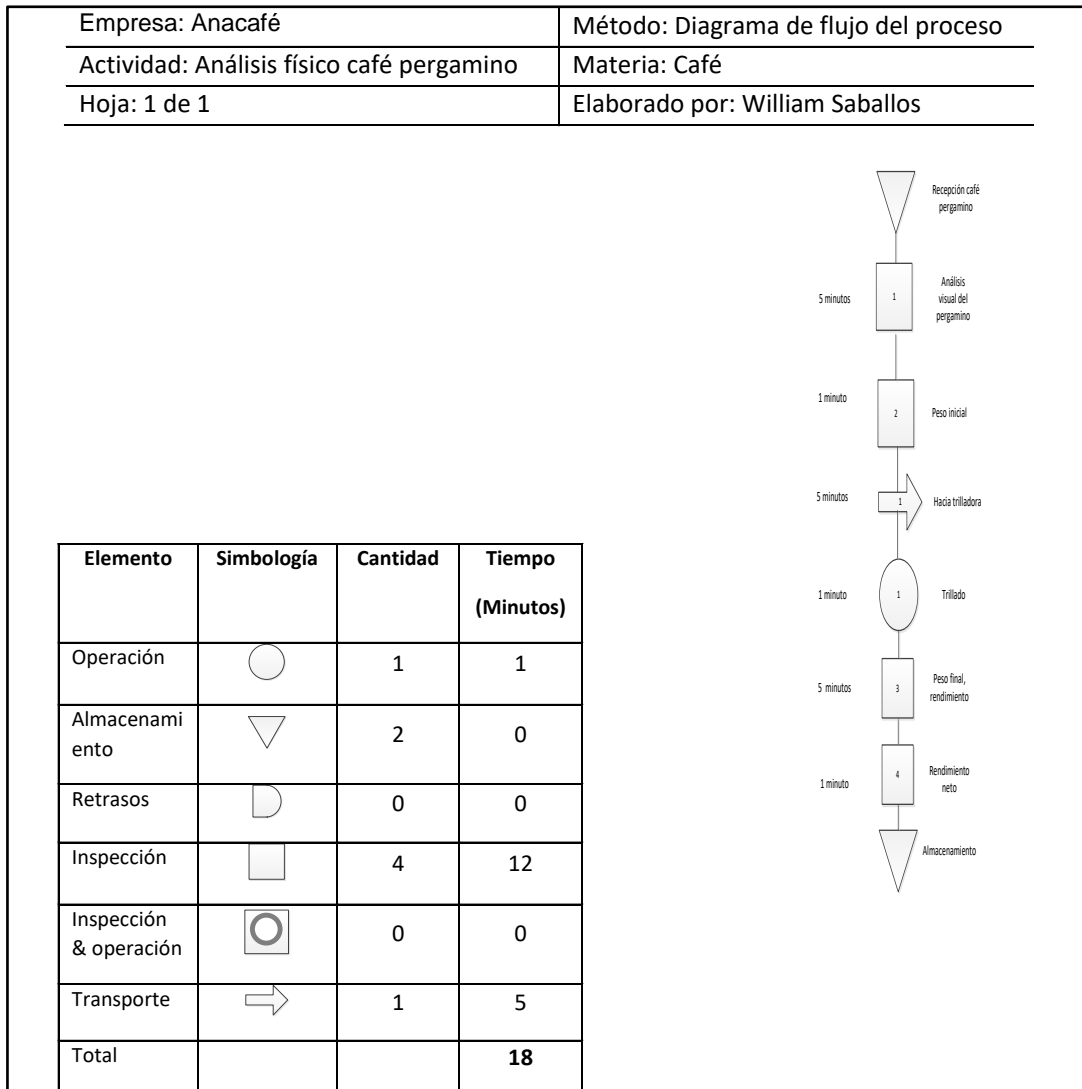
Homogeneizador de café	1	2006	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Tostador	6	2006	Buen estado	Si	Personal de laboratorio

Fuente: Laboratorio análisis sensorial, Anacafé.

2.4.2.1. Análisis físico de pergamino en granos de café

Para realizar el análisis físico de café en pergamino se procede a realizar un muestreo, se toma una muestra equivalente a 500 gramos de café en pergamino la cual se inspecciona previamente que esté libre de materias extrañas, (Ver figura 29).

Figura 29. **Diagrama de flujo del proceso para el análisis físico de café pergamino**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.4.2.1.1. Resultado del análisis del pergamino en grano de café

En las siguientes tablas XI y XII se detallan los resultados de los análisis de pergamino efectuado a granos de café estrictamente duro y duro, las pruebas realizadas son las siguientes: color, materia extraña, homogeneidad y rendimiento.

Tabla XI. **Análisis físico, café pergamino estrictamente duro**

PERGAMINO	
Prueba	Resultado
Color	Disparejo
Materia extraña	Ninguna
Homogeneidad	Disparejo
Rendimiento Pergamino / Oro	1,22%

Fuente: investigación de campo.

Tabla XII. **Análisis físico, muestra de café del tipo duro**

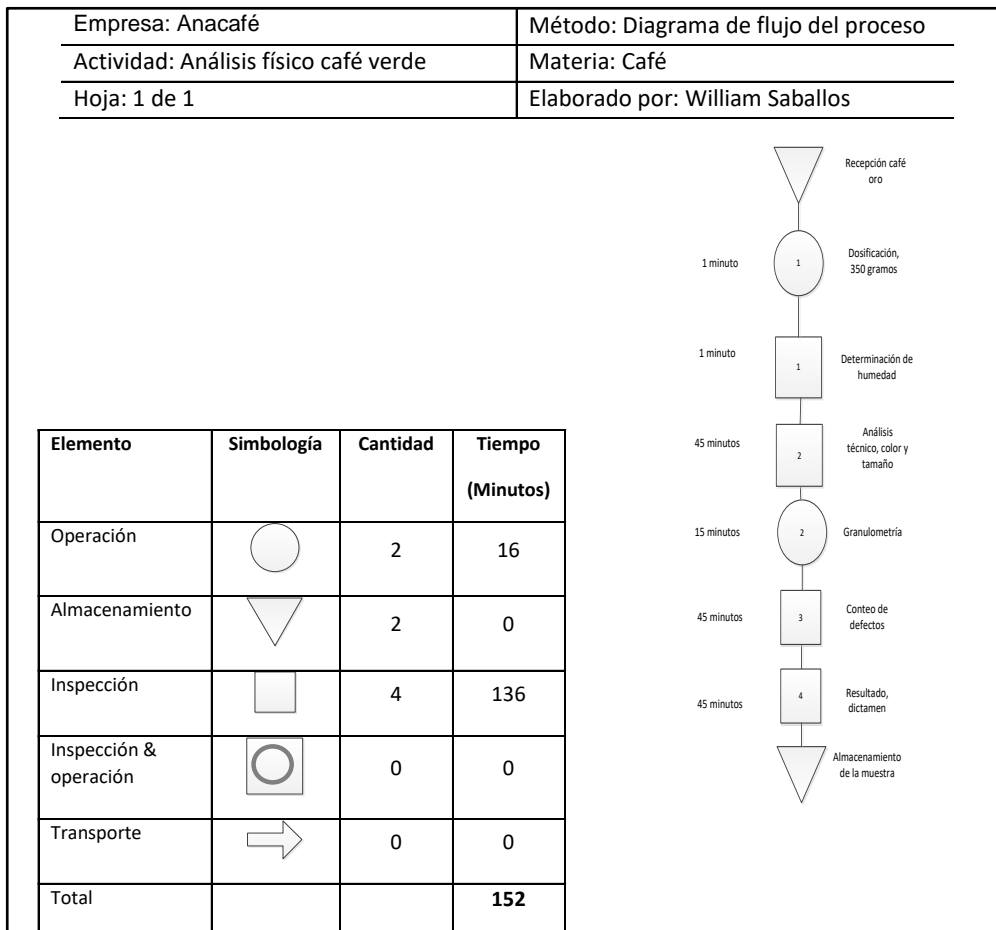
PERGAMINO	
Prueba	Resultado
Color	Limpio
Materia extraña	Ninguna
Homogeneidad	Parejo
Rendimiento Pergamino / Oro	1,21%

Fuente: investigación de campo.

2.4.2.2. Análisis físico café verde

Para realizar el análisis físico de café verde se remueve el pergamino del grano de café, obteniendo el grano de café verde. Se toma una muestra al azar equivalente a 350 gramos de café en verde, se verifica que esté libre de materias extrañas. En la figura 30 se observa el diagrama de flujo.

Figura 30. Diagrama de flujo del proceso para el análisis físico granos de café verde



Fuente: investigación de campo, laboratorio de Catación, Anacafé.

2.4.2.2.1. Resultado del análisis físico café verde

En las siguientes tablas XIII, XIV, XV y XVI se detallan los resultados del análisis físico de café verde, efectuado a granos de café estrictamente duro y duro. Se realizaron las siguientes pruebas: apariencia, tamaño, color, porcentaje de humedad, secamiento, olor, defectos y granulometría. Y en la figura 31 y 32 se observa la granulometría del grano de café.

- Grano de café estrictamente duro

Tabla XIII. **Análisis físico, café verde estrictamente duro**

GRANO VERDE	
Prueba	Resultado
Apariencia	Buena
Tamaño	Mediano
Color	Normal
Humedad %	11,80%
Secamiento	Bueno
Olor	Normal
Defectos	Algunos: quebrados, sobre fermentados, lastimados.

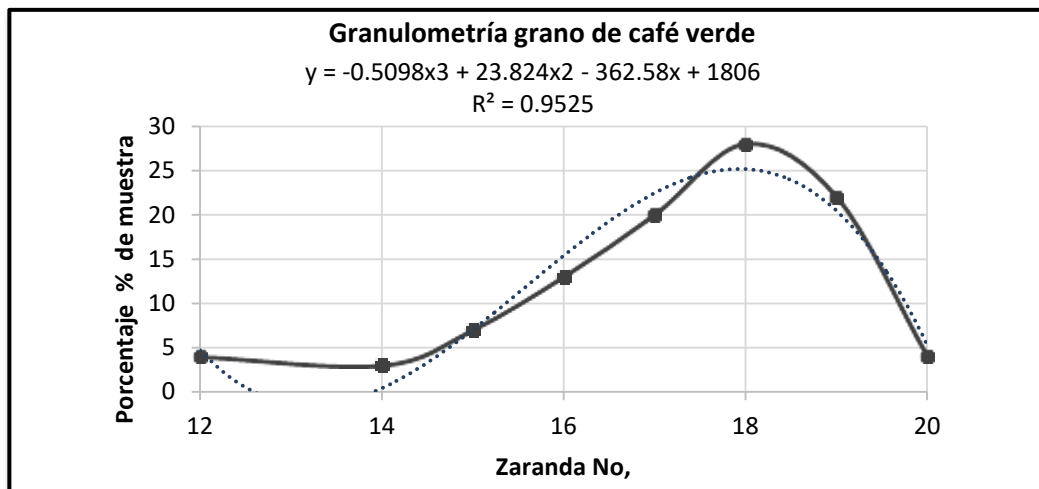
Fuente: investigación de campo.

Tabla XIV. **Análisis de granulometría de café verde estrictamente duro**

Zaranda	Muestra %
12	5
14	3
15	9
16	16
17	26
18	27
19	11
20	3

Fuente: investigación de campo.

Figura 31. **Gráfico de análisis de granulometría de café verde estrictamente duro**



Fuente: investigación de campo.

- Grano de café duro

Tabla XV. **Análisis físico, café verde tipo duro**

GRANO VERDE	
Prueba	Resultado
Apariencia	Regular
Tamaño	Mediano
Color	Normal
Humedad %	11,10%
Secamiento	Regular poco disparejo
Olor	Mohoso
Defectos	Algunos: brocados, mohosos, negros y lastimados.

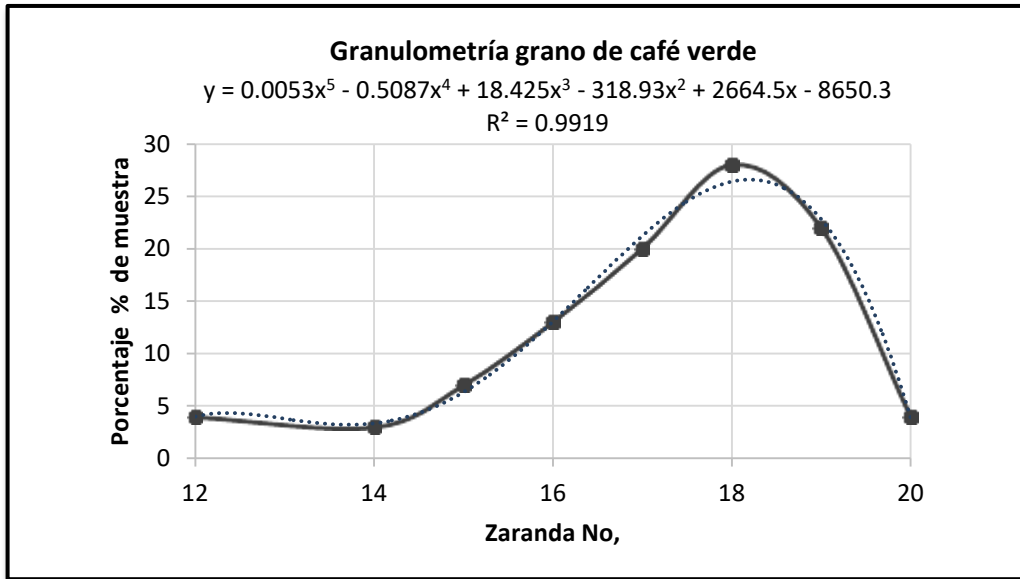
Fuente: investigación de campo.

Tabla XVI. **Análisis de granulometría de café verde tipo duro**

Zaranda	Muestra %
12	4
14	3
15	7
16	13
17	20
18	28
19	22
20	4

Fuente: investigación de campo.

Figura 32. **Gráfico de análisis de granulometría de café verde duro**

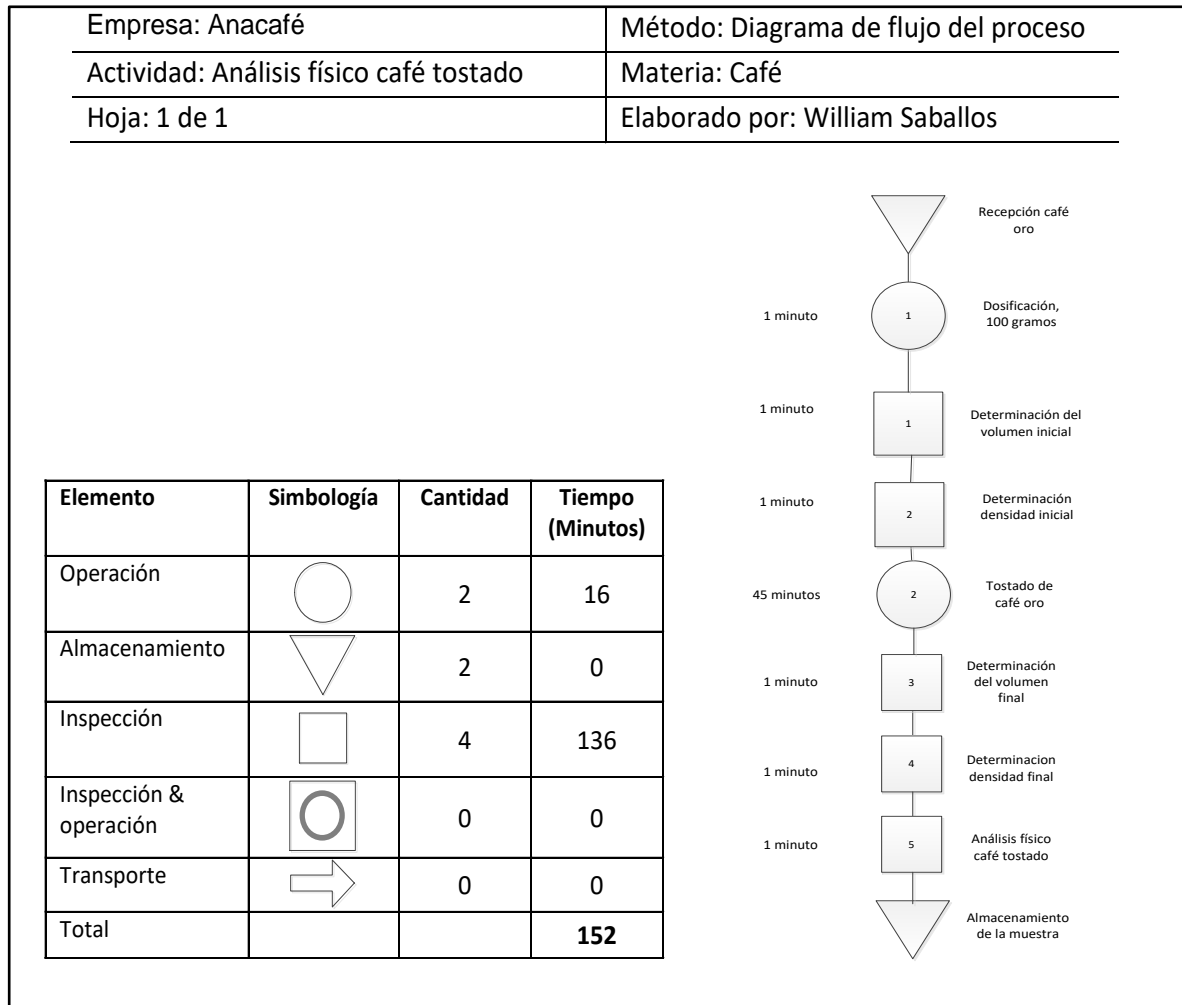


Fuente: investigación de campo.

2.4.2.3. **Análisis físico café tostado**

En las siguientes tablas XVII, XVIII, XIX, XX, XXI, XXII, XXIII y XXIV se detallan los resultados del análisis físico de café tostado, efectuado a granos de café estrictamente duro y duro. Se les realizaron las siguientes pruebas: calidad, apariencia, tonalidad y Agtrón. Se registran las temperaturas minuto a minuto durante el tiempo transcurrido del tostado. En la figura 33 se describe el diagrama de flujo planteado para el análisis físico de granos de café tostado. En las figuras 34, 35, 36 y 37 se observa la granulometría del café tostado.

Figura 33. **Diagrama de flujo del proceso del análisis físico granos de café tostado**



Fuente: investigación de campo, laboratorio de catación, Anacafé.

2.4.2.3.1. Resultado del análisis físico café tostado

En las siguientes tablas se detallan los resultados del análisis físico de café tostado efectuado a granos de café estrictamente duro y duro. Se

realizaron las siguientes pruebas: calidad, apariencia, tonalidad y Agrón, Se registran las temperaturas minuto a minuto durante el tiempo transcurrido del tostado,

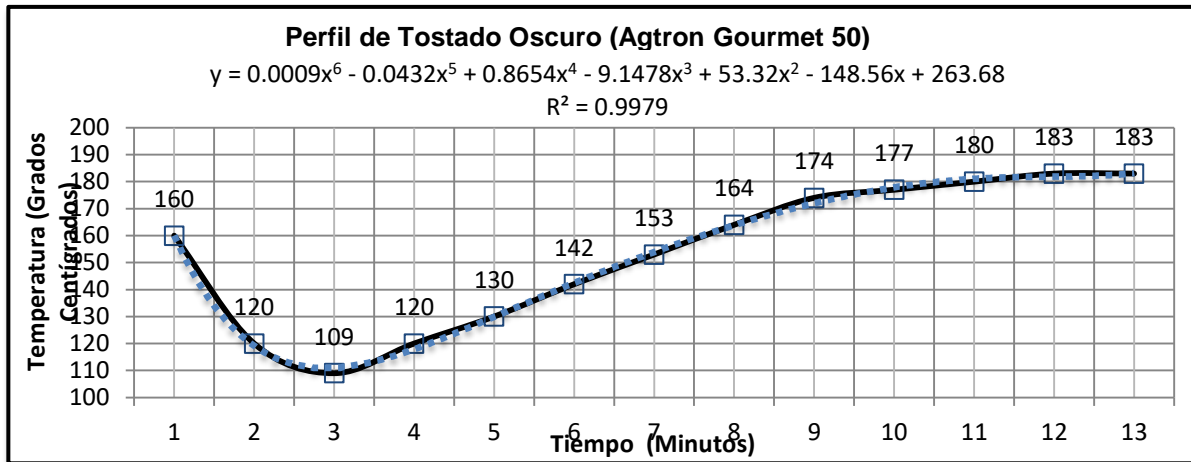
- Grano de café estrictamente duro

Tabla XVII. **Registro de temperatura, café estrictamente duro tueste oscuro (Agtron 50)**

Tiempo	Grados °C
0	160
1	120
2	109
3	120
4	130
5	142
6	153
7	164
8	174
9	177
10	180
11	183
12	183

Fuente: investigación de campo.

Figura 34. **Registro de temperatura, café estrictamente duro tueste oscuro (Agtron 50)**



Fuente: investigación de campo.

Tabla XVIII. **Análisis físico, café estrictamente duro tueste oscuro (Agtron 50)**

GRANO TOSTADO	
Prueba	Resultado
Calidad	Regular
Apariencia	Parejo
Tonalidad	Poco oscuro
Agtrón	50

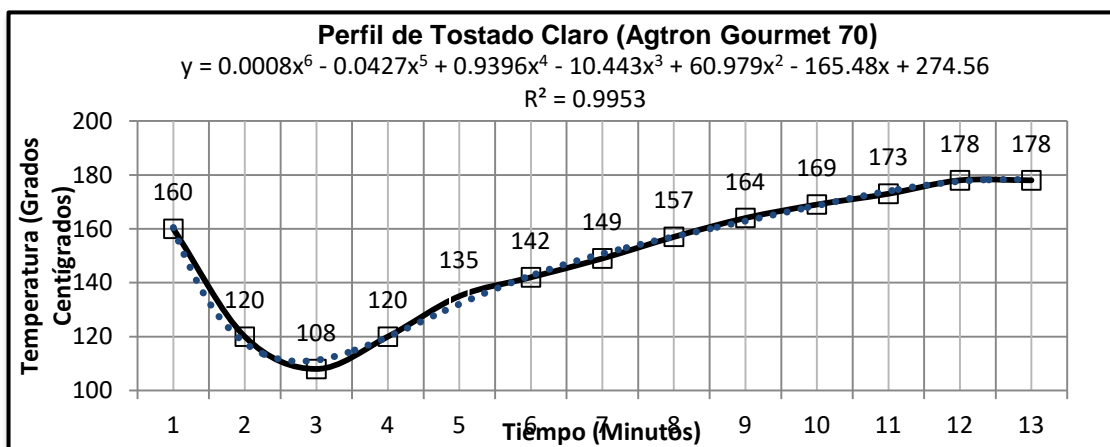
Fuente: investigación de campo.

Tabla XIX. Registro de temperatura, café estrictamente duro tueste claro (Agtron 70)

Tiempo	Grados °C
0	160
1	120
2	108
3	120
4	135
5	142
6	149
7	157
8	164
9	169
10	173
11	178
12	178

Fuente: investigación de campo.

Figura 35. Registro de temperatura, café estrictamente duro tueste claro (Agtron 70)



Fuente: investigación de campo.

Tabla XX. **Análisis físico, café estrictamente duro tueste claro (Agtron 70)**

GRANO TOSTADO	
Prueba	Resultado
Calidad	Regular
Apariencia	Parejo
Tonalidad	Poco oscuro
Agtrón	50

Fuente: investigación de campo.

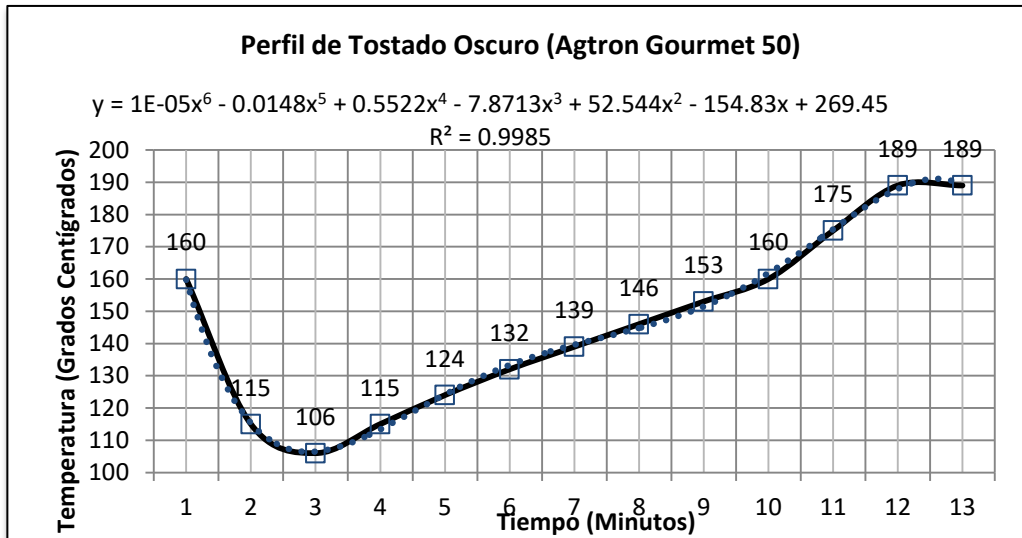
- Grano de café duro

Tabla XXI. **Registro de temperatura, café duro tueste oscuro (Agtron 50)**

Tiempo	Grados °C
0	160
1	115
2	106
3	115
4	124
5	132
6	139
7	146
8	153
9	160
10	175
11	189
12	189

Fuente: investigación de campo.

Figura 36. Registro de temperatura, café duro tueste oscuro (Agron 50)



Fuente: investigación de campo.

Tabla XXII. Análisis físico, café duro tueste oscuro (Agron 50)

GRANO TOSTADO	
Prueba	Resultado
Calidad	Regular
Apariencia	Poco disparejo, Quaker's
Tonalidad	Poco oscuro
Agtrón	50

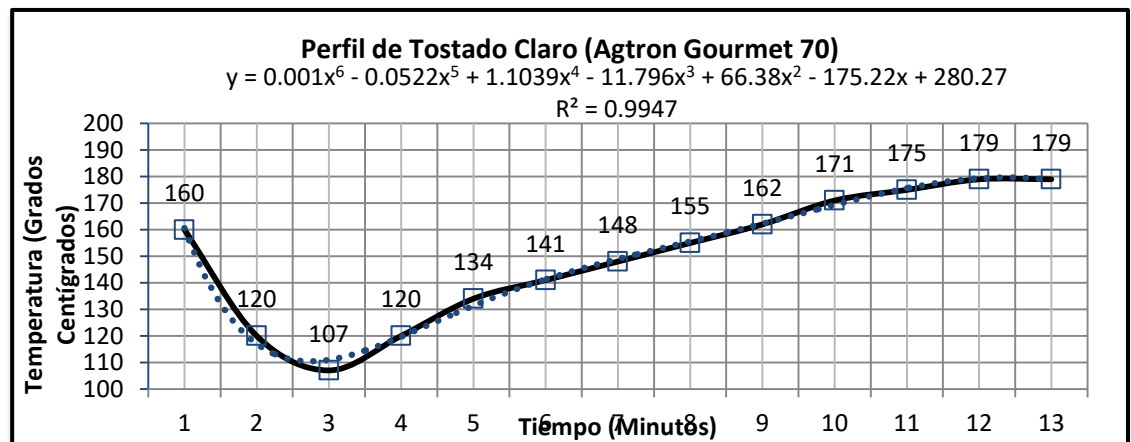
Fuente: investigación de campo.

Tabla XXIII. Registro de temperatura, café duro tueste claro (Agtron70)

Tiempo	Grados °C
0	160
1	120
2	107
3	120
4	134
5	141
6	148
7	155
8	162
9	171
10	175
11	179
12	179

Fuente: investigación de campo.

Figura 37. Registro de temperatura, café duro tueste claro (Agtron70)



Fuente: investigación de campo.

Tabla XXIV. **Análisis físico, café duro tueste claro (Agtron 70)**

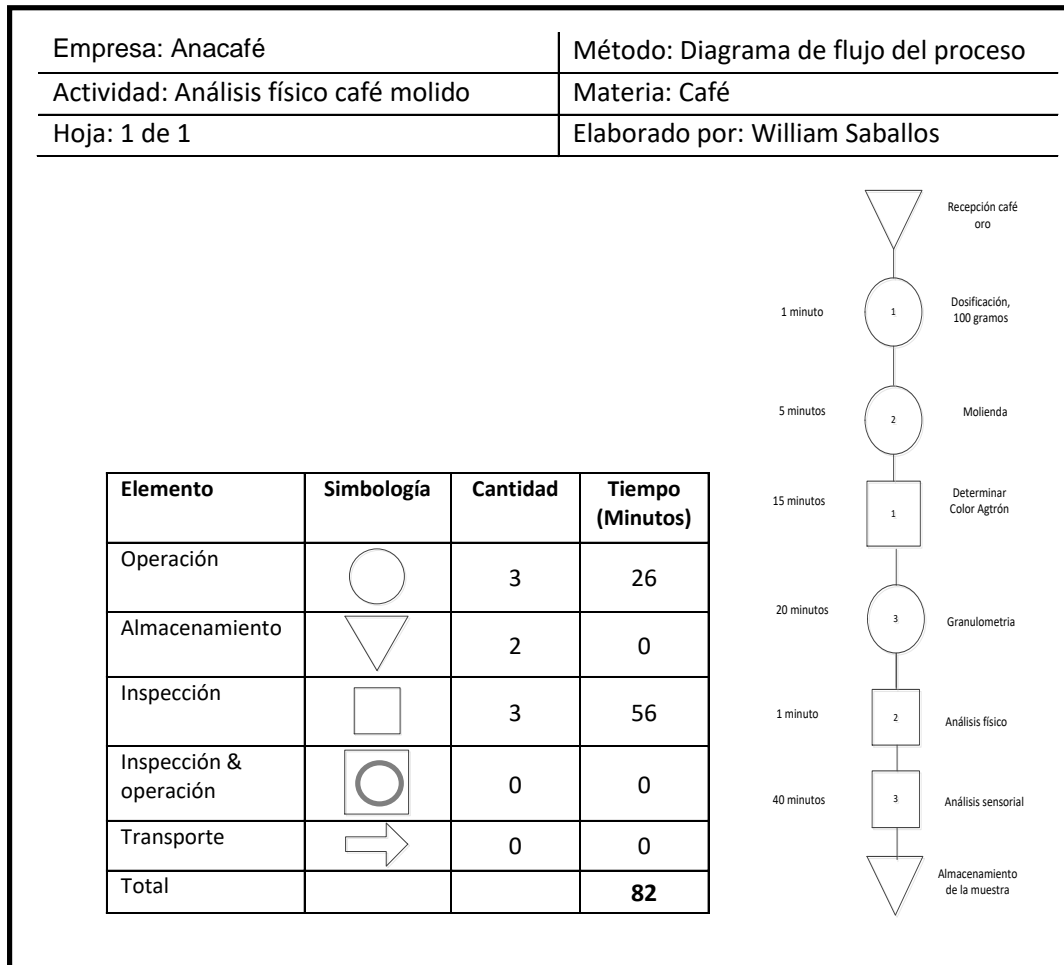
GRANO TOSTADO	
Prueba	Resultado
Calidad	Regular
Apariencia	Poco disparejo, algunos Quaker's
Tonalidad	Poco oscuro
Agtrón	70

Fuente: investigación de campo.

2.4.2.4. Análisis físico café tostado molido

Para realizar el análisis físico de café tostado molido, primero se toman 100 gramos muestra. Se realizan un grado de tueste, adoptando lo que dicta la norma de café especial de américa SCAA, se analizan dos tipos de café duro y estrictamente duro. En la figura 38 se describe el diagrama de flujo para realizar los análisis físicos del café tostado molido.

Figura 38. Diagrama de flujo del proceso del análisis físico café tostado molido



Fuente: investigación de campo, laboratorio de catación, Anacafé.

2.4.2.4.1. Resultado del análisis físico café tostado molido

En las siguientes tablas (XXV, XXVI, XXVII y XVIII) se detallan los resultados del análisis físico de café tostado molido, efectuado a granos de café estrictamente duro y duro. Las pruebas realizadas son las siguientes: granulometría, homogeneidad, deficiencias en color y textura. En las figuras 39 y 40 se observa la gráfica de granulometría.

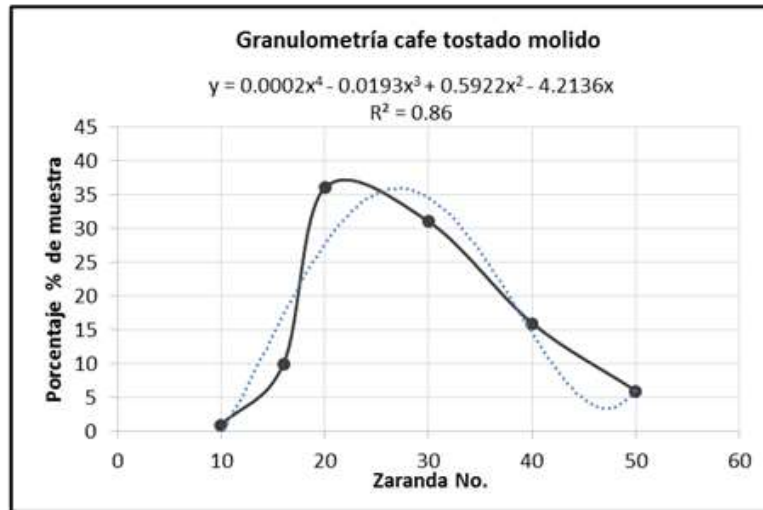
- Grano de café estrictamente duro

Tabla XXV. **Granulometría de café tostado molido estrictamente duro**

Zaranda	Muestra %
10	1
16	10
20	36
30	31
40	16
50	6

Fuente: investigación de campo.

Figura 39. **Granulometría de café tostado molido estrictamente duro**



Fuente: investigación de campo.

Tabla XXVI. **Análisis físico tostado molido, café del tipo estrictamente duro**

GRANO TOSTADO MOLIDO	
Prueba	Resultado
Homogeneidad	Parejo
Deficiencias en color	Ninguna
Textura	Rugoso

Fuente: investigación de campo.

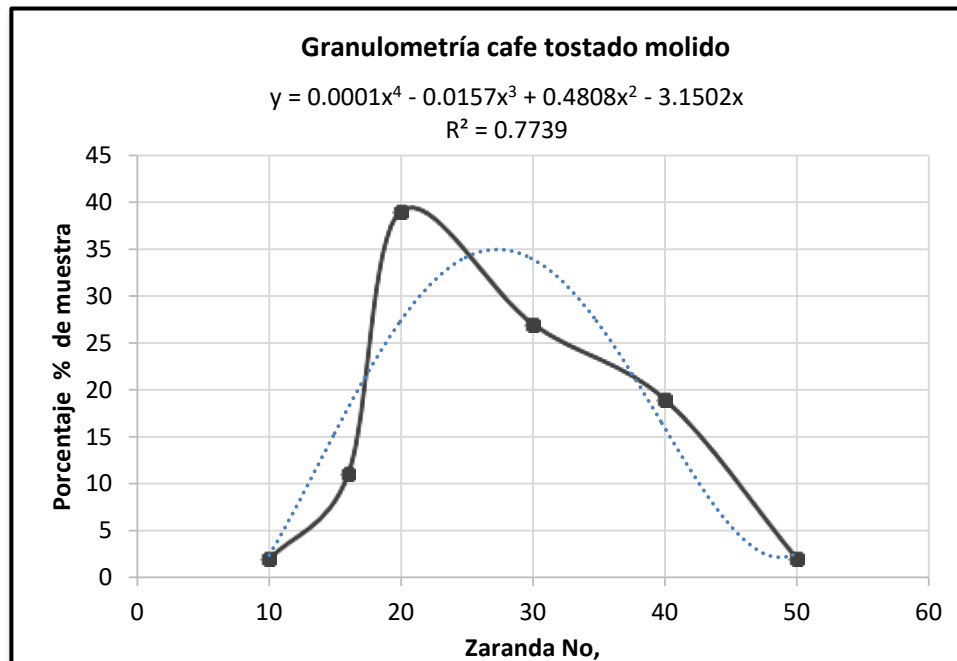
- Grano de café duro

Tabla XXVII. **Granulometría de café tostado molido de tipo duro**

Zaranda	Muestra %
10	2
16	11
20	39
30	27
40	19
50	2

Fuente: investigación de campo.

Figura 40. **Granulometría de café tostado molido de tipo duro**



Fuente: investigación de campo.

Tabla XXVIII. **Análisis físico café tostado molido de tipo duro**

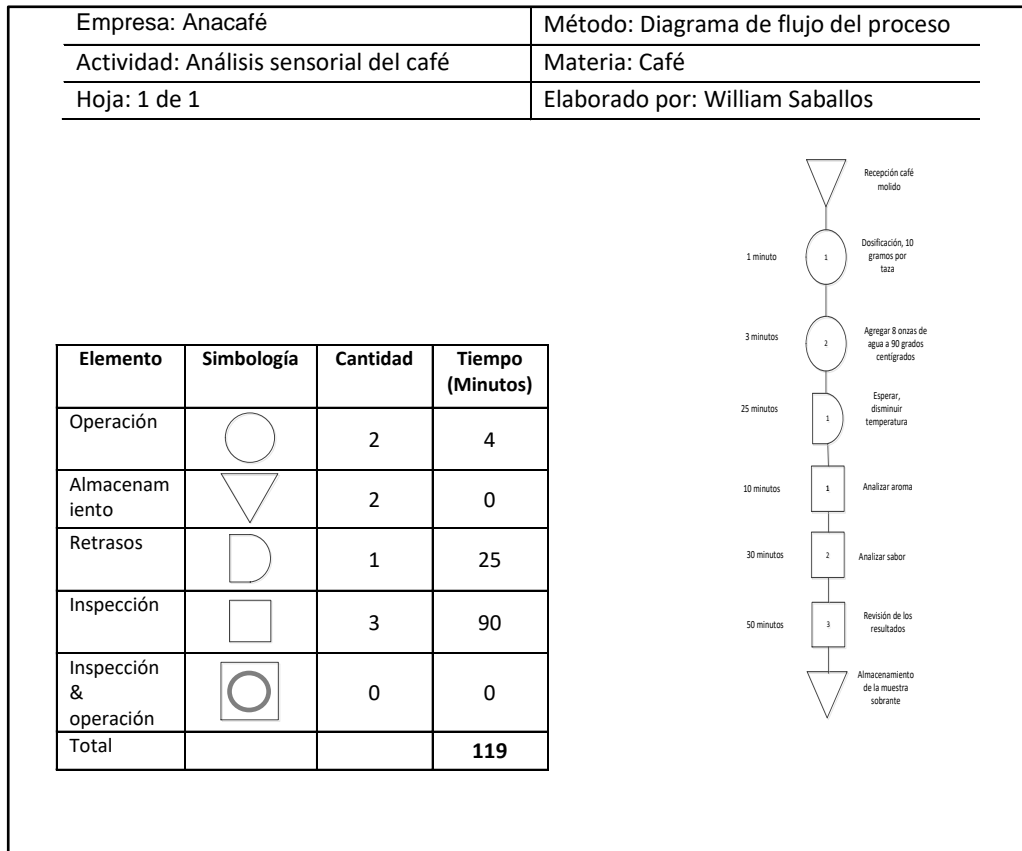
GRANO TOSTADO MOLIDO	
Prueba	Resultado
Homogeneidad	Parejo
Deficiencias en color	Ninguna
Textura	Rugoso

Fuente: investigación de campo.

2.4.2.5. Análisis sensorial café tostado

Para realizar el análisis sensorial de café tostado, se toman 100 gramos de café verde el cual se somete a al proceso de torrefacción comúnmente llamado tostado. Se realizan 2 grados de tueste, oscuro y claro. Posteriormente, se toman las muestras de café tostado se inspeccionan y se realiza el análisis. La figura 41 presenta el diagrama de flujo de proceso de análisis sensorial de café tostado molido.

Figura 41. Diagrama de flujo del proceso del análisis sensorial café tostado molido



Fuente: investigación de campo, laboratorio de catación, Anacafé.

2.4.2.5.1. Resultados del análisis sensorial del café tostado molido

En las siguientes tablas (XXIX Y XXX) se detallan los resultados del análisis sensorial del café tostado molido, efectuado a granos de café estrictamente duro y duro. Se realizaron las siguientes pruebas: homogeneidad, deficiencias en color y textura. En la figura 42 y 43 se observa el diagrama de polígono para el análisis de las muestras.

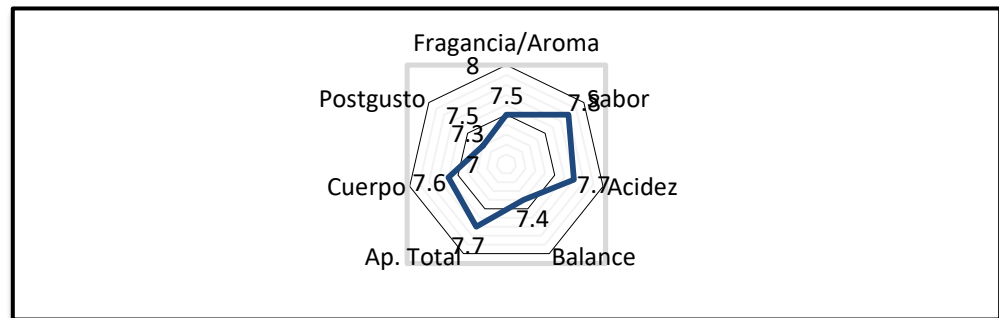
- Grano de café estrictamente duro

Tabla XXIX. **Análisis perfil de taza café estrictamente duro**

Fragancia/Aroma	7.5
Sabor	7.8
Acidez	7.7
Balance	7.4
Ap. Total	7.7
Cuerpo	7.6
Postgusto	7.3
Uniformidad	10
Taza limpia	10
Dulzura	10
Defectos	0
Punteo Total	83

Fuente: investigación de campo.

Figura 42. **Análisis perfil de taza café estrictamente duro**



Fuente: investigación de campo.

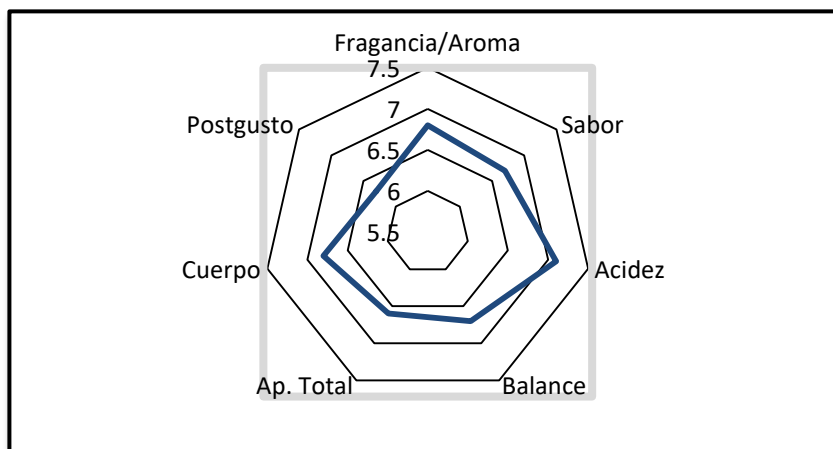
- Grano de café duro

Tabla XXX. **Análisis perfil de taza café duro**

Fragancia/Aroma	6.8
Sabor	6.7
Acidez	7.1
Balance	6.7
Ap. Total	6.6
Cuerpo	6.8
Postgusto	6.3
Uniformidad	10
Taza limpia	10
Dulzura	10
Defectos	0
Punteo total	77

Fuente: investigación de campo.

Figura 43. **Análisis perfil de taza café duro**



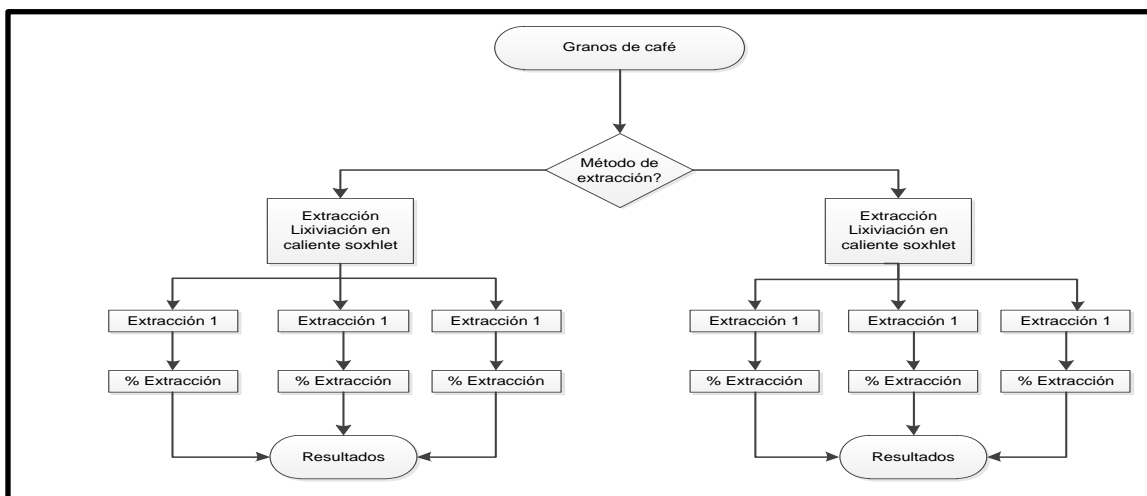
Fuente: investigación de campo.

2.5. Métodos para la extracción de aceite de café

Actualmente, en la industria se emplea el método de lixiviación en caliente para la extracción de aceite en granos vegetales. Para tal efecto, se extrae el aceite por el método de maceración como propuesta de mejora ya que se obtendría aceite de mejor calidad, un mayor porcentaje de extracción en comparación del método de lixiviado. Para obtener un análisis verídico se realizarán tres repeticiones de extracción para cada muestra de café. Además, a través de ello, se establece un protocolo con sus resultados para la extracción de aceite de café como mejora dentro del Laboratorio de extractos vegetales LIEXVE, USAC.

Las muestras son: granos de café verde, granos de café tostado claro, granos de café tostado oscuro. A continuación, se describen los métodos, materiales, equipos, diagramas para el desarrollo del análisis (ver figura 44).

Figura 44. Diagrama de tratamientos de extracción de aceite de café



Fuente: elaboración propia.

2.5.1. Método de lixiviación en caliente soxhlet

El método de lixiviación en caliente soxhlet (ver figura 45), consiste en separar con un líquido una fracción específica de una muestra de café, dejando el resto lo más íntegro posible. Siendo extracción sólido de café líquido hexano. En la tabla XXXI se describe el material y equipo necesarios para la extracción.

Tabla XXXI. Material y equipo de extracción Soxhlet

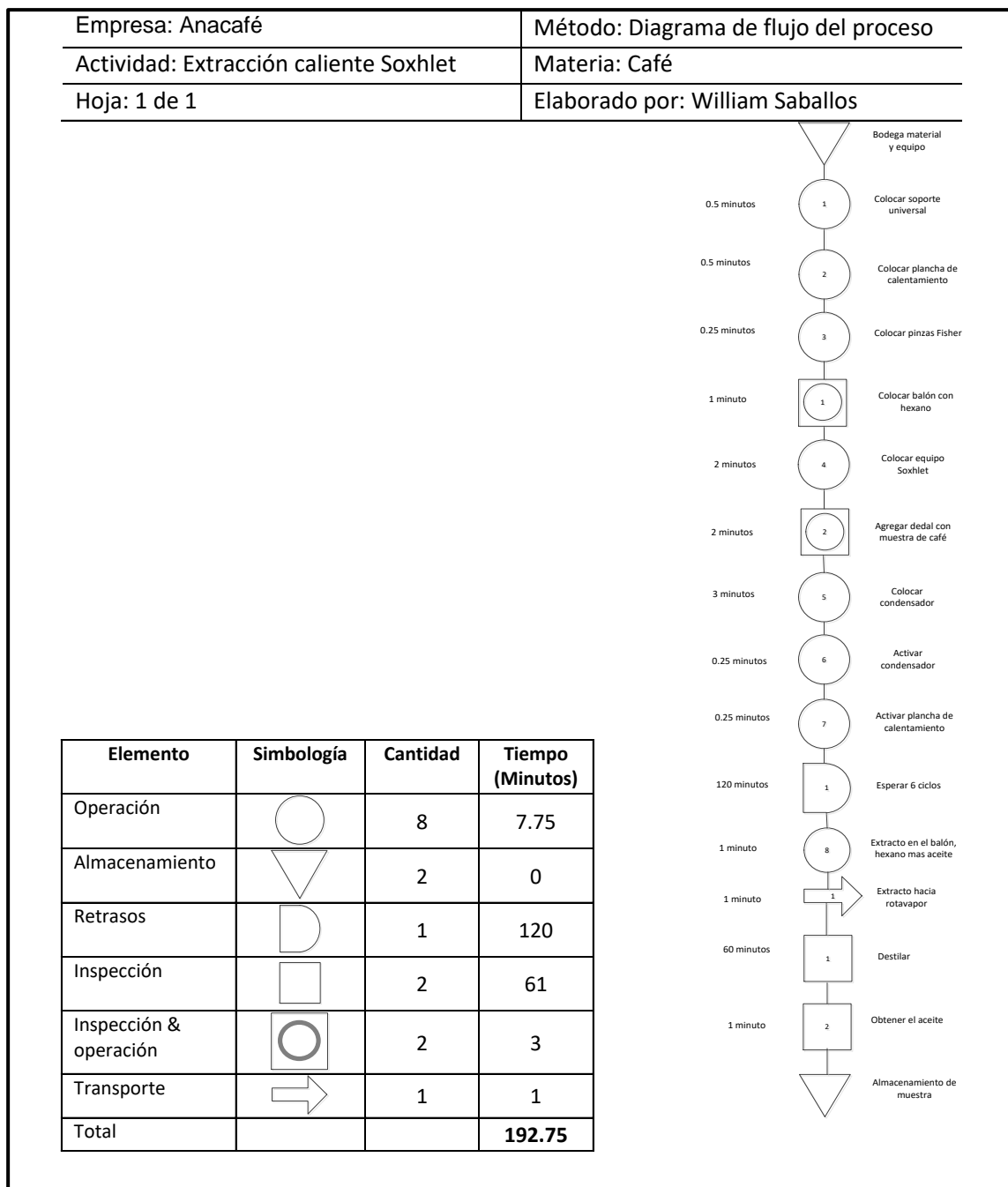
Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	En servicio (Si/No)	Fuente de información
Condensador	2	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Parafilm gel	1	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Balón 250 ml	6	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Bomba de recirculación	3	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Probeta 250 ml	10	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Mangueras	6	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Soporte universal	6	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Pinzas Fisher	6	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Plancha de calentamiento	4	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio

Continuación de tabla XXXI.

Sistema soxhlet	4	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Embudo de decantación de 250 ml	2	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Espátula	4	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Papel filtro	1	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Bomba de vacío	2	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Rotavapor	2	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Hexano industrial, galón	6	2013	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Material vegetal, 1000 gramos	3	2013	Buen estado	Si	Personal de laboratorio

Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, USAC.

Figura 45. Diagrama de flujo del proceso de extracción por el método de lixiviación en caliente Soxhlet



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.5.1.1. Resultado del método de lixiviación en caliente Soxhlet

En la presente extracción, se recolectaron y ordenaron los datos obtenidos en la medición de extracción, con ello los siguientes rendimientos. El rendimiento obtenido es analizado con base en la cantidad de aceite en gramos. En la tabla XXXII se describe el rendimiento aceite del café estrictamente duro verde y en la XXXIII, tueste claro; XXXIV, tueste oscuro, XXXV y XXXVI para el café duro.

- Aceite de café estrictamente duro

Tabla XXXII. Rendimiento porcentual del aceite de café estrictamente duro, verde

Cosecha Café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite fijo (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación Estándar σ
2012/2013	1	15	0,78	5,23	6,44	$\pm 1,34$
	2	15	1,18	7,88		
	3	15	0,93	6,20		

Fuente: investigación de campo.

Tabla XXXIII. Rendimiento porcentual del aceite de café estrictamente duro, tueste claro

Cosecha café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	15	1,97	13,15	13,35	$\pm 1,71$
	2	15	2,27	15,15		
	3	15	1,76	11,74		

Fuente: investigación de campo.

Tabla XXXIV. Rendimiento porcentual del aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro

Cosecha café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	15	1,76	11,77	14,16	$\pm 2,08$
	2	15	2,28	15,29		
	3	15	2,33	15,53		

Fuente: investigación de campo.

- Aceite de café duro

Tabla XXXV. **Rendimiento porcentual del aceite de café duro, verde**

Cosecha café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite fijo (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	15	0,62	4,17	4,60	+0,38
	2	15	0,71	4,76		
	3	15	0,73	4,87		

Fuente: investigación de campo.

Tabla XXXVI. **Rendimiento porcentual del aceite de café duro, tueste claro**

Cosecha café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite fijo (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	15	1,41	9,40	10,11	±1,86
	2	15	1,83	12,22		
	3	15	1,30	8,70		

Fuente: investigación de campo.

Tabla XXXVII. Rendimiento porcentual del aceite de café duro, tueste oscuro

Cosecha café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite fijo (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	15	2,03	13,15	11,85	$\pm 2,92$
	2	15	2,03	13,51		
	3	15	2,03	8,45		

Fuente: investigación de campo.

2.5.2. Método de maceración dinámica

El desarrollo del método de maceración consiste en separar con un solvente, como el hexano, encuna fracción de una muestra de café, por medio de movimiento, tiempo y calor. En la tabla XXXVIII se describe el material y equipo necesario para este proceso y en la figura 46 el diagrama de flujo del proceso.

Tabla XXXVIII. **Material y equipo para la maceración dinámica**

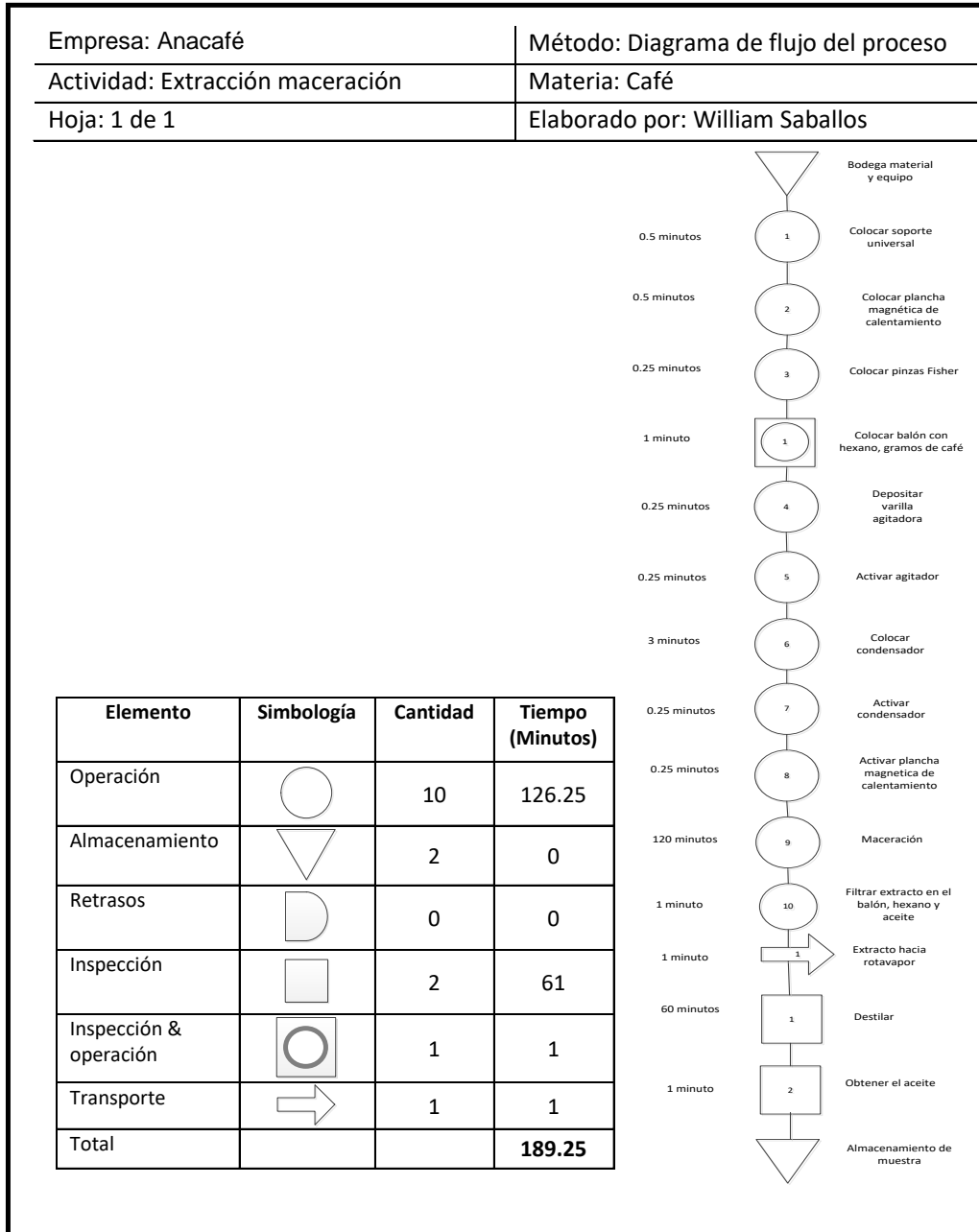
Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	En servicio (Si/No)	Fuente de información
Condensador	2	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Parafilm gel	1	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Balón 250 ml	6	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Bomba de recirculación	3	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Probeta 250 ml	10	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio

Continuación de tabla XXXVIII.

Mangueras	6	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Soporte universal	6	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Pinzas Fisher	6	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Agitador magnético	4	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Barra de agitación magnética	2	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Embudo de decantación	2	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Espátula	4	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Papel filtro	1	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Bomba de vacío	2	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Rotavapor	2	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Hexano industrial, galón	6	2013	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Material vegetal, 1000 gramos	3	2013	Buen estado	Si	Personal de laboratorio

Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, USAC.

Figura 46. Diagrama de flujo del proceso de extracción por el método de maceración dinámica



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.5.2.1. Resultado del método de maceración dinámica

En la presente extracción, se recolectaron y ordenaron los datos obtenidos en la medición de extracción, con ello los siguientes rendimientos. El rendimiento obtenido es analizado con base en la cantidad de aceite en gramos, para obtener la cantidad de aceite extraído por este método.

- Aceite de café estrictamente duro

El rendimiento (μ) observado en la tabla XXXIX, XL, XLI, XLII, XLIII y XLIV representa el rendimiento promedio de las tres repeticiones con una desviaciones estándar de +/- 0,24, +/-0,32, +/-1,29 y +/-0,80. El rendimiento en % se obtuvo al dividir el peso de aceite fijo (g) dividido el peso de la materia prima (g) multiplicado por 100.

Tabla XXXIX. Rendimiento porcentual del aceite de café estrictamente duro, verde

Cosecha café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite fijo (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	15	0,98	6,53	8,04	$\pm 0,24$
	2	15	1,48	9,85		
	3	15	1,16	7,75		

Fuente: investigación de campo.

Tabla XL. **Rendimiento porcentual del aceite de café estrictamente duro, tueste claro**

Cosecha café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite fijo (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	15	2,13	14,20	14,28	$\pm 0,32$
	2	15	2,19	14,63		
	3	15	2,10	14,01		

Fuente: investigación de campo.

Tabla XLI. **Rendimiento porcentual del aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro**

Cosecha café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite fijo (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	15	2,29	15,26	16,74	$\pm 1,29$
	2	15	2,60	17,33		
	3	15	2,64	17,62		

Fuente: investigación de campo.

- Aceite de café duro

Tabla XLII. Rendimiento porcentual del aceite de café duro, verde

Cosecha café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite fijo (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	15	0,78	5,21	6,06	$\pm 0,80$
	2	15	1,02	6,80		
	3	15	0,92	6,17		

Fuente: investigación de campo.

Tabla XLIII. Rendimiento porcentual del aceite fijo de café duro, tueste claro

Cosecha café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite fijo (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	15	1,85	12,37	13,10	$\pm 0,72$
	2	15	2,07	13,80		
	3	15	1,97	13,13		

Fuente: investigación de campo.

Tabla XLIV. Rendimiento porcentual del aceite fijo de café duro, tueste oscuro

Cosecha café*	Repetición	Peso de materia prima (g)	Peso de aceite fijo (g)	Rendimiento (%)	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	15	2,00	13,38	13,53	$\pm 0,24$
	2	15	2,07	13,81		
	3	15	2,01	13,41		

Fuente: investigación de campo.

2.6. Métodos para el análisis de la calidad del aceite

Se presenta cada prueba, describiendo el método por el cual se lleva a cabo. Estos métodos establecen las condiciones generales de preparación de la muestra, a través de ello se instituye el protocolo para determinar la calidad del aceite de café como mejora dentro del Laboratorio de Extractos Vegetales LIEXVE, USAC.

La preparación de la muestra es fluida, perfectamente limpia y filtrada, para todas las determinaciones, antes de realizar la toma para el ensayo, se agita como medida de preparación.

2.6.1. Densidad

Se determina la masa de la unidad de volumen, expresada en gramos por centímetro cúbico por medio de un picnómetro a temperatura ambiente. En la tabla XLV se describe la condición del material y se determina que está en buen estado porque cuenta con buenas condiciones: bien calibrada, no presenta

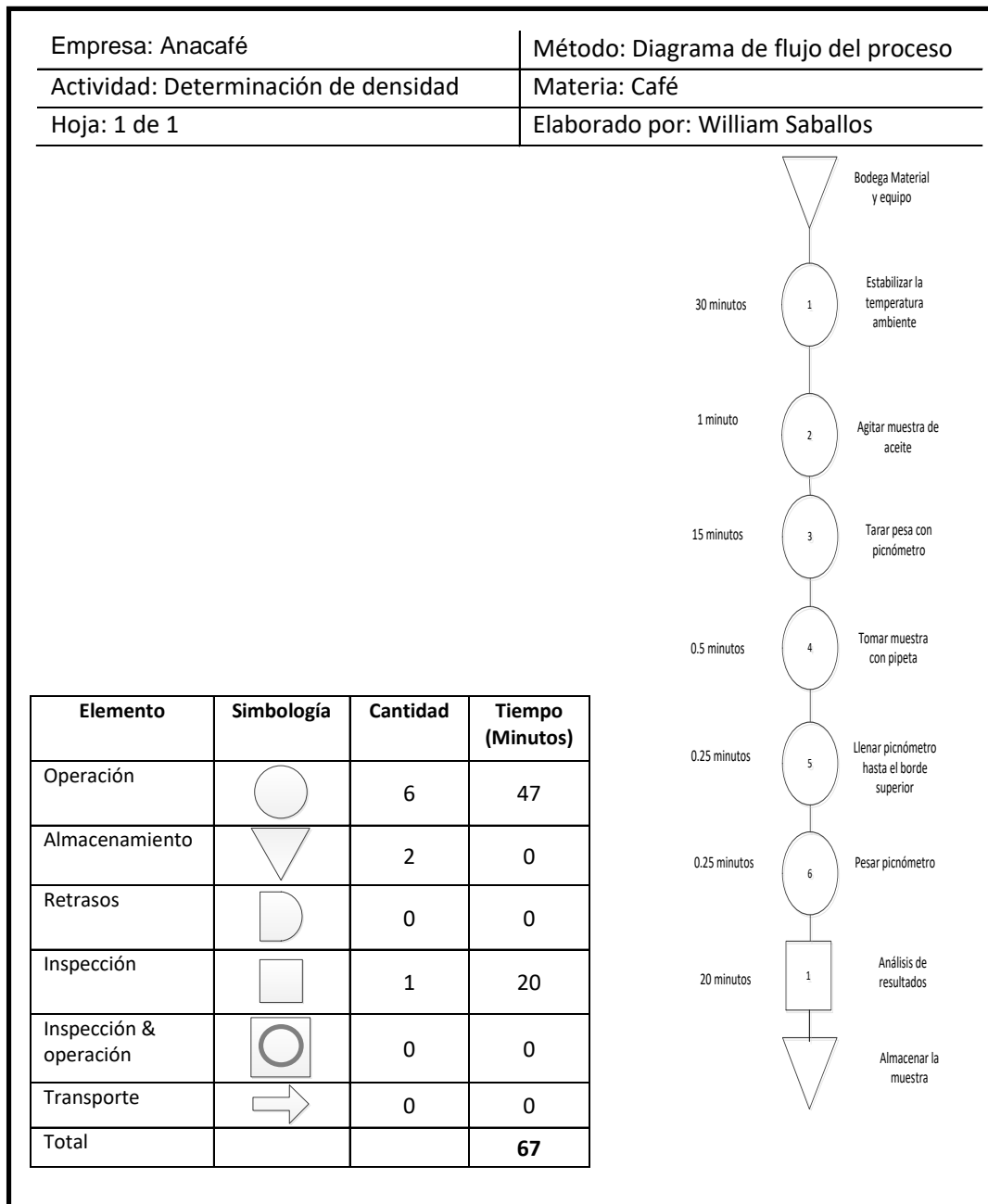
rajaduras y es confiable para realizar mediciones. En la figura 47 se presenta el diagrama de flujo para determinar la densidad del aceite.

Tabla XLV. **Material y equipo para la determinación de densidad**

Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	En servicio (Si/No)	Fuente de información
Picnómetro	2	2013	Buen estado	Si	LIEXVE
Pipeta 2ml	2	2013	Buen estado	Si	LIEXVE
Balanza Boec	1	2013	Buen estado	Si	LIEXVE

Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, USAC.

Figura 47. Diagrama de flujo del proceso de determinación densidad del aceite



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.6.1.1. Resultados de la densidad

Para el Análisis de la densidad de aceite se realizaron 3 repeticiones para cada muestra para su validación. Las muestras analizadas son las siguientes; aceite de café estrictamente duro verde, aceite de café estrictamente duro tueste claro, aceite de café estrictamente duro tueste oscuro, aceite de café duro verde, aceite de café duro tueste claro, aceite de café duro tueste oscuro. En las tablas XLVI, XLVII, XLVIII XLIX, L y LI se presentan los resultados obtenidos donde se utilizó un picnómetro para obtener las densidades y el rendimiento μ se obtuvo de los promedios de las tres repeticiones realizadas.

- Aceite de café estrictamente duro,

Tabla XLVI. **Aceite de café estrictamente duro, verde**

Cosecha café*	Repetición	Densidad	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	0,91180881	0,917025927	$\pm 0,01095624$
	2	0,90965323		
	3	0,92961574		

Fuente: investigación de campo.

Tabla XLVII. **Aceite de café estrictamente duro, tueste claro**

Cosecha café*	Repetición	Densidad	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	0,91637765	0,92498394	$\pm 0,00892702$
	2	0,92437379		
	3	0,93420038		

Fuente: investigación de campo.

Tabla XLVIII. **Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro**

Cosecha café*	Repetición	Densidad	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	0,91570327	0,908028253	$\pm 0,007921216$
	2	0,91223506		
	3	0,89614643		

Fuente: investigación de campo.

- Aceite de café duro

Tabla XLIX. **Aceite de café duro, verde**

Cosecha café*	Repetición	Densidad	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	0,91921274	0,924023737	$\pm 0,004292094$
	2	0,92746016		
	3	0,92539831		

Fuente: investigación de campo.

Tabla L. **Aceite de café estrictamente, tueste claro**

Cosecha café*	Repetición	Densidad	Rendim iento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	0,92766544	0,924846814	$\pm 0,00396537$
	2	0,9203125		
	3	0,9265625		

Fuente: investigación de campo.

Tabla LI. **Aceite de café duro, tueste oscuro**

Cosecha café*	Repetición	Densidad	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	0,91231617	0,919184315	$\pm 0,00628491$
	2	0,92058824		
	3	0,92464854		

Fuente: investigación de campo.

2.6.2. Índice de refracción

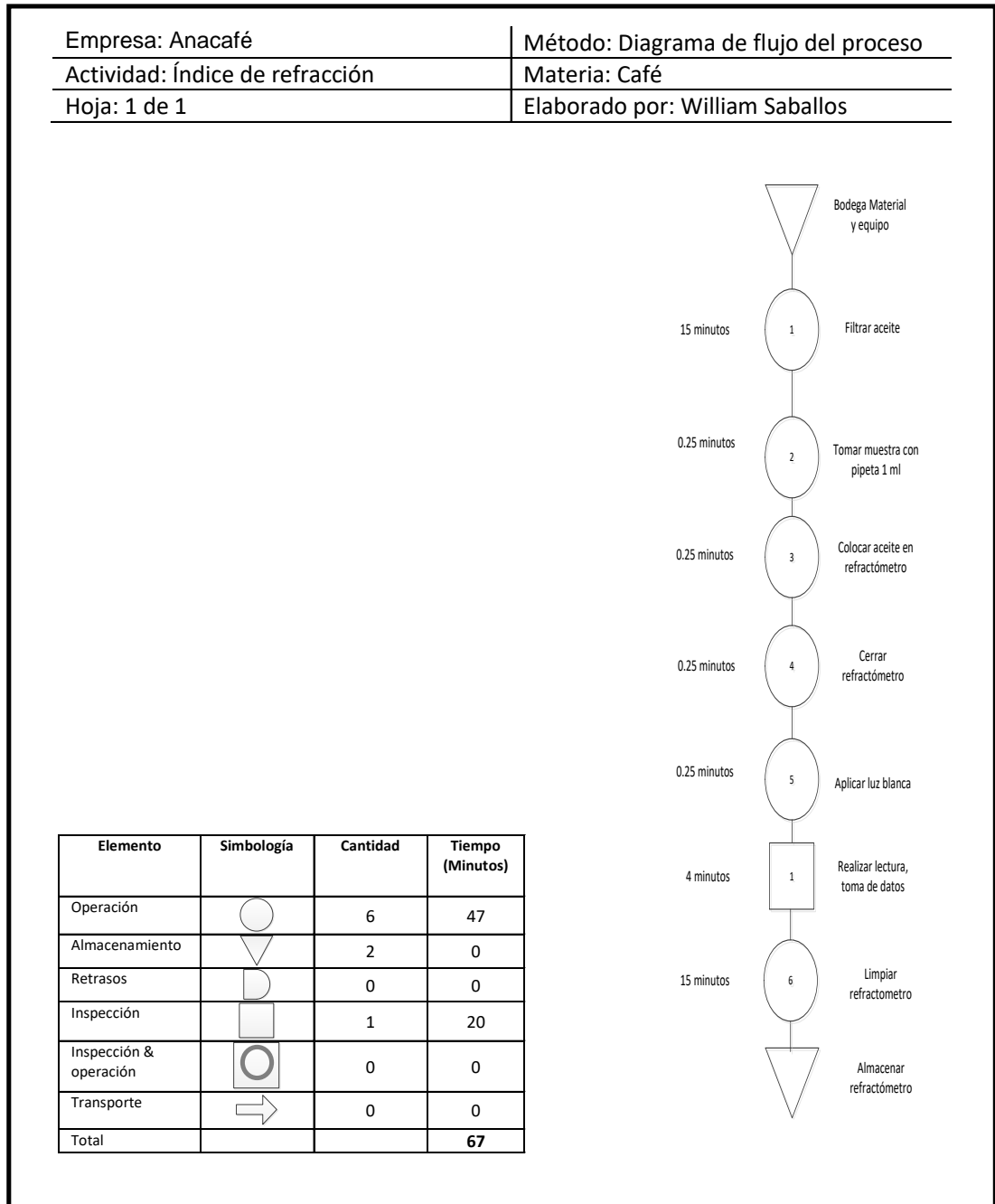
Este análisis consiste en la razón de la velocidad de un rayo de luz en el vacío a la velocidad de la luz a través del aceite. En la tabla LII se observan los resultados obtenidos en donde se determina que todo el equipo se encuentra en buen estado y en la figura 48 se establece el procedimiento para determinar el índice de refracción.

Tabla LII. **Material y equipo para la determinación del Índice de refracción**

Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	En servicio (Si/No)	Fuente de información
Refractómetro de precisión	1	2012	Buen estado	Si	L'IEXVE
Pipeta 2ml	1	2013	Buen estado	Si	LIEXVE
Luz blanca	1	2013	Buen estado	Si	LIEXVE

Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, USAC.

Figura 48. Diagrama de flujo del proceso de determinación del Índice de refracción



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.6.2.1. Resultados del índice de refracción

Para validar el análisis del índice de refracción de aceite se realizaron 3 repeticiones para cada muestra. Las muestras analizadas son las siguientes: aceite de café estrictamente duro verde, aceite de café estrictamente duro tueste claro, aceite de café estrictamente duro tueste oscuro, aceite de café duro verde, aceite de café duro tueste claro, aceite de café duro tueste oscuro. En la tabla LIII, LIV, LV, LVI, LVII y LVIII se determinan los resultados obtenidos, la medición del índice de refracción se realizó con un refractómetro a presión y el rendimiento μ se obtuvo del promedio de las tres repeticiones.

- Aceite de café estrictamente duro

Tabla LIII. **Aceite de café estrictamente duro, verde**

Cosecha café*	Repetición	Volumen de materia prima (ml)	Índice de refracción	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	1	1,4720	1,4727	$\pm 0,00$
	2	1	1,4710		
	3	1	1,4750		

Fuente: investigación de campo.

Tabla LIV. **Aceite de café estrictamente duro, tueste claro**

Cosecha café*	Repetición	Volumen de materia prima (ml)	Índice de refracción	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	1	1,4740	1,4735	$\pm 0,00$
	2	1	1,4735		
	3	1	1,4730		

Fuente: Investigación de campo.

Tabla LV. **Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro**

Cosecha café*	Repetición	Volumen de materia prima (ml)	Índice de refracción	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	1	1,470	1,4700	$\pm 0,00$
	2	1	1,470		
	3	1	1,470		

Fuente: investigación de campo.

- Aceite de café duro

Tabla LVI. **Aceite de café duro, verde**

Cosecha café*	Repetición	Volumen de materia prima (ml)	Índice de refracción	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	1	1,4725	1,4742	$\pm 0,00$
	2	1	1,4750		
	3	1	1,4750		

Fuente: investigación de campo.

Tabla LVII. **Aceite de café duro, tueste claro**

Cosecha café*	Repetición	Volumen de materia prima (ml)	Índice de refracción	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	1	1,4745	1,4742	$\pm 0,00$
	2	1	1,4735		
	3	1	1,4745		

Fuente: investigación de campo.

Tabla LVIII. **Aceite de café duro, tueste oscuro**

Cosecha café*	Repetición	Volumen de materia prima (ml)	Índice de refracción	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	1	1,4740	1,4742	$\pm 0,00$
	2	1	1,4745		
	3	1	1,4740		

Fuente: investigación de campo.

2.6.3. Solubilidad

La solubilidad es una característica nata de un aceite vegetal, para tal efecto, se analizan las muestras, se utiliza 4 sustancias solventes: cloroformo, benceno, alcohol, agua. El procedimiento consiste en agitar 4 ml de muestra aceite en 15ml de sustancia solvente. Las condiciones se determinaron en el equipo en buen estado si este no presenta rajaduras o fugas. en los solventes se determinó según su pureza, densidad y fecha de caducidad (ver tabla LIX).

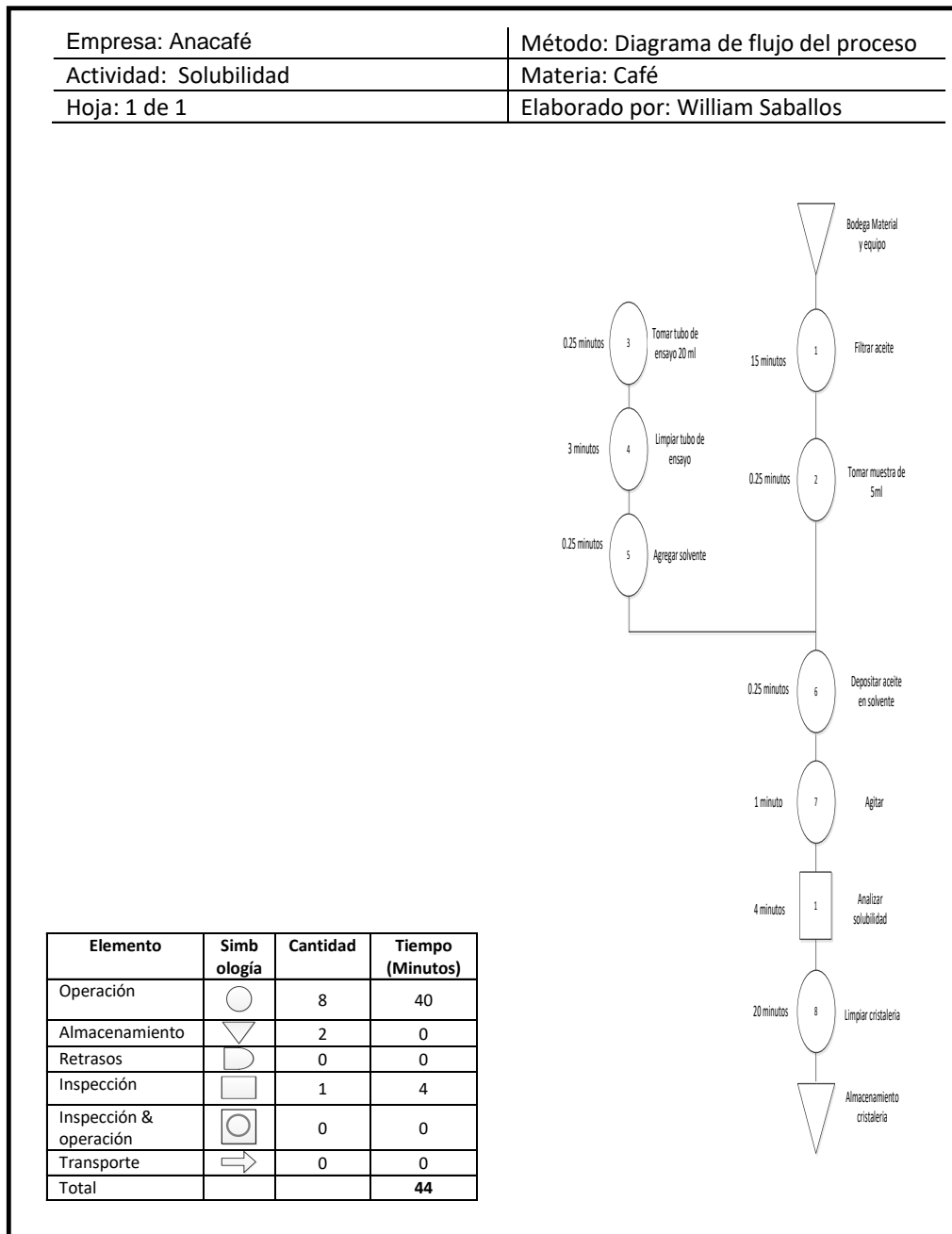
En la figura 49 se describe con un diagrama de flujo el procedimiento para determinar la solubilidad del aceite en solventes.

Tabla LIX. **Material y equipo para la determinación de solubilidad**

Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	En servicio (Si/No)	Fuente de información
Pipeta 5ml	1	No existe registro	Buen estado	Si	LIEXVE
Tubo de ensayo	1	2013	Buen estado	Si	LIEXVE
Alcohol, galón	1	2013	Buen estado	Si	LIEXVE
Benceno, galón	1	2013	Regular	Si	LIEXVE
Cloroformo, galón	1	2013	Buen estado	Si	LIEXVE

Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, USAC.

Figura 49. Diagrama de flujo del proceso de solubilidad



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.6.3.1. Resultados de solubilidad

Para el análisis de solubilidad de aceite, se realizó una repetición para cada análisis y no tres, ya la diferencia cuantitativa al realizar varias repeticiones para cada muestra no es significativa. En la tabla LX se describe la solubilidad del aceite extraído.

Tabla LX. Solubilidad

Aceite, Cosecha Café 2012/2013	Agua	Alcohol, Benceno y Cloroformo
Estrictamente duro, tueste oscuro,	Insoluble	Soluble
Estrictamente duro, tueste claro,	Insoluble	Soluble
Duro, tueste oscuro,	Insoluble	Soluble
Duro, tueste claro,	Insoluble	Soluble
Estrictamente duro, verde,	Insoluble	Soluble
Duro, verde,	Insoluble	Soluble

Fuente: investigación de campo.

2.6.4. Humedad

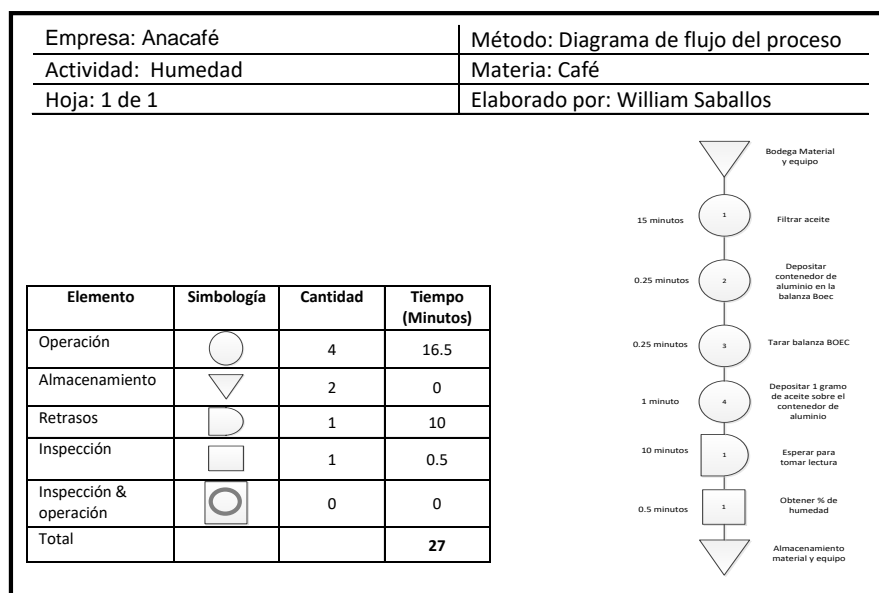
Con este método se determinara la cantidad total de agua no combinada que se encuentre presente en el aceite. En la tabla LIX se describen las condiciones del equipo utilizado para determinar la humedad y en la figura 50 describe el procedimiento.

Tabla LXI. **Material y equipo para la determinación de Humedad**

Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	Servicio (Si/No)	Fuente de información
Bandeja de aluminio	1	2012	Buen estado	Si	LIEXVE
Pipeta de 2ml	1	2013	Buen estado	Si	LIEXVE
Balanza humedad	1	2013	Buen estado	Si	LIEXVE

Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, USAC.

Figura 50. **Diagrama de flujo del proceso determinación del porcentaje de humedad**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.6.4.1. Resultados de humedad

Para el análisis de humedad de aceite se realizaron 3 repeticiones para cada muestra para su validación. Las muestras analizadas son las siguientes: aceite de café estrictamente duro verde, aceite de café estrictamente duro tueste claro, aceite de café estrictamente duro tueste oscuro, aceite de café duro verde, aceite de café duro tueste claro, aceite de café duro tueste oscuro. El % de humedad se determina con la balanza de humedad y el rendimiento μ se determina por medio del promedio de las tres repeticiones realizadas y la desviación estándar es la variación que existe respecto a la media de las muestras obtenidas. En la tabla LXII, LXIII, LXIV, LXV, LXVI y LXVII se describen los resultados obtenidos.

- Aceite de café estrictamente duro

Tabla LXII. **Aceite de café estrictamente duro, verde**

Cosecha café*	Repetición	% Humedad	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	14,70	14,14	$\pm 0,495176736$
	2	13,76		
	3	13,96		

Fuente: investigación de campo.

Tabla LXIII. **Aceite de café estrictamente duro, tueste claro**

Cosecha café*	Repetición	% Humedad	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	7,68	7,77	$\pm 0,46222222$
	2	8,46		
	3	7,16		

Fuente: investigación de campo.

Tabla LXIV. **Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro**

Cosecha Café*	Repetición	% Humedad	Rendimiento μ	Desviación Estándar σ
2012/2013	1	7,36	7,28	$\pm 0,165227116$
	2	7,09		
	3	7,39		

Fuente: investigación de campo.

- Aceite de café duro

Tabla LXV. **Aceite de café duro, verde**

Cosecha Café*	Repetición	% Humedad	Rendimiento μ	Desviación Estándar σ
2012/2013	1	11,30	12,26	$\pm 0,97027488$
	2	12,23		
	3	13,24		

Fuente: investigación de campo.

Tabla LXVI. **Aceite de café duro, tueste claro**

Cosecha Café*	Repetición	% Humedad	Rendimiento μ	Desviación Estándar σ
2012/2013	1	9,54	9,47	$\pm 0,061101009$
	2	9,46		
	3	9,42		

Fuente: investigación de campo.

Tabla LXVII. **Aceite de café duro, tueste oscuro**

Cosecha café*	Repetición	% Humedad	Rendimiento μ	Desviación estándar σ
2012/2013	1	8,60	8,60	$\pm 0,2300000$
	2	8,37		
	3	8,83		

Fuente: investigación de campo.

2.6.5. Índice pH

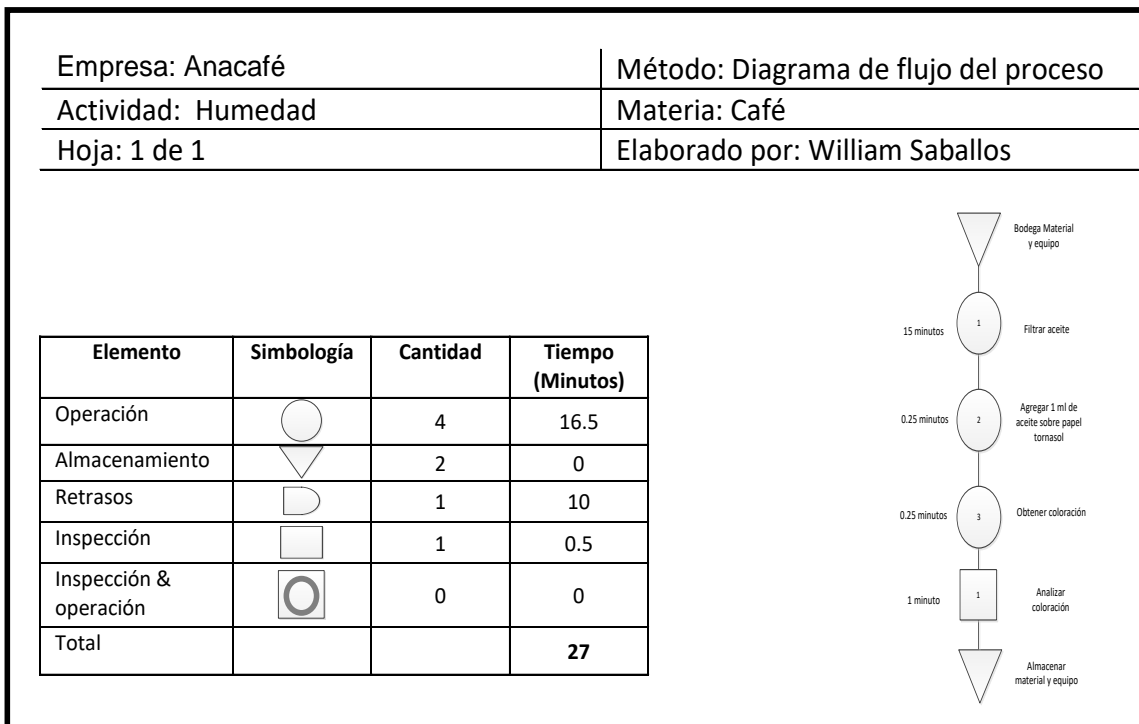
El pH es la medida de la concentración de iones de hidrógeno [H⁺], o en su defecto de los iones hidroxilo [OH⁻] contenidos en la muestra de aceite de café. En la tabla LXVIII se describe el material y equipo para determinar el índice de pH que se obtiene con papel indicador el cual se tiñe de un color específico dependiendo del pH y, luego, se compara con una escala de colores que determina el pH asociado al color obtenido. En la figura 51 se describe el procedimiento para obtener el pH.

Tabla LXVIII. **Material y equipo para la determinación Índice pH**

Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	En servicio (Si/No)	Fuente de información
Papel pH	1	No existe registro	Buen estado	Si	LIEXVE
Pipeta 1ml	1	2013	Buen estado	Si	LIEXVE

Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, USAC.

Figura 51. **Diagrama de flujo del proceso determinación del pH en aceite**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.6.5.1. Resultados del índice de pH

Para el análisis de índice de pH se realizó una repetición para cada muestra para su validación. Las muestras analizadas son las siguientes: aceite de café estrictamente duro verde, aceite de café estrictamente duro tueste claro, aceite de café estrictamente duro tueste oscuro, aceite de café duro verde, aceite de café duro tueste claro, aceite de café duro tueste oscuro. En la tabla LXIX se observan los resultados en donde todas las muestras tienen un pH 6 lo que determina que es un pH ácido cercano a un pH neutro.

Tabla LXIX. Resultados de pH para muestras

Aceite, cosecha café 2012/2013	pH
Estrictamente duro verde	6
Estrictamente duro, tueste claro	6
Estrictamente duro, tueste oscuro	6
Duro verde	6
Duro tueste claro	6
Duro tueste oscuro	6

Fuente: investigación de campo.

2.6.6. Índice de Saponificación basado en el método de Koettstorfer

Es una medida aproximada del peso molecular promedio de los ácidos grasos. Se define como el número de mg de KOH (hidróxido de potasio) necesarios para saponificar 1 g de grasa. En la tabla LXX se describen las

condiciones del material y equipo del laboratorio y en la figura 52 el procedimiento para determinar el índice de saponificación.

Tabla LXX. **Material y equipo para la determinación Índice de saponificación**

Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	En servicio (Si/No)	Fuente de información
Erlenmeyer 300 ml	2	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Pipeta 25ml	1	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Condensador	6	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Hidróxido de potasio 0,5 N	3	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Acido Clorhidrico 0,5 N	10	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio
Fenolftaleina 1%	6	No existe registro	Buen estado	Si	Personal de laboratorio

Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, USAC.

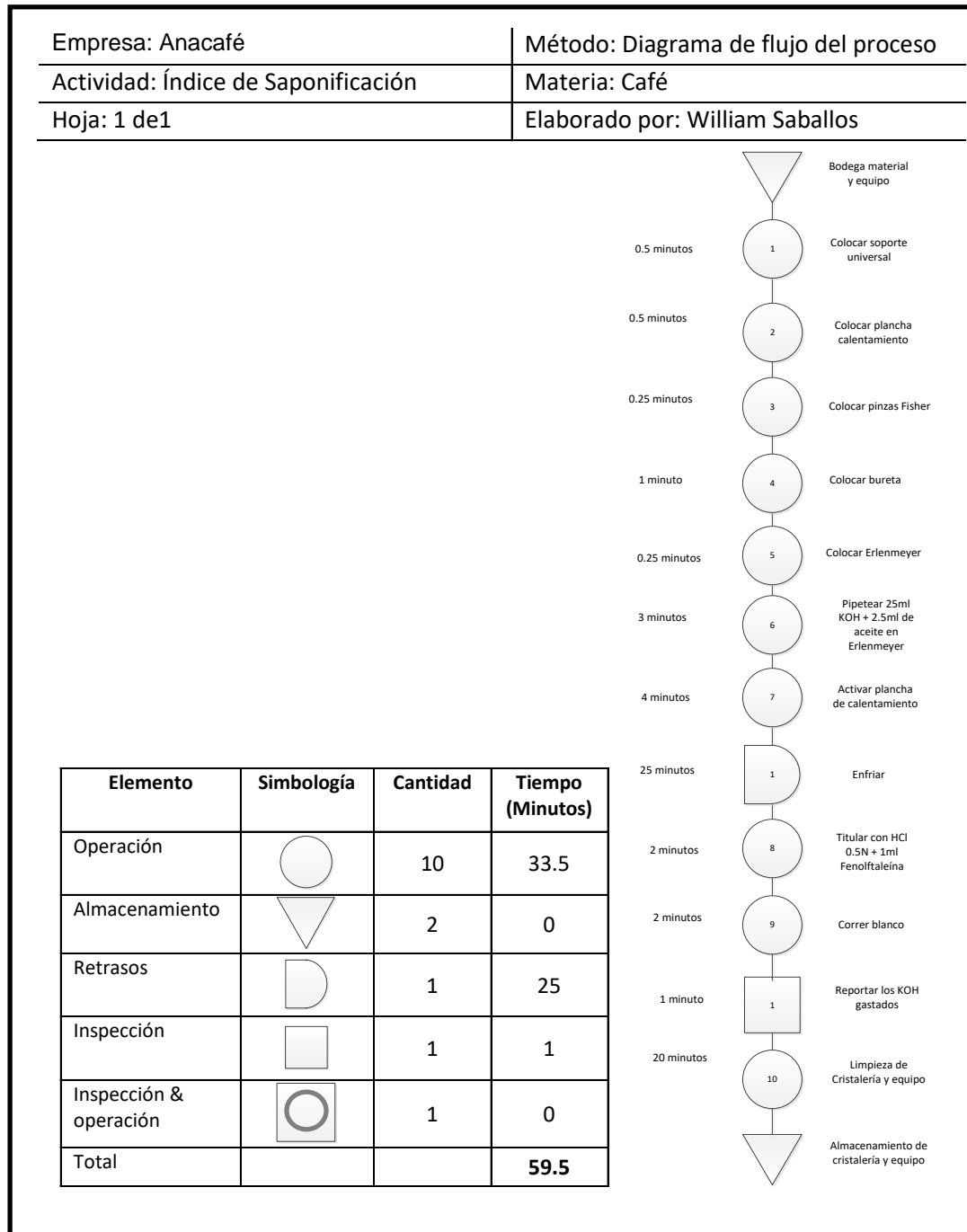
$$\text{Índice de saponificación} = \frac{(V_b - V_m) * N * 56,1}{\text{Pesodelamuestra}}$$

Donde:

V_b = Volumen de HCl 0,5N gastado para titular el blanco

V_m = Volumen de HCl 0,5N gastado para titula la muestra

Figura 52. Diagrama de flujo del proceso determinación del índice de saponificación



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.6.6.1. Resultados del índice de saponificación

Para validar el análisis de humedad de aceite se realizaron 2 repeticiones para cada muestra. Las muestras analizadas son las siguientes: aceite de café estrictamente duro verde, aceite de café estrictamente duro tueste claro, aceite de café estrictamente duro tueste oscuro, aceite de café duro verde, aceite de café duro tueste claro, aceite de café duro tueste oscuro. En la tabla LXXI se observan los resultados obtenidos en donde el μ es el promedio entre el máximo y mínimo.

Tabla LXXI. Índice de saponificación

Aceite, cosecha café 2012/2013	Mínimo	Máximo	μ
Estrictamente duro, verde	418,93	425,0	421,96
Estrictamente duro, tueste claro	363,89	394,22	379,05
Estrictamente duro, tueste oscuro	284,20	370,70	327,46
Duro, verde	299,77	330,36	315,06
Duro, tueste claro	183,17	371,80	277,48
Duro, tueste oscuro	169,82	363,89	266,85

Fuente: investigación de campo.

2.6.7. Método de índice de acidez

El número ácido caracteriza la presencia de ácidos grasos libres en la grasa. Se expresa en cantidad de miligramos de hidróxido potásico necesarios para neutralizar los ácidos grasos libres en 1 g, de aceite. Este índice es uno de los indicadores más importantes de la calidad de los aceites y grasas. En la

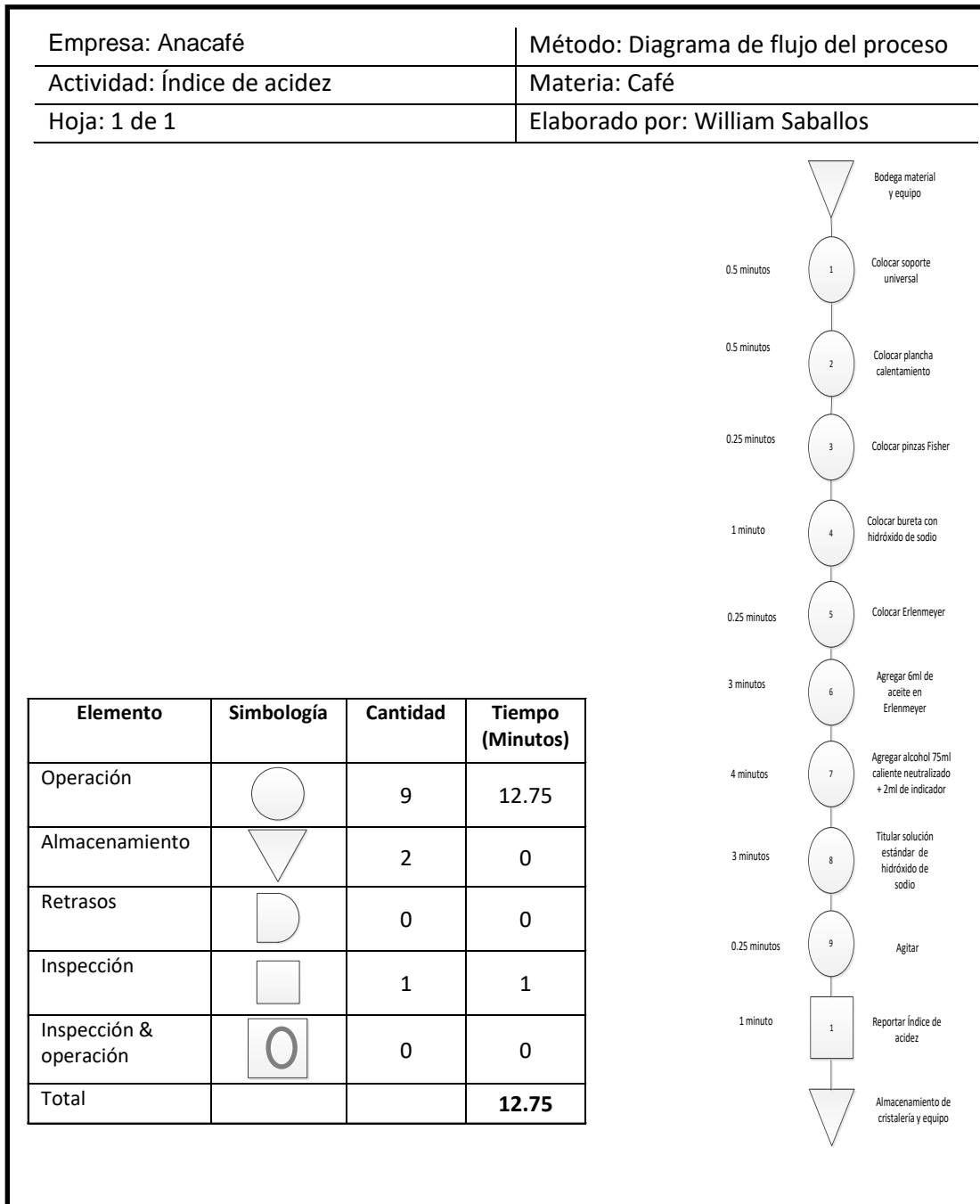
tabla LXXII se describe el material y equipo y las condiciones actuales, en la figura 53 se describe el procedimiento para determinar el índice de acidez.

Tabla LXXII. **Material y equipo para la determinación Índice de acidez**

Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	En servicio (Si/No)	Fuente de información
Muestra de aceite, ml	10	2013	Buen estado	Si	LIEXVE
Soporte universal	1	No existe registro	Buen estado	Si	LIEXVE
Pinzas Fisher	6	No existe registro	Buen estado	Si	LIEXVE
Bureta	2	No existe registro	Regular	Si	LIEXVE
Plancha de calentamiento	2	No existe registro	Buen estado	Si	LIEXVE
Alcohol etílico 95%	1	2013	Buen estado	Si	LIEXVE
Fenoltaleina 1%	1	2013	Regular	Si	LIEXVE
Hidroxido de sodio 0.25N	1	2013	Buen estado	Si	LIEXVE

Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, USAC.

Figura 53. Diagrama de flujo del proceso determinación del índice de acidez



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio..

2.6.7.1. Resultados de índice de acidez

Para validar el análisis del índice de acidez de aceite se realizaron 2 repeticiones para cada muestra. Las muestras analizadas son las siguientes: aceite de café estrictamente duro verde, aceite de café estrictamente duro tueste claro, aceite de café estrictamente duro tueste oscuro, aceite de café duro verde, aceite de café duro tueste claro, aceite de café duro tueste oscuro. En la tabla LXXIII se observan los resultados obtenidos, donde μ es el promedio entre los dos datos obtenidos, máximo y mínimo.

Tabla LXXIII. Índice de acidez

Aceite, cosecha café 2012/2013	Mín.	Máx.	μ
Estrictamente duro, verde	2,22	3,32	2,77
Estrictamente duro, tueste claro	2,21	3,32	2,76
Estrictamente duro, tueste oscuro	2,49	2,77	2,63
Duro, verde	4,19	5,03	4,61
Duro, tueste claro	2,77	3,87	3,32
Duro, tueste oscuro	2,78	3,62	3,20

Fuente: investigación de campo.

2.6.8. Cromatografía de gases acoplado a espectrofotometría de masas

La cromatografía de gases (GC), se emplea cuando los componentes de la mezcla son volátiles o semivolátiles. Con frecuencia la cromatografía de gases se emplea para confirmar la presencia o ausencia de un compuesto en

una muestra determinada. Por otra parte, la espectrometría de masas (MS) puede identificar de manera casi inequívoca cualquier sustancia pura, pero normalmente no es capaz de identificar los componentes individuales de una mezcla sin separar previamente sus componentes. Para esta investigación las pruebas se realizan en la Unidad de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.6.8.1. Resultados de cromatografía de gases

Para validar el análisis de cromatografía de gases se realizó una repetición para cada muestra. Las muestras analizadas son las siguientes: aceite de café estrictamente duro verde, aceite de café estrictamente duro tueste claro, aceite de café estrictamente duro tueste oscuro, aceite de café duro verde, aceite de café duro tueste claro, aceite de café duro tueste oscuro. En las tablas LXXIV, LXXVII, LXXVIII, LXXIX, LXXX y LXXXI se establecen los resultados obtenidos del análisis. En la tabla LXXIV y LXXV se describen los compuestos encontrados por cromatografía de gases-espectrometría de masas para compuestos con peso molecular entre 50-550 utilizando la librería o base de datos de Wiley, y los grupos a los que pertenecen algunos compuestos encontrados.

Tabla LXXIV. **Compuestos identificados en cromatografía de gases**

Tueste claro y oscuro	
Cafeína, 1H-purina-2-6 dione, ácido hexadecanoico, metilester ácido octadecadienoico, metilesteroctadecanoico, metilester 3,20-DIMETHYL-A-NOR-17. ALPHA.	Cafeína, 1H-purina-2-6dione ácido hexadecanoico, metilester ácido octadecadienoico, metilesteroctadecanoico, metilesterheptadecanoico

Fuente: cromatografía gaseosa aplicando espectrometría de masas, CIAT.

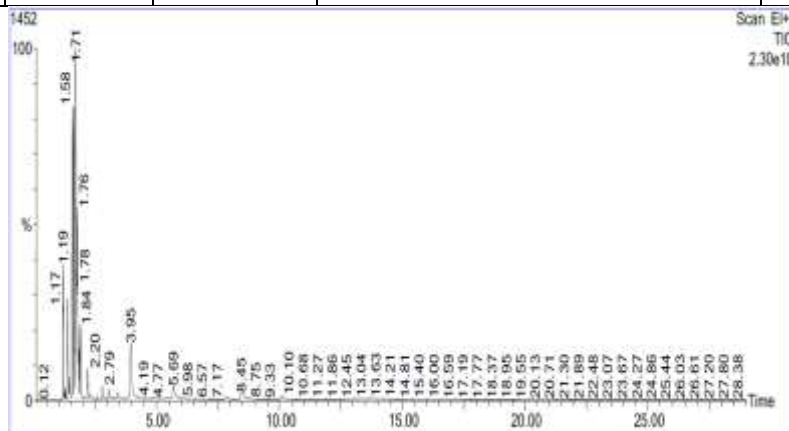
Tabla LXXV. Grupos a los que pertenecen los compuestos identificados

Grupo	Compuesto
Alcaloides	Cafeína, 1H-purina-2-6-dione
Ésteres	Ácido hexadecanoico, metilester octadecanoico, metilester ácido eicosanoico, metilester ácido decanoico.

Fuente: cromatografía gaseosa aplicando espectrometría de masas, CIAT.

Tabla LXXVI. Composición química del aceite de café estrictamente duro verde obtenida por GC-MS

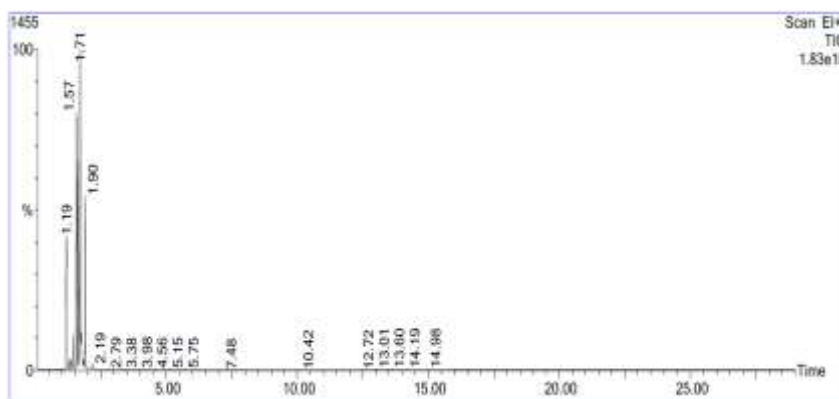
No,	RT	Área	Componente Químico	Numero CAS
1	1,384	3,89	1,2-Propanediamine, N,N'-dimethyl-, (S)-	27255-46-5
2	1,579	12,429	2,2-Dimethyl-propyl 2,2-dimethyl-propanethiosulfinate	78607-80-4
3	1,644	14,578	1,2-Diamino-2-methylpropane	811-93-8
4	1,714	18,317	4-Methyl-3-heptanol	14979-39-6
5	1,759	10,868	3-Penten-2-one	625-33-2



Fuente: investigación de campo, cromatografía gaseosa aplicado espectrometría de masas, CIAT,

Tabla LXXVII. **Composición química del aceite de café estrictamente duro tueste claro obtenida por GC-MS**

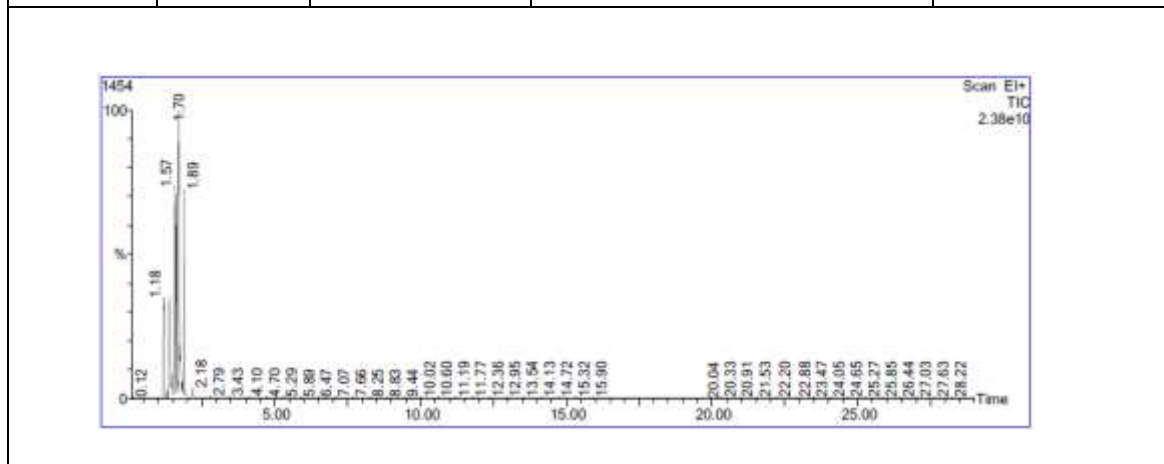
No.	RT	Área	Componente Químico	Numero CAS
1	1,569	19,927	1,2-Diamino-2-methylpropane	811-93-8
2	1,639	15,63	L-Valine	72-18-4
3	1,714	24,459	4-Methyl-3-heptanol	14979-39-6
4	1,759	3,975	2-Butene, 2,3-dimethyl-	563-79-1
5	2,19	15,45	2,2-Dimethyl-propyl 2,2-dimethyl-propanesulfinylsulfone	82360-14-3
6	2,189	2,13	1-Pentene, 3-methyl-	760-20-3



Fuente: investigación de campo, cromatografía gaseosa aplicado espectrometría de masas, CIAT.

Tabla LXXVIII. Composición química del aceite de café estrictamente duro tueste oscuro obtenida por GC-MS

No.	RT	Área	Componente Químico	Numero CAS
1	1,379	9,701	1-Pentadecanamine, N,N-dimethyl-	17678-60-3
2	1,479	11,467	2-Butene, 2,3-dimethyl-	563-79-1
3	1,569	15,45	2,2-Dimethyl-propyl 2,2-dimethyl-propanesulfinylsulfone	82360-14-3
4	1,629	13,531	L-Valine	72-18-4
5	1,633	13,531	1,2-Diamino-2-methylpropane	811-93-8
6	1,704	23,454	4-Methyl-3-heptanol	14979-39-6
7	1,894	15,195	1-Pentene, 3-methyl-	760-20-3



Fuente: investigación de campo, cromatografía gaseosa aplicado espectrometría de masas, CIAT.

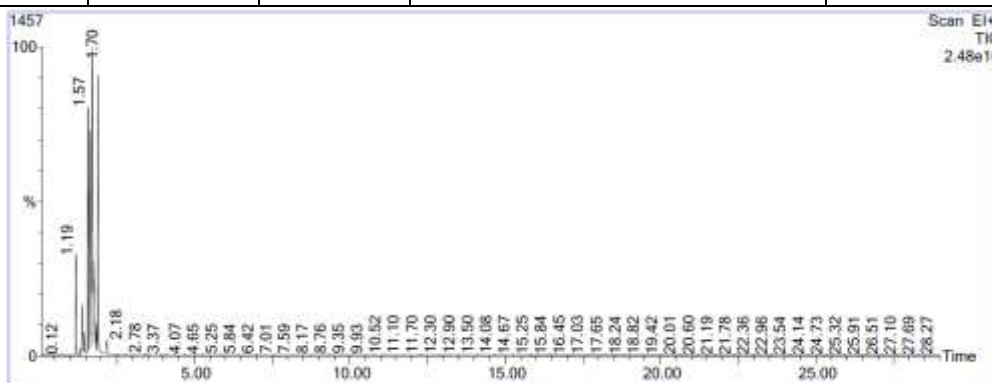
Tabla LXXIX. Composición química del aceite de café estrictamente duro verde obtenida por GC-MS

No.	RT	Área	Componente Químico	Numero CAS
1	1,384	3,89	1,2-Propanediamine, N,N'-dimethyl-, (S)-	27255-46-5
2	1,579	12,429	2,2-Dimethyl-propyl 2,2-dimethyl-propanethiosulfinate	78607-80-4
3	1,644	14,578	1,2-Diamino-2-methylpropane	811-93-8
4	1,714	18,317	4-Methyl-3-heptanol	14979-39-6
5	1,759	10,868	3-Penten-2-one	625-33-2

Fuente: investigación de campo, cromatografía gaseosa aplicado espectrometría de masas, CIAT.

Tabla LXXX. Composición química del aceite de café duro tueste claro obtenida por GC-MS

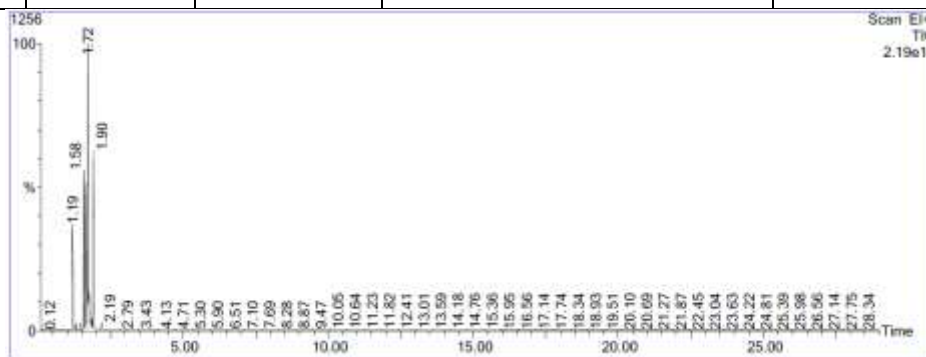
No.	RT	Área	Componente Químico	Numero CAS
1	1,569	16,262	2,2-Dimethyl-propyl 2,2-dimethyl-propanesulfinylsulfone	82360-14-3
2	1,635	15,202	L-Valine	72-18-4
3	1,629	15,202	1,2-Diamino-2-methylpropane	811-93-8
4	1,704	23,748	4-Methyl-3-heptanol	14979-39-6
5	1,754	7,288	2-Butene, 2,3-dimethyl-	563-79-1
6	1,899	18,128	1-Pentene, 3-methyl-	760-20-3



Fuente: investigación de campo, cromatografía gaseosa aplicado espectrometría de masas, CIAT.

Tabla LXXXI. Composición química del aceite de café duro tueste oscuro obtenida por GC-MS

No.	RT	Área	Componente Químico	Numero CAS
1	1,57 9	14,46 7	1,2-Diamino-2-methylpropane	811-93-8
2	1,46	5,36	2,2-Dimethyl-propyl 2,2-dimethyl-propanesulfinylsulfone	82360-14-3
3	1,63 9	13,96	L-Valine	72-18-4
4	1,71 9	27,54 8	4-Methyl-3-heptanol	14979-39-6
5	1,75 9	4,644	2-Butene, 2,3-dimethyl-	563-79-1
6	1,90 4	16,57 8	1-Pentene, 3-methyl-	760-20-3



Fuente: investigación de campo, cromatografía gaseosa aplicado espectrometría de masas, CIAT.

2.6.9. Análisis sensorial del aceite de café

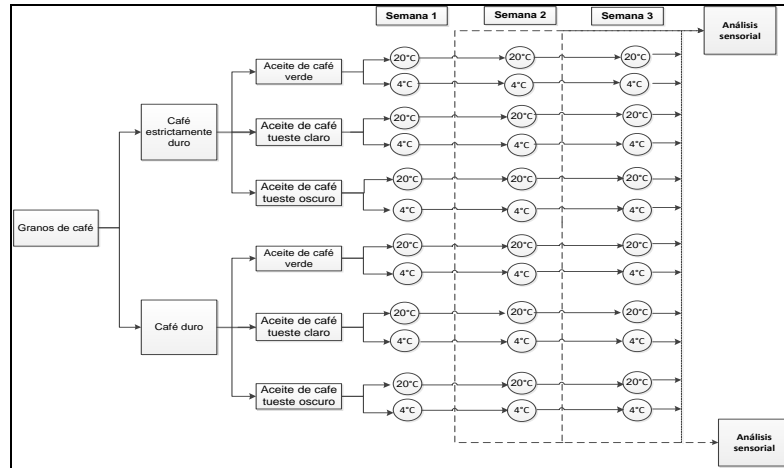
La evaluación de estas características sensoriales se realiza con un panel de catadores de café. La forma y condiciones de realización de la cata, así como el análisis de los resultados de la puntuación están totalmente normalizadas.

Para tal efecto, la evaluación se realiza bajo condiciones controladas de temperatura, humedad del ambiente y velocidad del viento, por un grupo de catadores previamente seleccionados y entrenados en café.

Se analizar 2 grupos de muestras de aceite, 4 y 20 grados centígrados a través del tiempo, para tal efecto se realizará durante semanas. A continuación, por medio de un gráfico de la figura 54, se describen los análisis por realizar.

En la tabla LXXXII se describe el material y equipo necesario para realizar el análisis sensorial y la figura 55 describe el diagrama de flujo para realizar análisis sensorial. La figura 56 describe el formato para la ficha de valoración para el análisis sensorial.

Figura 54. Esquema para el análisis sensorial a 4 y 20 grados centígrados



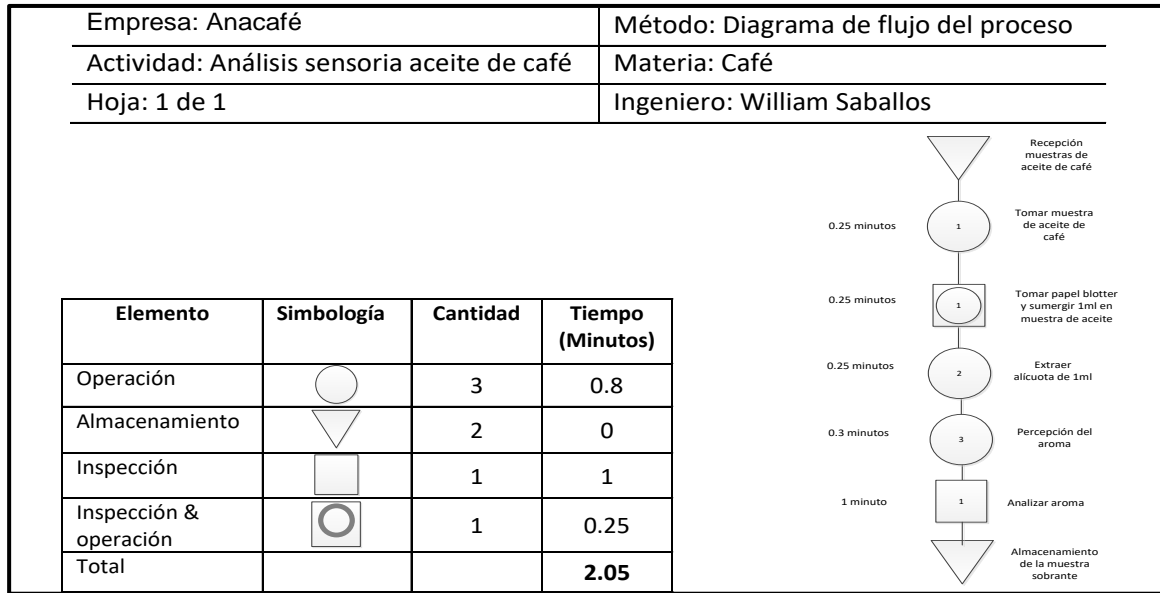
Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXXII. Material y equipo para el análisis sensorial del aceite

Material y equipo	Cantidad	Fecha de adquisición	Condición	En servicio (Si/No)	Fuente de información
Campana de flujo laminar	1	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio
Papel Blotter	1	2013	Buen estado	No	Personal de laboratorio
Incubadora	1	2013	Regular	Si	Personal de laboratorio
Refrigerador	1	No existe registro	Regular	Si	Personal de laboratorio

Fuente: laboratorio análisis de suelos, Analab.


Figura 55. Diagrama de flujo del proceso para el análisis sensorial del aceite de café



Fuente: investigación de campo, Laboratorio de catación, Anacafé.

Figura 56. Ficha de valoración de aroma a 4 y 20 grados centígrados

Proyecto: Aceite de Café (La Química del Aroma del café)
 Investigador: William Manuel Sabaños Morales
 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Facultad de Agronomía
 Escuela Nacional Central de Agricultura
 Escuela de Mecánica Industrial
 Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado



anacafé
 ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ
LI
 LIEXVE USAC

FICHA DE CATA DEL ACEITE DE CAFÉ

0 nulo, 1 medio leve, 2 leve...8 medio intenso, 9 intenso, 10 muy intenso.											Fecha: / /	
Catador:											Análisis: 4 °C <input type="checkbox"/> 20°C <input type="checkbox"/>	

WTCS1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTCS2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTCS3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTCS4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTOS1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTOS2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTOS3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTOS4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTCH1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTCH2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTCH3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTCH4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTOH1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTOH2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTOH3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:
WTOH4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Tipo y tueste:	Observación:

Fuente: elaboración propia.

2.6.9.1. Resultados del análisis sensorial del aceite de café

Datos proporcionados por panel de expertos catadores de Anacafé. El análisis sensorial consistió únicamente en la valoración del aroma del aceite, para tal efecto, se empleó la escala de calificación 0 a 10, siendo la calificación 0 un aroma insignificante, calificación 10 excelente intensidad aromática. A continuación, en las tablas LXXXIII, LXXXIV, LXXXV, LXXXVI, LXXXVII, LXXXVIII, LXXXIX, XC, XCI, XCII, XCIII y XCIV se observan los resultados obtenidos para la variable de respuesta aroma, a condiciones de ambiente 20°C y de refrigeración 4°C y de la figura 57 a la figura 68 se observan los resultados gráficamente.

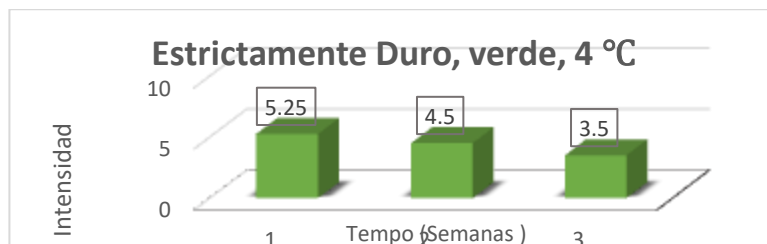
- Aceite de café estrictamente duro, muestras refrigeradas 4°C

Tabla LXXXIII. Aceite de café estrictamente duro, verde

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	5,25
2	4,5
3	3,5

Fuente: investigación de campo.

Figura 57. Aceite de café estrictamente duro, verde



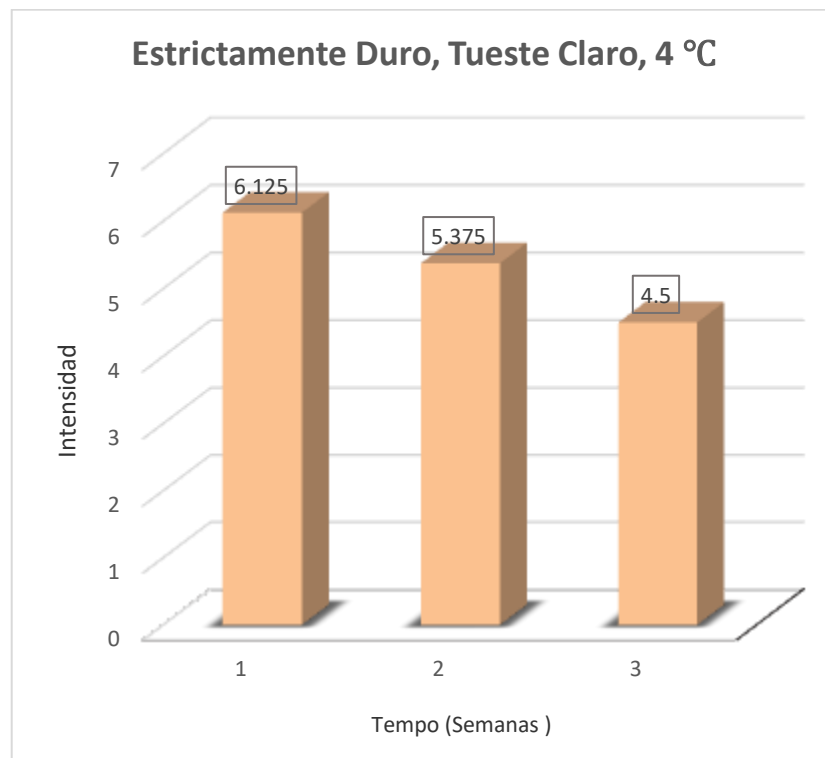
Fuente: investigación de campo.

Tabla LXXXIV. **Aceite de café estrictamente duro, tueste claro**

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	6,125
2	5,375
3	4,5

Fuente: investigación de campo.

Figura 58. **Aceite de café estrictamente duro, tueste claro**



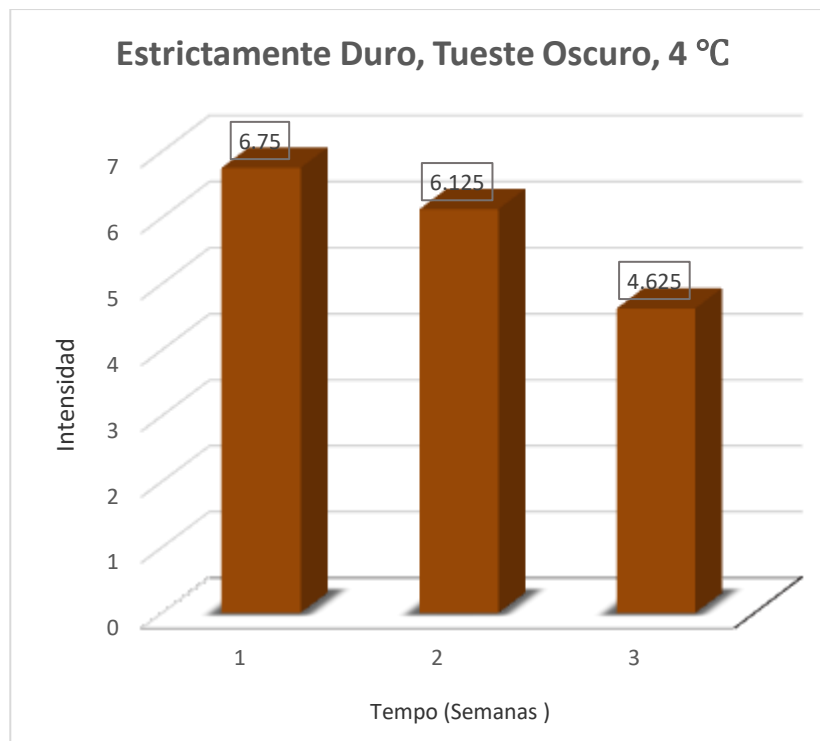
Fuente: investigación de campo.

Tabla LXXXV. **Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro**

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	6,75
2	6,125
3	4,625

Fuente: investigación de campo.

Figura 59. **Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro**



Fuente: investigación de campo.

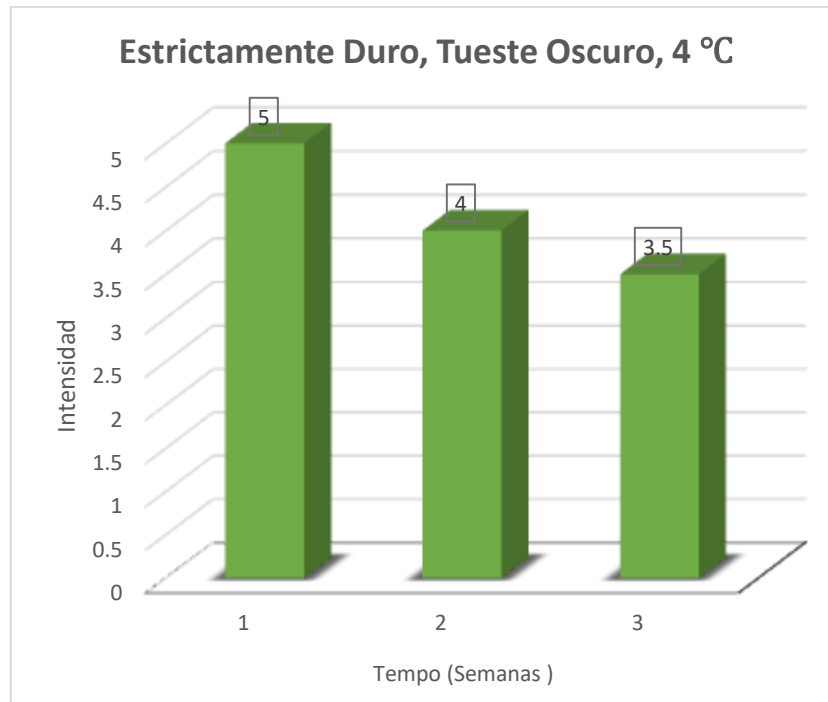
- Aceite de café duro, muestras refrigeradas 4°C

Tabla LXXXVI. **Aceite de café duro, verde**

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	5
2	4
3	3,5

Fuente: investigación de campo.

Figura 60. **Aceite de café duro, verde**



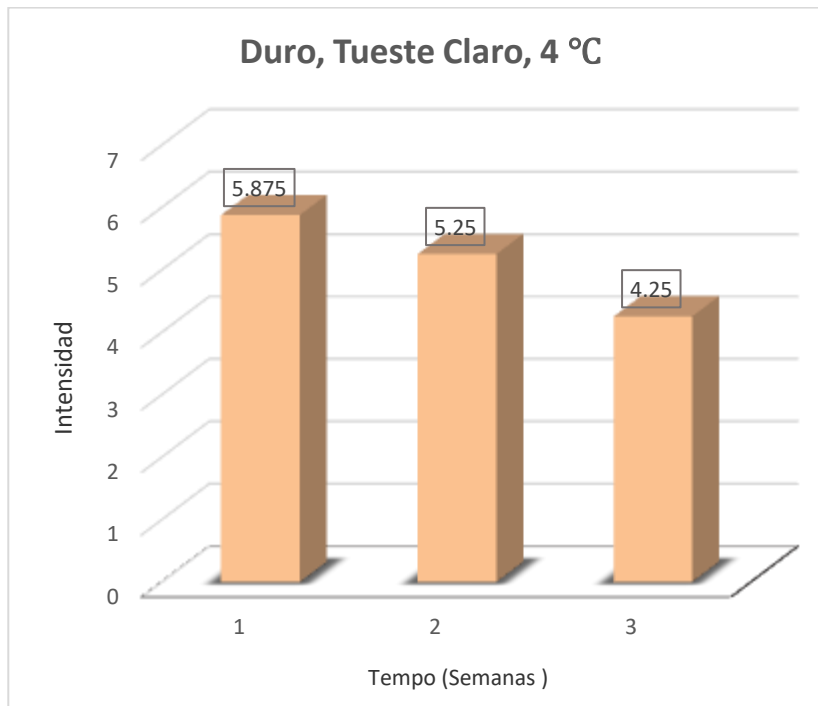
Fuente: investigación de campo.

Tabla LXXXVII. **Aceite de café duro, tueste claro**

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	5,875
2	5,25
3	4,25

Fuente: investigación de campo.

Figura 61. **Aceite de café duro, tueste claro**



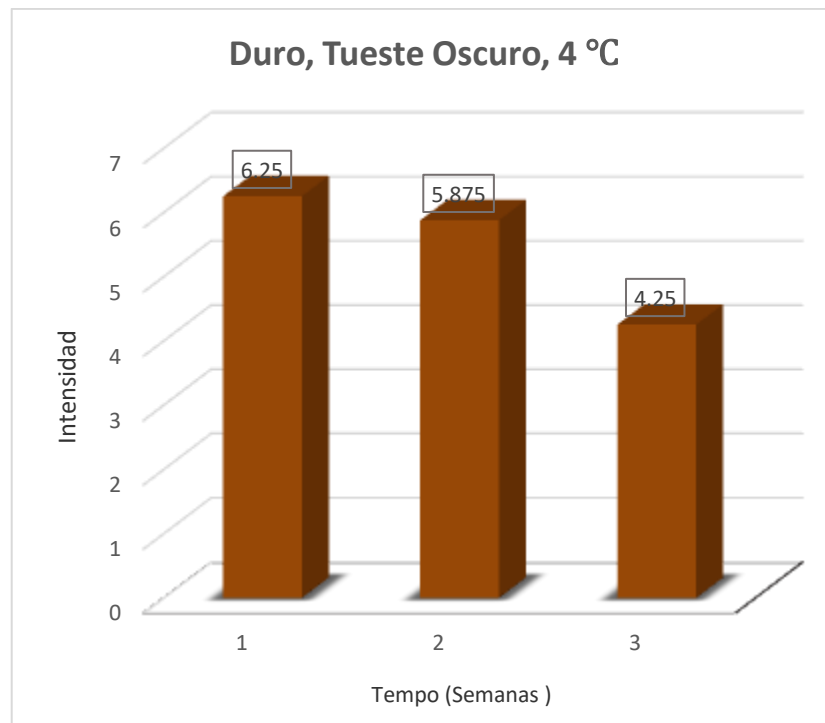
Fuente: investigación de campo.

Tabla LXXXVIII. **Aceite de café duro, tueste oscuro**

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	6,25
2	5,875
3	4,25

Fuente: investigación de campo.

Figura 62. **Aceite de café duro, tueste oscuro**



Fuente: investigación de campo.

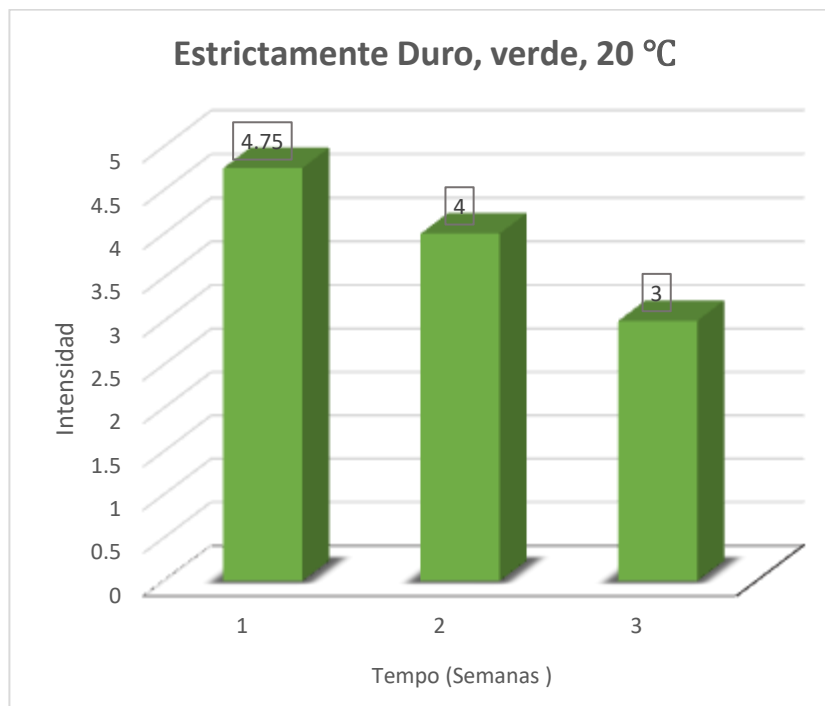
- Aceite de café estrictamente duro, muestras refrigeradas 20°C

Tabla LXXXIX. **Aceite de café estrictamente duro, verde**

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	4,75
2	4
3	3

Fuente: investigación de campo.

Figura 63. **Aceite de café estrictamente duro, verde**



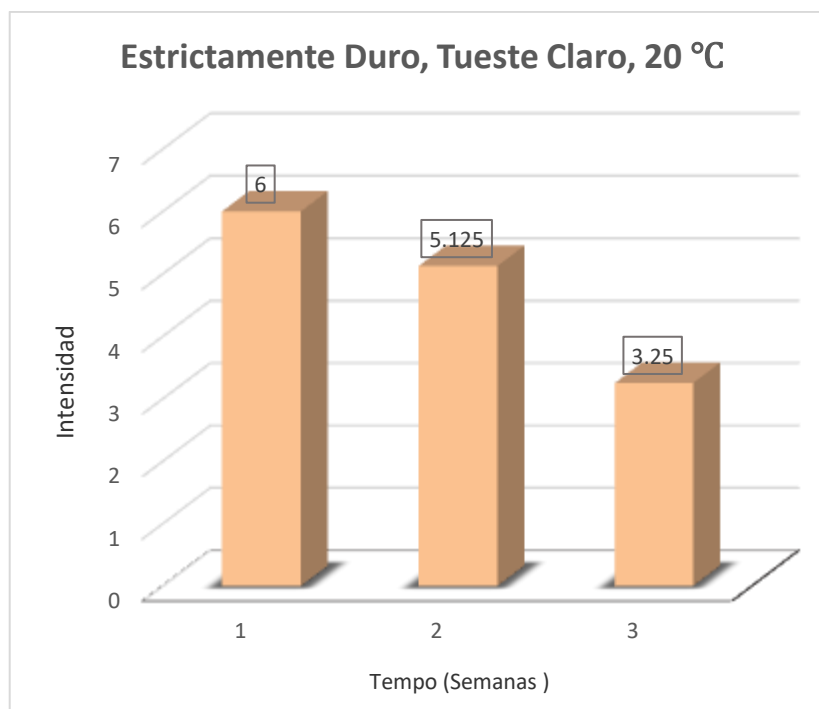
Fuente: investigación de campo.

Tabla XC. **Aceite de café estrictamente duro, tueste claro**

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	6
2	5,125
3	3,25

Fuente: investigación de campo.

Figura 64. **Aceite de Café estrictamente duro, tueste claro**



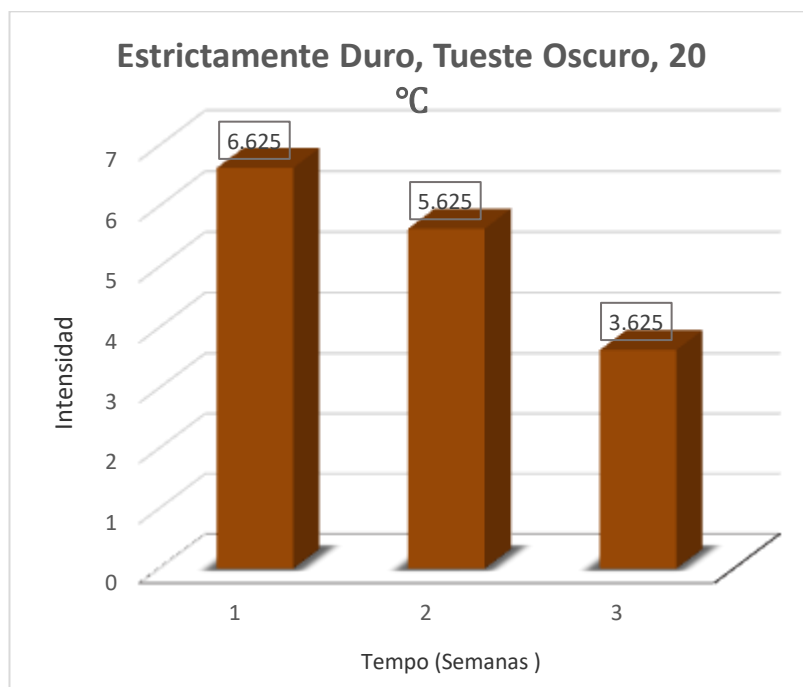
Fuente: investigación de campo.

Tabla XCI. **Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro**

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	6,625
2	5,625
3	3,625

Fuente: investigación de campo.

Figura 65. **Aceite de café estrictamente duro, tueste oscuro**



Fuente: investigación de campo.

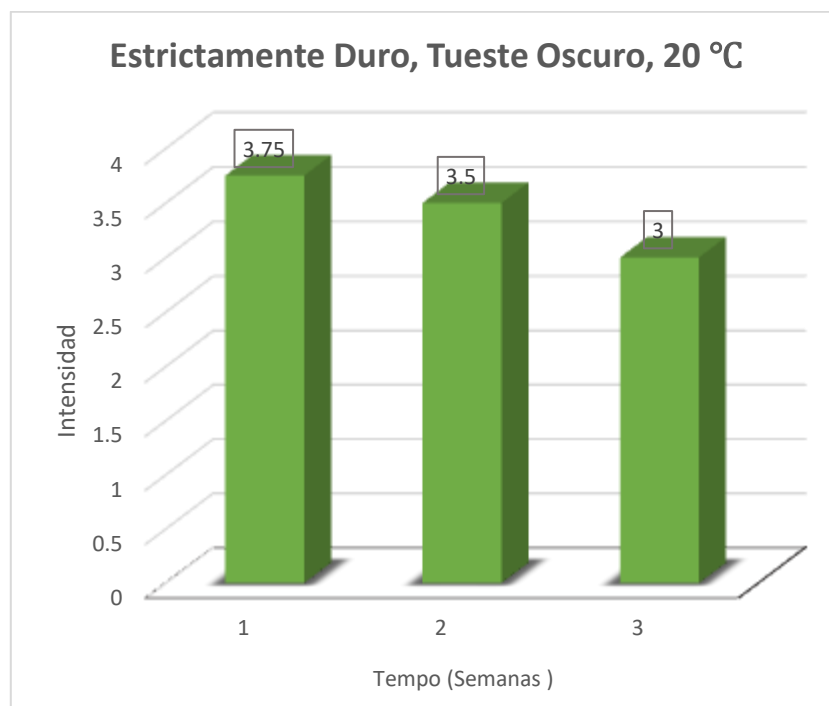
- Aceite de café duro, muestras refrigeradas 20°C,

Tabla XCII. **Aceite de café duro, verde**

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	3,75
2	3,5
3	3

Fuente: investigación de campo.

Figura 66. **Aceite de café duro, verde**



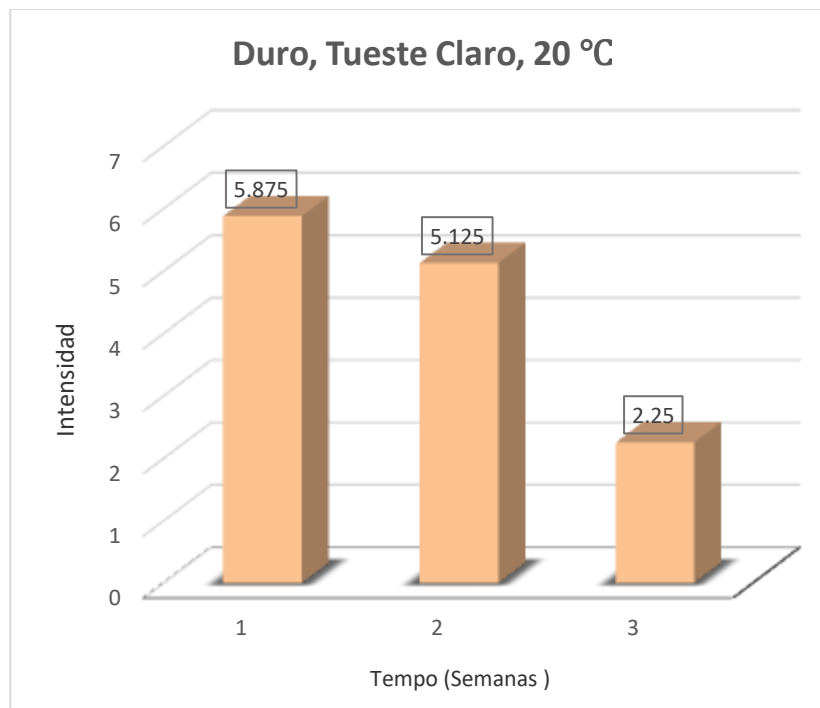
Fuente: investigación de campo.

Tabla XCIII. **Aceite de café duro, tueste claro**

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	5,875
2	5,125
3	2,25

Fuente: investigación de campo.

Figura 67. **Aceite de Café duro, tueste claro**



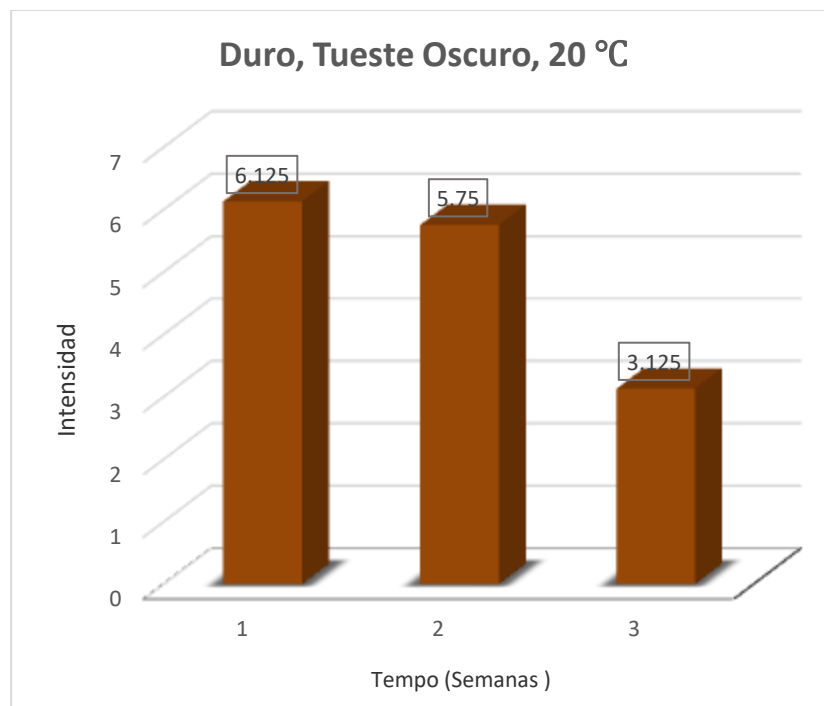
Fuente: investigación de campo.

Tabla XCIV. **Aceite de café duro, tueste oscuro**

Tiempo (semanas)	Intensidad
1	6,125
2	5,75
3	3,125

Fuente: investigación de campo

Figura 68. **Aceite de café duro, tueste oscuro**

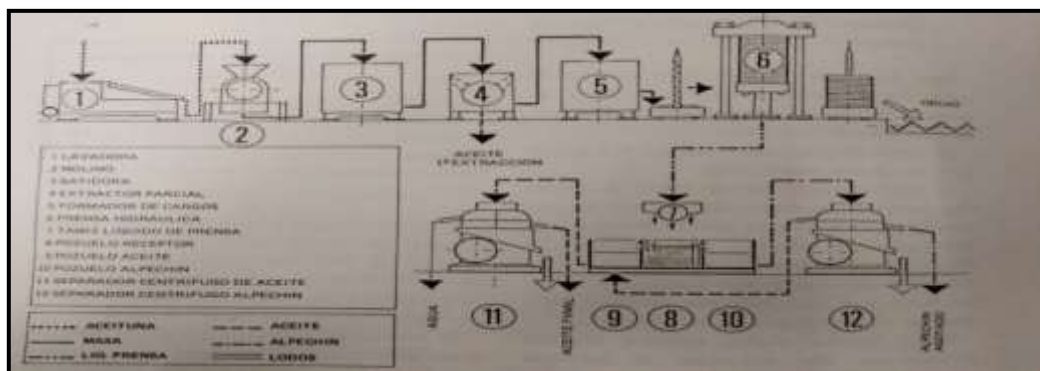


Fuente: investigación de campo.

2.7. Aplicación en la industria

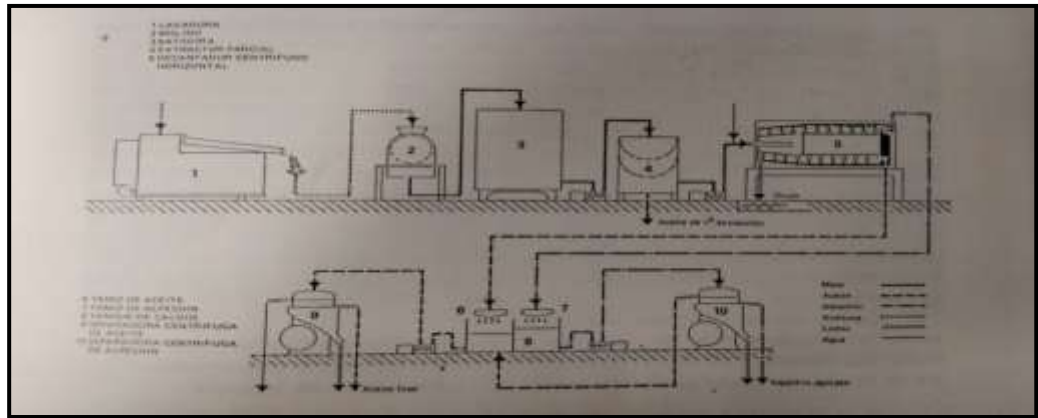
El aceite de origen vegetal ha sido la materia prima básica para la fabricación de perfumes, sustancias saporíferas y bebidas, estos aceites constituyen una valiosa fuente de ingresos de carácter secundario para un número de pequeños agricultores y pequeños negociantes en países subdesarrollados. En las figuras 69 y 70 se describen dos procesos de extracción de aceite de café a escala industrial.

Figura 69. Proceso de extracción de aceite de café escala industrial 1



Fuente: MADRID, Vicente, *Producción, análisis y control de calidad de aceites y grasas comestible*. 280 p.

Figura 70. **Proceso de extracción de aceite de café escala industrial 2**



Fuente: MADRID, Vicente, *Producción, análisis y control de calidad de aceites y grasas comestible*. 281 p.

2.7.1. **Aplicación en la industria de alimentos**

El aceite de café se podría aplicar para la elaboración de productos culinarios, postres y bebidas con sabor y aroma a café. Se podría destinar como un aditivo con fines antimicrobianos ya que los aceites esenciales y fijos permiten la inhibición del crecimiento de *Listeria Monocytogenes* y así sustituir y evitar el uso de fungicidas de origen sintético.

El aceite de café igual que aceites fijos y esenciales, se puede aplicar el proceso de microencapsulación mediante el secado por aspersión, esto es una alternativa de modificar el estado físico del aceite y presentarlo en una forma sólida, así mismo la propia protección del aceite ya que es una sustancia muy sensible y volátil. Al micro encapsular el aceite se podría utilizar como un aditivo en la industria alimentaria que permitiría dar el aroma agradable a café a otros productos alimentarios. A continuación, se presenta el equipo para

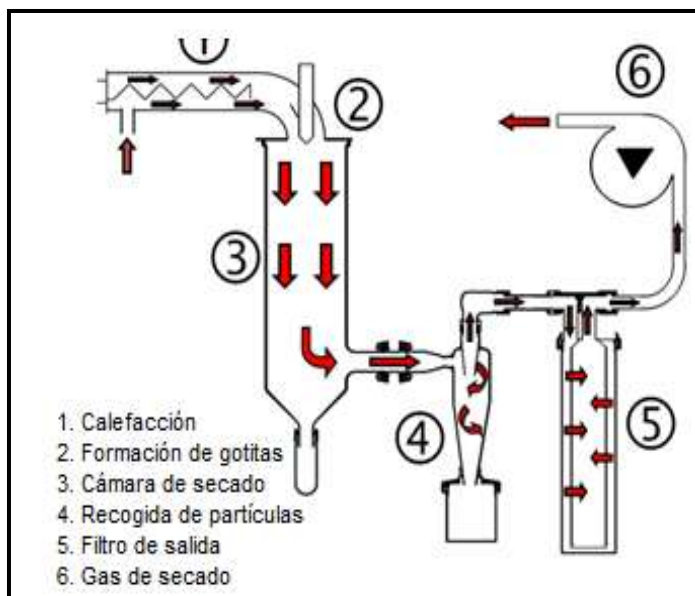
realizar el proceso de microencapsulación de aceite a escala laboratorio (ver figura 71 y 72).

Figura 71. **Mini Secador por aspersion B-290**



Fuente: TORRES, Luis, *Green Book*, p. 30.

Figura 72. **Principio de funcionamiento**



Fuente: TORRES, Luis, *Green Book*, p. 30.

2.7.2. Aplicación en la industria de cosméticos

Los aceites fijos y esenciales son utilizados para la producción de champú, jabones, cremas, protectores solares, lociones, perfumes, maquillaje, labiales, toilette, cremas rejuvenecedoras, cremas anticelulitis.

En la actualidad, los aceites fijos y esenciales se aplican en la producción de champú y perfumería, ya que son evidentes sus cualidades olfativas. A continuación en la tabla XCV se plantea una fórmula para la fabricación de champú con aceite de café.

Tabla XCV. **Fórmula champú de café**

No.	Ingrediente
1	Aceite fijo de café
2	Agua
3	Lauril éter
4	Lauril sulfato de amonio
5	Lauril sulfato de sodio
6	Cocamidopropilbetaína
7	Diestearato de glicol
8	Citrato de sodio
9	Cocamida mea
10	Xylenesulfanote de sodio
11	Ácido cítrico
12	Benzoato de sodio
13	Cloruro de sodio
14	GuarHydroxypropyltrimonium
15	Tetrasódico cloruro de EDTA

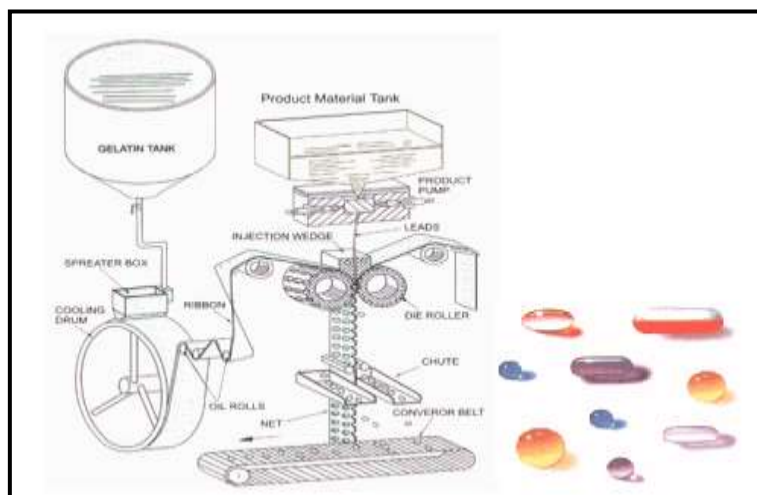
Fuente: elaboración propia.

2.7.3. Aplicación en la industria farmacéutica

En la industria farmacéutica, los aceites de origen vegetal son ampliamente utilizados debido a las propiedades farmacológicas que poseen. Los aceites de origen vegetal se utilizan en la industria farmacéutica como excipientes, aromatizantes en la preparación de jarabes, suspensiones.

El aceite de café verde se puede usar para fabricar capsulas reductoras de peso, tónico antiinflamatorio. A continuación en la figura 73 y 74 se presenta el equipo para realizar el proceso de encapsulación de aceite de café verde a escala laboratorio.

Figura 73. **Equipo KDE-300 automática encapsulación**



Fuente: TORRES, Luis, *Green Book*, p. 33.

Figura 74. **Equipo automático de encapsulación**



Fuente: TORRES, Luis, *Green Book*, p. 34.

2.8. Costo de implementación de la propuesta

La estimación de costos es obtener información cercana al valor de producción de un producto. Por su carácter de proyecto de investigación de desarrollo por medio de la propuesta de extracción de aceite a escala laboratorio se plantean los costos del equipo, cristalería y solventes para llevar a cabo el proyecto de extracción a escala laboratorio.

Los costos para el equipo, cristalería y solventes, se obtuvieron de diferentes fuentes y empresas de Guatemala que ofrecen insumos y servicios para laboratorios analíticos.

A continuación, en las tablas XCVI, XCVII, XCVIII y XCIX se detallan los costos de equipo, cristalería y solventes para la implementación de un laboratorio de extracción de aceite vegetal para extraer aceite de café. En las siguientes tablas se presentan los costos desglosados por cada rubro.

- Costos equipo para la extracción de aceite a escala laboratorio

Tabla XCVI. **Equipo**

Rubro	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Rota evaporador	2	Q21 000,00	Q42 000,00
Refrigerador	1	Q7 000,00	Q7 000,00
Bomba de recirculación	2	Q325,00	Q650,00
Bomba de vacío	1	Q2 800,00	Q2 800,00
Plancha de calentamiento	6	Q2 100,00	Q12 600,00
Soporte Universal	6	Q315,00	Q1 890,00
Balanza Boec	1	Q11 300,00	Q11 300,00
Estantería	2	Q1 500,00	Q3 000,00
Mesas de acero inoxidable	3	Q 600,00	Q4 800,00
Subtotal			Q86 040,00

Fuente: elaboración propia.

- Costos cristalería para la extracción de aceite a escala laboratorio

Tabla XCVII. **Cristalería**

Equipo	Cantidad (unidades)	Precio Unitario	Costo Total
Sistema Soxhlet	6	Q1450,00	Q8700,00
Condensador	6	Q135,00	Q810,00
Balón 250 ml	4	Q75,00	Q300,00
Probeta 250 ml	4	Q85,00	Q340,00
Embudo 250 ml	2	Q45,00	Q90,00
Vaso precipitado 500ml	6	Q55,00	Q330,00
Sub total			Q10,570

Fuente: elaboración propia.

- Costos solventes para la extracción de aceite a escala laboratorio

Tabla XCVIII. **Solventes**

Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
n-Hexano	6 Galones	Q200,00	Q1200,00
Alcohol etílico	3 Galones	Q175,00	Q525
Acetona	2 Galones	Q175,00	Q350,00
Sub total			Q2075,00

Fuente: elaboración propia.

- Costos totales para la extracción de aceite a escala laboratorio

Tabla XCIX. **Costo Total**

Equipo	Subtotal
Equipo	Q86 040,00
Cristalería	Q10 570,00
Solventes	Q2 075,00
Costo total	Q98685,00

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en las tablas planteadas de costos por cada grupo, donde se detalla el rubro, luego de haber elaborado el cálculo, se hace la sumatoria de cada subtotal, para obtener el costo total que conlleva la extracción de aceite a escala laboratorio para su implementación.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN DE UTILIZACIÓN DE LOS DESECHOS DEL LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD DE ANACAFÉ

El mal manejo de los desechos repercute en los ecosistemas y en la calidad de vida. Los impactos al ambiente se deben a la contaminación de los recursos hídricos, aire, suelo y el deterioro de los paisajes. La acumulación de residuos sólidos podría formar una barrera de contención del flujo del agua, lo que causaría inundaciones locales y como consecuencia, la erosión y pérdida de suelos fértiles.

Los principales problemas ambientales en Guatemala están relacionados con los distintos sectores: industria de alimentos, madera y muebles, textiles, agropecuario, minero, sustancias químicas y más, que crean una contaminación específica. Todo esto se debe a causas como: prácticas de proceso inadecuado, disposición de residuos, falta de exigencias en el mercado, cultura empresarial, tecnología rudimentaria y más.

La producción más limpia y la investigación de la producción más limpia, como estrategia de gestión ambiental proactiva en empresas y organizaciones guatemaltecas deben ser de interés primordial. En esta fase de investigación, se plantea el uso de los desechos generados por el laboratorio de control de calidad (Catación) de Anacafé. Al generar este beneficio ambiental se logra optimizar la eficiencia de los procesos dentro del laboratorio y así reducir los niveles de afectación al medio ambiente.

Para implementar un sistema de gestión de la calidad dentro del laboratorio de control de calidad de Anacafé, debe existir un cumplimiento de

requisitos, reglamentos y normas dentro del Laboratorio. Se debe establecer, implementar y mantener un sistema apropiado al alcance de sus actividades, dentro de laboratorio.

3.1. Diagnóstico

Se lleva a cabo un análisis de la situación actual del laboratorio en donde se generan desechos procedentes de varias actividades, se detalla la cantidad de desechos.

3.1.1. Situación actual del Laboratorio de control de calidad (Catación) de Anacafé

Dentro del laboratorio ocurren una serie de actividades para determinar la calidad de las muestras de café oro o café grano, que provienen de diferentes cultivos del país. Al realizar estas actividades (análisis) se generan desechos orgánicos, desechos reciclables y no reciclables.

En el laboratorio los desechos proceden de actividades, como el trillado que genera materia orgánica, en el tostado del café se emite CO₂, en la infusión del café se produce materia orgánica llamada borra de café.

Es fundamental el desarrollo e implementación de un plan de acción y la participación del personal dentro del laboratorio de control de calidad. Para ello, se realiza un análisis causa efecto, a partir de la información que se obtuvo de la observación y se identifican las causas que generan el manejo inadecuado de los desechos.

3.1.2. Análisis causa efecto

- Problema

La situación actual del Laboratorio de Control de calidad (catación) de Anacafé, presenta desafíos de gestión de la calidad y de producción más limpia. Para este último aspecto, no se dispone de un manejo adecuado de los desechos que se generan dentro del laboratorio, los desechos son puestos en la basura sin ningún manejo, además, se produce CO₂ cuando se tuesta el café.

- Causa raíz

La causa raíz se identifica como la falta o no disponibilidad de un manejo de desechos y residuos generados dentro del laboratorio, manejo que reduzca el impacto al medio ambiente, considerando a continuación las causas y efectos secundarios que se generan.

- Causas

- Calidad

- Incumplimiento de la Norma ISO 17025: esta norma establece una serie de requerimientos técnicos, ambientales y sanitarios. La implementación de esta norma dentro del laboratorio tendría un impacto positivo en todas las actividades que se desarrolle.
- Desechos de las muestras de mala calidad: las muestras de mala calidad se disponen a la basura sin ningún manejo ambiental. Un

buen manejo de la misma sería disponerla para generación de abono orgánico.

- Moho *Aspergillus SP.* Este microorganismo ocasiona pérdidas significativas en el grano de café, se desarrolla cuando el almacenamiento y secamiento de los granos de café son incorrectos. Dentro del laboratorio los granos se contaminan debido a estos microorganismos por lo que no se da ningún manejo para su aprovechamiento.
- Muestras de mala calidad: las muestras de mala calidad son dispuestas a la basura sin darle un manejo adecuado.

- Personal

- Falta de sensibilización y capacitación: no hay capacitación en la temática de producción más limpia, no hay noción de P+L, no hay conciencia ambiental.
- Falta de delegar responsabilidades: no se asignan tareas fijas a cada personal, muchas veces todo el personal dentro del laboratorio es el responsable de todo. Esto genera dispersión.
- Resistencia al cambio: el personal del laboratorio evidencia resistencia al cambio debido a la pérdida de motivación, dirección y críticas inmediatas. Por lo que se crea una barrera que limita la aplicación de producción más limpia.

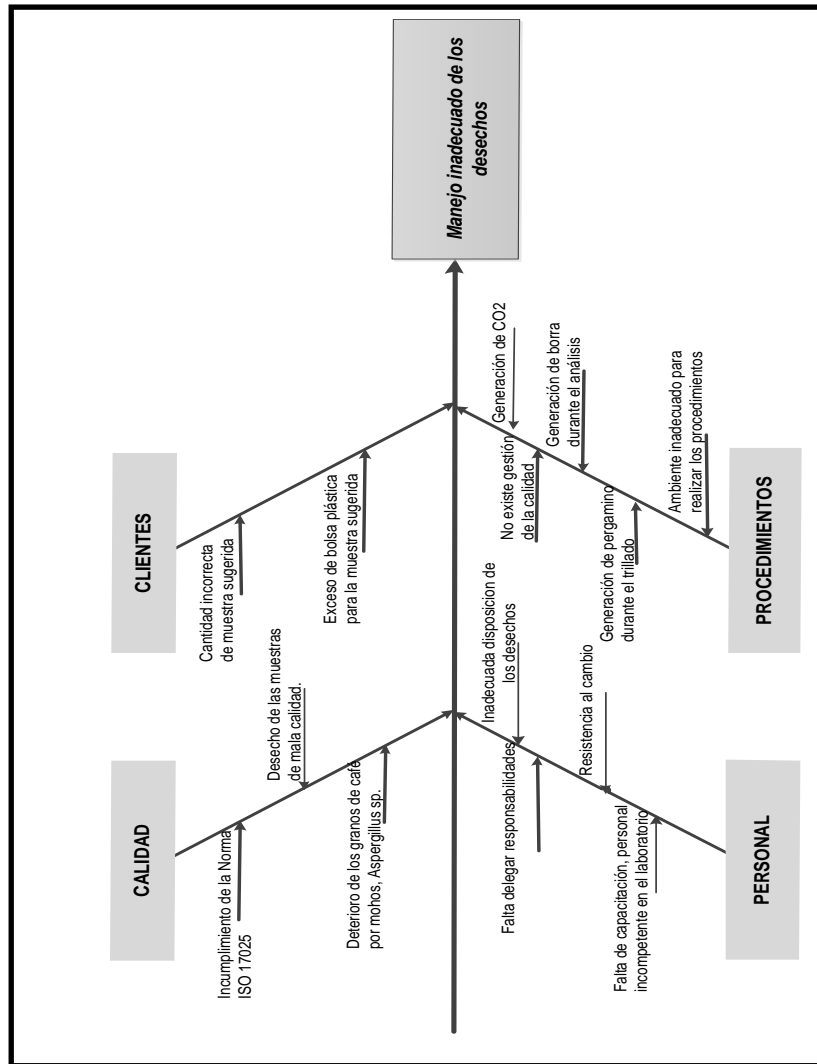
- Procedimientos

- Inexistencia de gestión de la calidad: se carece de personal encargado de implementar la gestión de la calidad, por ello, no hay resultados y cambios. Siempre se hace lo mismo de la misma manera, sin mejora alguna.
- Ambiente inadecuado: el laboratorio carece de mejoras significativas desde su apertura. No cuenta con las condiciones óptimas, no existe control del ambiente, se genera CO₂ dentro del laboratorio proveniente del tostado del café, no existe renovación de aire ni ventilación adecuada.
- Generación de borra y pergamino de café: principales desechos generados durante las actividades para realizar los análisis, no existe manejo de estos desechos.

- Clientes

- Generación de bolsas plásticas. La dirección del laboratorio no establece la manera correcta de presentar las muestras para su análisis posterior. Los clientes las llevan en bolsas plásticas las cuales se usan y se desechan dentro del laboratorio.
- Cantidad incorrecta de la muestra: la dirección del laboratorio no establece la cantidad correcta de muestra para analizarla. El exceso de muestras genera exceso de desechos.

Figura 75. Diagrama causa efecto



Fuente: elaboración propia.

En la tabla C se observan los desechos generados dentro del laboratorio. Se clasifican según el material y se agrupan, luego, se determina el manejo apropiado. Para ello, se agrupan de la siguiente manera: orgánicos biodegradables, reciclables y no reciclables.

Tabla C. **Clasificación de los residuos sólidos generados en el laboratorio de control de calidad de Anacafé**

Desechos	Material	Manejo
Orgánicos Biodegradables	Granos de café dañados	Compost
	Borra de café	
	Pergamino de café	
	Astillas y partículas de madera	
	Residuos de fruto cerezo	
Reciclables	Bolsas plásticas	Reciclar
	Contenedores plásticos	
	Papel	
No reciclables	Polvos y materias extrañas	Desecho final

Fuente: elaboración propia.

3.2. Volumen de los desechos del laboratorio

Se cuantifica el volumen de desechos generados dentro del laboratorio, se hace una medida diaria, semanal y mensual para, posteriormente, determinar la cantidad anual. En la tabla CI se observa que, anualmente, se obtienen 1 152 000 gramos de desechos. En total representa 2 534,40 libras de desechos orgánicos en el laboratorio donde se estima que se trabajan 192 días al año en el laboratorio.

Tabla CI. **Volumen de los desechos orgánicos del laboratorio**

Volumen de desechos		
Tiempo	Día	Año
Cantidad (gramos)	6000	1 152 000

Fuente: elaboración propia.

3.3. Análisis de abono orgánico

Como propuesta de mejora se establece la posibilidad de utilizar la borra del café para el compostaje. Para el efecto se hace un muestreo a este desecho. La muestra se envía al Laboratorio de suelos (Analab) de Anacafé, para que se analice el potencial de abono orgánico.

En la tabla CII se observa el análisis de abono químico orgánico a la borra de café, ya que se genera en mayor cantidad. Se establece la posible solución para el manejo de los desechos sólidos orgánicos por medio del compostaje.

Tabla CII. **Resultado análisis abono orgánico**

Análisis	Resultado
pH	5,40
%	
Relación Carbono-Nitrógeno	25,95
Nitrógeno	1,98

Continuación de tabla CII.

Fosforo	0,27
Potasio	0,40
Calcio	1,39
Magnesio	0,18
ppm	
Cobre	46,70
Hierro	104,9 0
Manganeso	4,89
Zinc	0,22
%	
Carbono orgánico	51,39
Materia orgánica	92,50
Ceniza	7,50

Fuente: Laboratorio de Suelos, Analab, Anacafé.

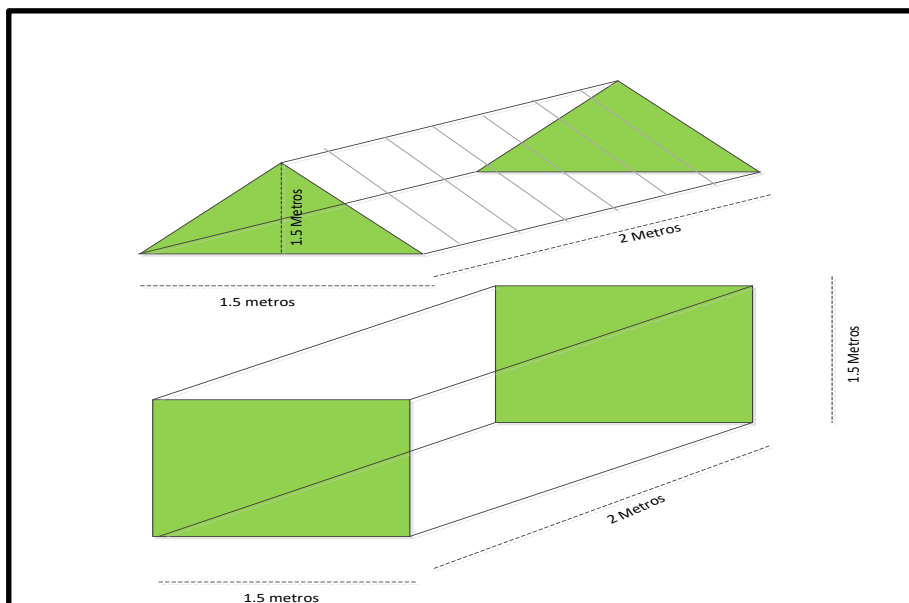
3.4. Propuesta del aprovechamiento de los desechos generados en el laboratorio

En el inciso 3.3. Se realiza el análisis químico para determinar la viabilidad de la borra del café como abono orgánico. Para ello, se propone realizar una abonera donde los residuos orgánicos se degraden medio del compostaje. A continuación en la figura 76 se detallan las dimensiones de la abonera, el proceso de compost, los parámetros a considerar en su elaboración, sugerencias y costos de la implementación de la propuesta.

- Dimensiones

Las dimensiones comunes de una abonera son: 1,5 metros de ancho en la base por 2 metros de largo, 1,50 metros de altura y el largo necesario. Colocar postes de bambú agujerados o cualquier otro material equivalente en medio de los materiales a procesar, de tal forma que sirvan para oxigenar y mejorar la infiltración del agua de riego dentro de la abonera.

Figura 76. Dimensiones de la abonera



Fuente: elaboración propia.

- Proceso de compostaje

Se agrega una capa inicial de rastrojos de cultivos bien picados, de aproximadamente 50 centímetros de espesor. Luego, una capa de borra de café y materia orgánica de 25 centímetros de grosor. Sobre la borra de café,

aplicar al voleo una capa fina de roca fosfórica, a razón de 4 libras por metro cuadrado.

Luego, colocar una capa de 25 centímetros de estiércol de ganado. Sobre el estiércol, se aplica una capa fina de ceniza a razón de 16 libras por metro cuadrado. Sobre la capa de ceniza, espolvorear una capa fina de cal dolomítica, a razón de 8 libras por metro cuadrado.

Con la aplicación de la cal, se concluye la primera etapa de colocación de materiales, y para aprovechar el espacio se puede sobreponer una segunda etapa de éstos, siguiendo el mismo orden. Después de colocados los materiales (en dos etapas), aplicar una capa de tierra negra con humus (dos centímetros), a manera de cubrir toda la abonera.

Si la abonera se elaboró a la intemperie, cubrirla con hojas de banano u otro material vegetal durante el verano; mientras que durante el invierno deberá protegerse con plástico. Será necesario hacer riegos cada 8 días y volteos, cada 15, favoreciendo con esto una adecuada fermentación y descomposición de los materiales. Los riegos y volteos dependerán del contenido de humedad y temperatura en la abonera, lo que puede determinarse introduciendo una regla de madera o un machete.

- Parámetros a considerar en su elaboración

El proceso está en función de las condiciones ambientales, el material, temperatura, tiempo, humedad, pH, relación carbono nitrógeno. Estos parámetros deben ser controlados durante todo el proceso ya que afectan a la acción de los microorganismos quienes son los encargados de llevar el proceso con éxito. En la tabla CIII se describen las consideraciones importantes para

llevar a cabo el proceso de compostaje y en la figura 77 las fases del compostaje.

Tabla CIII. **Consideraciones importantes en el compostaje**

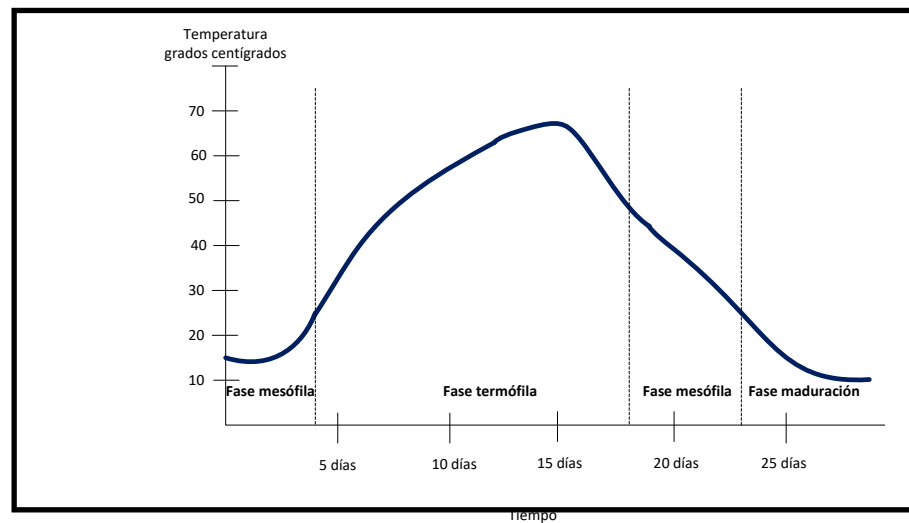
Ítem	Observaciones
Tamaño de partícula	Para lograr resultados deseados el tamaño de los residuos deberían estar en un rango de 25 y 30 milímetros.
Relación Carbono-Nitrógeno	Para lograr resultados deseados el rango inicial debe estar de 20 a 55, esta condición es la adecuada, para evitar la producción de amoníaco, a un rango más bajo se impide el desarrollo bacteriano, a rango mayor el nitrógeno puede limitar el desarrollo bacteriano.
Siembra	Para acelerar el ciclo del compostaje se puede agregar residuos descompuestos hasta un 4%, se puede agregar agua descompuesta con alta carga microbiana.
Porcentaje de Humedad	El porcentaje de humedad no debe superar el 55%, para lograr resultados deseados.
Movimiento	Para evitar el endurecimiento y la deshidratación rápida del compost, es necesario aplicar cierto movimiento, la cantidad de movimiento está en virtud del compost que este sea.
Temperatura	Los rangos permitidos son: inicialmente 45 a 54 grados centígrados, 50 a 62 grados centígrados finalmente, por encima de los 64 grados centígrados ocurre muerte microbiológica.

Continuación de la tabla CIII.

Control de patógenos	Para la reducción de patógenos se puede realizar un tratamiento que consiste por encima de los 65 grados centígrados en 26 horas.
Aire	Durante el proceso de compostaje es necesario mantener por encima el 54% de aire.
pH	El rango de pH debe ser por encima de 5 hasta un rango de 7,5, mas no sobrepasar el 8,5.

Fuente: elaboración propia.

Figura 77. **Fases del proceso de compostaje**



Fuente: elaboración propia.

- **Sugerencias**

Si la regla o machete sale seco y caliente, significa que la abonera está calentando en exceso y requiere urgentemente de humedad. Si la regla o machete sale húmedo y frío, la abonera tiene exceso de agua o está mal

preparada; por lo tanto, los microorganismos no están trabajando bien; entonces, los materiales deberán voltearse inmediatamente. Si la regla o machete sale húmedo y caliente, indica que la abonera está funcionando bien.

Si se lleva el control necesario para un adecuado proceso, el compost se cosechará en 3 meses aproximadamente, que es cuando el material huele a tierra fértil y tiene color negro, obteniendo de 10 a 11 quintales por metro cúbico.

3.5. Costo de la implementación de la propuesta

A continuación, en la tabla CIV se detallan los costos para la implementación de una abonera para procesar los desechos orgánicos para la obtención de abono orgánico.

Tabla CIV. **Instalación física de la abonera**

Rubro	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Bambú para pared	4,5m ³	Q45,00	Q202,50
Teja para techo	3m ²	Q125,00	Q375,00
Arena	25 galones (5 cubetas)	Q25,00	Q225,00
Alambre	10m	Q5,00	Q50,00
Tubo PVC	5m	Q15,00	Q75,00
Total			Q927,50

Fuente: elaboración propia.

4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN

Dentro del Laboratorio de Control de Calidad Catación se deben realizar mejoras, esto debe ser un compromiso inherente y significativo por parte de la dirección del laboratorio y del personal pertinente. Como parte del ejercicio profesional supervisado, se toma como referencia la Norma ISO 17025 para la propuesta de mejora la cual es una norma que describe los requisitos que se deben de cumplir en los laboratorios de ensayo y calibración.

4.1. Diagnóstico de la necesidad de capacitación

El diagnóstico se desarrolla mediante la observación directa de las actividades internas, con base en las observaciones, se define la necesidad primordial del laboratorio y como esta engloba todo el proceso interno.

Dentro de un modelo de gestión de la calidad se contempla la creación del programa Mejoremos el laboratorio para concientizar al personal sobre el concepto de gestión de la Calidad y que, además, encaje bajo la competitividad requerida por estándares internacionales.

Esta propuesta tendrá como resultado la mejora dentro del laboratorio, si la dirección permita al estudiante realizar estos cambios en el laboratorio, para lo cual se requiere la comprensión y cooperación.

4.1.1. Situación actual de la necesidad de capacitación

Es fundamental el desarrollo del recurso humano dentro del laboratorio y su participación, la implementación de un plan de acción y la participación del mismo. Para el efecto se realiza un diagnóstico a partir de la información obtenida de la observación cuando se identifican las causas que genera el desconocimiento de gestión de la calidad.

4.2. Análisis causa efecto

- Problema

La situación actual que presenta el recurso humano del Laboratorio de Control de calidad (catación) de Anacafé es inapropiada. Por ello, deben enfrentar retos para solucionar la falta de capacitación del personal interno, la desorganización, entre otros.

- Causa raíz

La causa raíz se identifica como el desconocimiento de gestión de la calidad por parte del personal interno, ignorar aspectos de importancia sobre gestión de la calidad.

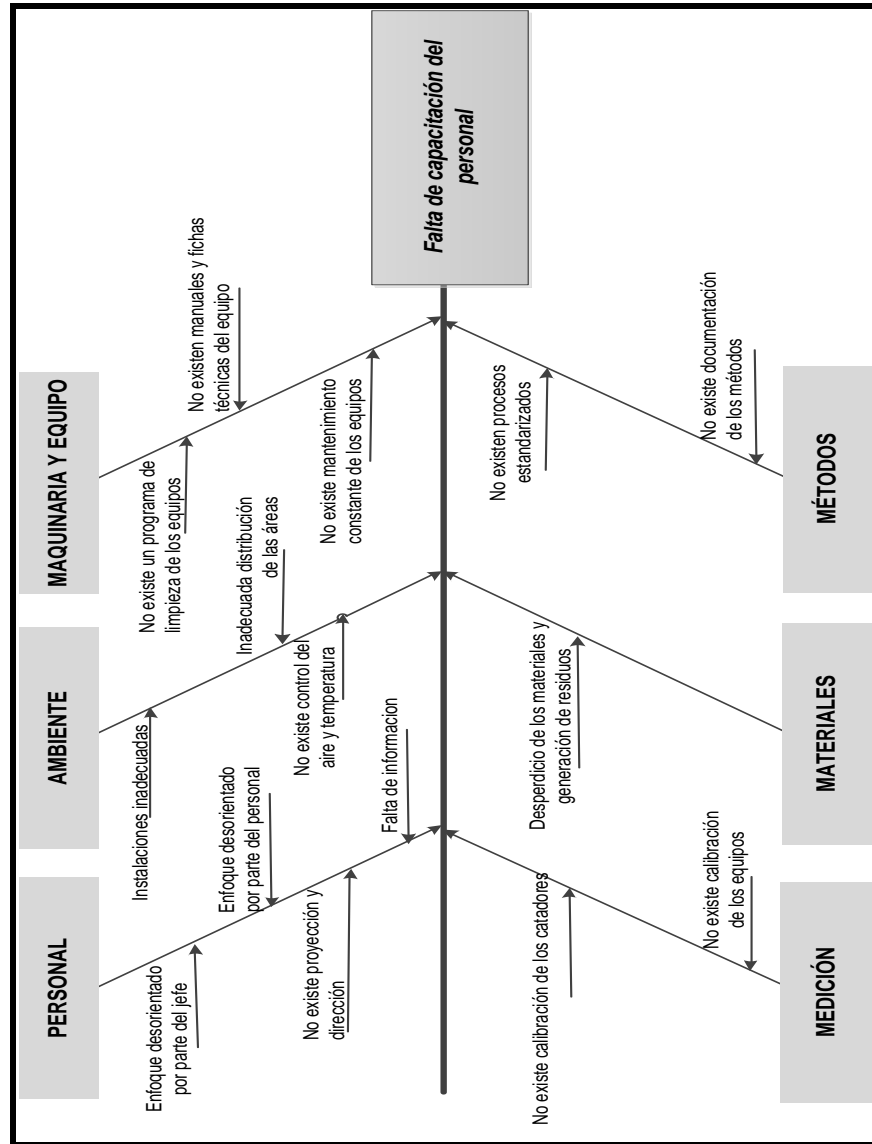
- Causas
 - Personal

- No existe proyección y dirección: en toda organización es necesaria la proyección y dirección para lograr objetivos, metas corto y largo plazo, para lograr el éxito.
 - Enfoque desorientado por parte del jefe de Catación: no existe un interés sobre acreditación y certificación.
 - Enfoque desorientado por parte del personal: los colaboradores internos son indiferentes ante situaciones de mejora.
- Ambiente
- Instalaciones inadecuadas: las instalaciones no cuentan con las dimensiones ideales para efectuar los análisis.
 - Distribución de las áreas: las áreas no están debidamente distribuidas, lo que ocasiona desorden y demoras.
 - Aire, temperatura y humedad: condiciones que no se pueden controlar y que afectan a los colaboradores al momento de realizar los ensayos.
- Maquinaria y equipo
- Programa de limpieza: no existe un programa de limpieza y equipo.
 - Manuales y fichas técnicas: no existe un manual, ni fichas técnicas del equipo para brindar un mantenimiento preventivo.

- Programa de mantenimiento: no existe un programa de mantenimiento para evitar desperfecto.
- Medición
 - Catadores: no existen pruebas de calibración de los catadores, lo que crea cierta incertidumbre en cuanto a los resultados.
 - Equipo: no existe un plan de verificación de los equipos, ni la calibración respectiva.
- Materiales
 - Desperdicios: desperdicio de los materiales y generación de residuos, no se optimizan los recursos.
- Métodos
 - Procesos: los procesos no están estandarizados ni establecidos.
 - Documentación: No existen documentación de los métodos.

Con base en la norma ISO 17025 para la competencia de los laboratorios de ensayo, calibración, y las condiciones actuales del laboratorio de control de calidad de Anacafé, se obtiene el siguiente diagrama de la figura 78.

Figura 78. **Análisis causa efecto capacitación del personal**



Fuente: elaboración propia.

Para corregir esta problemática, se debe implementar como estrategia del programa Mejoremos el laboratorio en cuanto a capacitación.

4.3. Plan de capacitación

La planeación estratégica del programa Mejoramos el laboratorio se resume a continuación. En la figura 79, 80 y 81 se describe el plan de capacitación y el material didáctico por utilizar.

Figura 79. **Plan de capacitación**

- **Objetivo:** dar a conocer la norma ISO 17025
- **Mercado objetivo:** el programa de Mejoramos el laboratorio está dirigido al personal interno del laboratorio.
- **Responsabilidades y desarrollo**
 - ✓ Ejecutor. Si existiera el encargado de gestión de la calidad tiene por obligación la implementación y el seguimiento del programa Mejoramos el laboratorio.
 - ✓ Vías de comunicación. Los medios de comunicación utilizados para el programa debe ser viable y económico, se propone utilizar trifolios, volantes, fichas informativas, presentaciones en powerpoint.
 - ✓ Mensaje. El programa debe enfocar sus esfuerzos a la divulgación y capacitación de la norma ISO 17025 dentro del Laboratorio de control de calidad.
 - ✓ Duración. el programa dura seis meses, se dividirá en 3 capítulos: el primero será de capacitación, el segundo propuestas de redistribución del laboratorio, el tercero tratar de implementar el programa y evaluación al personal.
- **Metodología:** está dirigida al personal interno del Laboratorio.
 - ✓ Dar a conocer la Norma ISO 17025.
 - ✓ Participación por parte del personal interno por medio de propuestas de mejoras.

Fuente: elaboración propia.

Figura 80. Trifolio material de apoyo impreso para los colaboradores


A

ASOCIACIÓN NACIONAL DEL CAFÉ.
-ANACAFÉ-

Gestión de la calidad

	GESTIÓN DE LA CALIDAD	
--	------------------------------	--

Ejercicio Profesional Supervisado.
-EPS-





LA CALIDAD:
La calidad es una herramienta básica para una propiedad inherente de cualquier cosa que permite que esta sea comparada con cualquier otra de su misma especie. La palabra calidad tiene múltiples significados. De forma básica, se refiere al conjunto de propiedades inherentes a un objeto que le confieren capacidad para satisfacer necesidades implícitas o explícitas. Por otro lado, la calidad de un producto o servicio es la percepción que el cliente tiene del mismo, es una fijación mental del consumidor que asume conformidad con dicho producto o servicio y la capacidad del mismo para satisfacer sus necesidades.

DEFINICIONES DESDE UNA PERSPECTIVA DE PRODUCCIÓN:
La calidad puede definirse como la conformidad relativa con las especificaciones, a lo que al grado en que un producto cumple las especificaciones del diseño, entre otras cosas, mayor su calidad o también como comúnmente es encontrar la satisfacción en un producto cumpliendo todas las expectativas que busca algún cliente, siendo así controlado por reglas las cuales deben salir al mercado para ser inspeccionado y tenga

los requerimientos estipulados por las organizaciones que hacen certificar algún producto.

DESDE UNA PERSPECTIVA DE VALOR
La calidad significa aportar valor al cliente, esto es, ofrecer unas condiciones de uso del producto o servicio superiores a las que el cliente espera recibir y a un precio asequible. También, la calidad se refiere a minimizar las pérdidas que un producto pueda causar a la sociedad humana mostrando cierto interés por parte de la empresa a mantener la satisfacción del cliente.

Una visión actual del concepto de calidad indica que calidad es entregar al cliente no lo que quiere, sino lo que nunca se había imaginado que quería y que una vez que lo obtenga, se dé cuenta que era lo que siempre había querido.

GESTIÓN INTERNA Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD
El aseguramiento de la Calidad se podría definir como aquellas acciones que hacen que un producto o servicio cumpla con unos determinados requisitos de calidad. Si estos requisitos de calidad

B

calidad. Si estos requisitos de calidad reflejan completamente las necesidades de los clientes se podrá decir que se cumple el aseguramiento de la calidad.

GESTIÓN DE LA CALIDAD:

El término gestión de calidad tiene significados específicos dentro de cada sector del negocio. Esta definición, que no apunta al aseguramiento de la buena calidad por la definición más general sino a garantizar que la organización o un producto sea consistente, tiene cuatro componentes:

1. Planeamiento de la calidad
2. Control de la calidad
3. Aseguramiento de la calidad
4. Mejoras en la calidad.

La gestión de calidad se centra no solo a la calidad de un producto o servicio, sino que a los medios para obtenerla... Por lo tanto, la gestión de calidad utiliza al aseguramiento de la calidad y el control de los procesos para obtener una calidad más consistente.

Un sistema de gestión de la calidad es una estructura operacional de trabajo, bien documentada e integrada a los procedimientos técnicos y gerenciales, para guiar las acciones de la fuerza de trabajo, la maquinaria o equipos, y la información de la organización de manera práctica y coordinada y que asegure la satisfacción del cliente y bajos costos para la calidad.

Un Sistema de Gestión de la Calidad es una serie de actividades coordinadas que se llevan a cabo sobre un conjunto de elementos: (Recursos, Procedimientos, Documentos, Estructura organizacional y Estrategias) para lograr la calidad de los productos o servicios que se ofrecen al cliente, es decir, planear, controlar y mejorar aquellos elementos de una organización que influyen en satisfacción del cliente y en el logro de los resultados deseados por la organización.

Si bien el concepto de Sistema de Gestión de la Calidad nace en la industria de manufactura, estos pueden ser aplicados en cualquier sector tales como los de Servicios y Gubernamentales.


ISO 17025

Es una normativa internacional desarrollada por ISO (International Organization for Standardization) en la que se establecen los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayo y calibración. Se trata de una norma de Calidad, la cual tiene su base en la serie de normas de Calidad ISO 9000. Aunque esta norma tiene muchos aspectos en común con la norma ISO 9001, se distingue de la anterior en que aporta como principal objetivo la acreditación de la competencia de las entidades de Ensayo y calibración, por las entidades regionales correspondientes.

Esta norma es aplicada por los laboratorios de ensayo y calibración con el objetivo de demostrar que son técnicamente competentes y de que son capaces de producir resultados técnicamente válidos.

Epesista:

William Manuel Saballos Morales




Fuente: International Standard Organization (ISO).

Figura 81. Código de ética material de apoyo impreso para colaboradores

Ejercicio Profesional Supervisado –EPS– William Manuel Saballos.

CÓDIGO DE ÉTICA DE UN CATADOR

- Reconocer que el mayor mérito es el trabajo, por lo que el catador debe ejercer su profesión comprometido con las normas establecidas.
- Avanzar y mantener en sus conocimientos en la tecnología utilizada para el control de calidad.
- El Catador deberá realizar permanente capacitación, calibración, actualización y perfeccionamiento de sus conocimientos.
- Cuando un catador no esté en su área de trabajo, no sustituirlo, ni esperarlo para iniciar a catar.
- Evitar comer, hablar y comentar durante el proceso de catación, ya que esto puede molestar al otro Catador.
- Superar las expectativas profesionales que le han sido confiadas por Anacafé.
- Ser certero y honesto en representar sus resultados en base a su experiencia y habilidades.
- Los Catadores no aceptaran sobornos y otras ventajas inapropiadas, de ser así debe ser rechazado y reportado al jefe inmediato superior.
- Los Catadores deben proteger la confidencialidad, cumplir con todos los requerimientos legales en cuanto a la divulgación de la información que pueda afectar a otros.
- Los Catadores no deben hacer declaraciones, representaciones o quejas falsas o confusas.
- Los Catadores deben evitar intereses financieros que puedan ocasionar conflicto con sus responsabilidades y no deben buscar el beneficio personal de otro.
- Evitar tomar parte en actividades que no se consideren éticas, respetar las políticas que gobiernan sus actividades profesionales, de cualquier manera en caso de una eventualidad de violar las políticas, se deberá actuar de pronto para corregirlo.



Fuente: elaboración propia.

4.4. Programa de capacitación

El propósito de este programa es mejorar el laboratorio, desarrollar el talento humano, estimulando, reforzando y actualizando las competencias claves, para cumplir con el desempeño global del laboratorio. Se detalla el programa de capacitación en la tabla CVI y la propuesta para redistribución de laboratorio de catación en la tabla CV.

Tabla CV. Programa de capacitación

Actividad	Responsable	Duración	Descripción
Bienvenida.	Encargado del laboratorio.	7 minutos.	Plática motivacional dirigida al personal interno del laboratorio. Temas: La calidad y su importancia en la mejora del laboratorio.
Misión, visión y objetivos.	Encargado de la exposición.	5 minutos.	Explicar la visión, misión, y objetivos del modelo de mejora del laboratorio, así como su importancia para la implementación exitosa de gestión de la calidad.
Compromiso de la dirección.	De preferencia el gestor de calidad.	5 minutos	Explicar la metodología de los sistemas de calidad total y su influencia para el éxito dentro del laboratorio.
Política de calidad.	EPS.	25 minutos	Explicar y describir la política de calidad del modelo de gestión y su importancia para la implementación exitosa.
Planificación.	EPS.	20 minutos.	Definir los temas, las fechas y actividades a llevar a cabo para las dos siguientes reuniones.

Fuente: elaboración propia.

Tabla CVI. **Propuesta de redistribución del Laboratorio de Catación**

Actividad	Responsable	Duración	Descripción
Bienvenida.	EPS.	4 minutos.	Platica inicial.
Propuesta del personal interno para redistribución. del laboratorio	Personal interno, técnicos y asistentes	60 minutos	Cada miembro describirá el resultado obtenido de la propuesta que le correspondió analizar.
Resolución de alta dirección.	EPS.	Tiempo necesario.	El EPS de alta dirección dará su resolución de los resultados.
Lectura de propuestas.	EPS	60 minutos.	Leer en voz alta nuevas propuestas de acciones correctivas y acciones preventivas.
Desarrollo.	EPS	9 minutos.	Repartición de propuestas entre miembros del comité de calidad.
Despedida.	EPS	3 minuto.	Palabras de despedida.

Fuente: elaboración propia.

4.5. Evaluación al personal

La evaluación se realizara en distintos momentos, en el inicio del programa, durante el programa, y al finalizar, para valorar la efectividad y la eficiencia de los esfuerzos de la capacitación Por lose determinara como producto principal el aprendizaje, el alcance de saberes, saber hacer y saber ser, durante el programa, inmediatamente después del mismo y en otro momento.

4.6. Costos de la propuesta

El costo de ejecución de este proyecto se define en la tabla CVII.

Tabla CVII. **Costo de implementación de la fase docencia**

Fase de Docencia					
Humano	Profesional	1	Q150,00/hora	36 h	Q 5400 ,00
	Asesor	1	Q100,00/hora	36 h	Q 3600,00
	Revisor	1	Q100,00/hora	36 h	Q 3600,00
Sub Total					Q 12600.00
Material /Físico	Transporte	1	Q40,00/gal	100 gal	Q 4000,00
	Resma Papel	5	Q 38,00		Q 190,00
	Impresión /Tinta	2500	Q 0,10		Q250,00
	Computadora	1	Q2500, 00		Q2500, 00
	Software	1	Q 3 000, 00		Q3000,00
	Servicio de internet	1	Q250,00/mes	6 mes	Q1500,00

Continuación de tabla CVII.

Equipo de oficina	1	Q1000,00	Q1000, 00
Sub Total			Q12440.00
Total			Q 25040.00

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Se obtuvo satisfactoriamente la extracción de aceite de café (*Coffea arabica*) por medio de la evaluación del rendimiento extractivo, el análisis sensorial obtenido de granos de café verde y a diferentes niveles de tueste, mediante los métodos de lixiviación en caliente Soxhlet y Maceración, a nivel laboratorio. La metodología utilizada fue la elaboración de análisis microbiológicos, físicos y organolépticos.
2. Existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo del aceite de aceite fijo de café (*Coffea arabica*) con base en el tipo de café y el nivel de tueste. Correspondiente al método de extracción Soxhlet, el mayor valor de rendimiento extractivo del aceite fijo fue de café (*Coffea arabica*) estrictamente duro tueste oscuro de 14,16 % , \pm 2,08. Correspondiente al método de extracción Maceración, el mayor valor de rendimiento extractivo del aceite fijo fue de café (*Coffea arabica*) Estrictamente Duro tueste oscuro de 16,74 % , \pm 1,29.
3. El aroma del aceite de café (*Coffea arabica*) es influenciado por el aroma inicial del grano de café que este posee en su estado natural, el mayor valor del aroma fue del aceite de café Estrictamente duro tueste oscuro con un potencial de 67,50 % en la primer semana, 61,25 % en la segunda semana, 46,25 % en la tercer semana, sometidos a temperatura de 4°C.
4. Se identificaron 14 compuestos orgánicos por medio de la metodología de cromatografía de gases aplicado a espectrometría de masas, la cual

es una técnica donde se puede identificar mezclas complejas en una sola operación, los grupos a los que pertenecen los compuestos identificados son alcaloides y ésteres.

5. El café en la industria puede ser utilizado en el área de alimentos para productos culinarios, postres bebidas, aromas o como un aditivo. En la industria cosmética se utiliza para la elaboración de champú y perfumería.
6. La propuesta realizada para el aprovechamiento de desechos es la elaboración de compostaje por medio de una abonera, debido a que anualmente el laboratorio desecha 2 534, 40 libras de compuestos orgánicos que pueden ser utilizados en el futuro como un subproducto de abono para la materia prima que es el café.
7. El plan de gestión de calidad para el laboratorio se basa en la capacitación de la norma ISO 17025 la cual establece todos los requerimientos necesarios para el buen funcionamiento de un laboratorio con el lema de “mejoremos el laboratorio” el cual consiste en una serie de capacitaciones en donde se utiliza material didáctico como lo son trifolios y presentaciones de power point.

RECOMENDACIONES

1. Realizar extracciones de aceite fijo de café en granos de café de otros tipos, variedades, especies y regiones de Guatemala seleccionando otras variables independientes para comparar los resultados con este estudio, y determinar en qué región se obtienen mejores rendimientos.
2. Realizar extracciones de café (*Coffea arabica*) para granos de rechazo y defectuosos para comparar los resultados con este estudio y así determinar cuál es la mejor opción.
3. Realizar un plan piloto nacional de todas las variedades que se producen en el país para determinar cuál variedad posee las mejores características con el fin de introducir en el mercado un aceite esencial de café de alta calidad.
4. Analizar más variables en extracciones de aceite de café, para obtener datos más reales y realizar una propuesta completa sobre procedimiento ideal para realizar la extracción de aceite esencial de café.
5. Investigar sobre alternativas en cuanto al uso del grano de café, ideas como producción de biocombustible, plástico, briquetas a base de granos de café.

BIBLIOGRAFÍA

1. AMV. Ediciones. *Producción, análisis, control de calidad de aceite y grasas comestibles. Caracterización aceite*. AMV. Ediciones 1988. 100 p.
2. B.M. Watts. *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. 5a ed. Canadá: McGraw-Hill, 1992. 200 p.
3. BURON, I; GARCIA, Rogelio. *La calidad del aceite*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid, España: Iberoamericana, 1979. 100 p.
4. CHANG, Reynold. *Química. Química General*. 11^a ed. México: McGraw-Hill 2014. 608 p.
5. Consejo Oleico Internacional. *Metodología general para la valoración organoléptica del aceite*. COI / t .20/ Doc. nº 13 /Rev.1. de 20 de noviembre 1996.
6. FRERICHS, Gustavo. *Tratado de farmacia práctica*, Tomo I. España: Café, Labor, S.A, 1942. 200 p.
7. GEORGE T, Austin. *Manual de procesos químicos en la Industria. Aceites, Grasas y ceras*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 2011. 400 p.

8. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. *Metodología de Investigación*. 4ª ed. México: McGraw-Hill. 2011, 400 p.
9. _____ . *Metodología de la Investigación. Métodos de Investigación Científica*. 4ª ed. México: McGraw-Hill, 2011. 400 p.
10. JOHNSON, Robert. *Estadística Elemental. Análisis estadístico*. México: Trillas, 1987. 300 p.
11. MARK A. Brown. *Liquid Chromatography Mass Spectrometry. Chromatography*. Canadá: American Chemical Society, 1989. 34 p.
12. OLÍAS JIMÉNEZ, Juan; GUTIÉRREZ ROSALES, Federico.; DOBARGANES GARCÍA, Marco. *Componentes volátiles en el aroma del aceite. Su evolución e influencia en el aroma durante el proceso de maduración de los frutos de las variedades. Grasas y Aceites*. 2ª ed. México: McGraw-Hill, 1980. 402 p.
13. RAMÍREZ, Coste. *El Café. La torrefacción y el Café bebida*. 2ª ed. Canadá: Blume, 1969. 100 p.
14. RAMÍREZ OVALLE, Lourdes María. *Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino antigua obtenido por el proceso de prensado*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 163 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. Análisis estadístico de tratamiento Soxhlet

Existe variación en el rendimiento de extracción de aceite en los tratamientos Maceración y Soxhlet, siendo el tratamiento de maceración el más eficiente.

Tratamiento	Observaciones	Total	Promedio
Soxhlet	14,16+13,35+11,85+10,11+6,44 +4,60	60,51	10,085
Maceración	14,28+16,76+13,10+13,53+8,04 +6,06	71,77	11,961

Fuente: elaboración propia, empleado InfoStat.

Existe variación en el rendimiento de extracción de aceite en los tratamientos Maceración y Soxhlet, a diferentes niveles de tueste. El más eficiente es el aceite de café tostado oscuro por el método de maceración.

Apéndice 2. Análisis estadístico de tratamientos y sus variedades

Tratamiento	Observaciones	Total	Promedio
Tostado oscuro, Soxhlet	14,16+11,85	26,01	13,005
Tostado claro, Soxhlet	13,35+10,11	23,46	11,730
Tostado verde, Soxhlet	6,44+4,60	11,06	5,520
Tostado oscuro, Maceración	16,74+13,53	30,27	15,135
Tostado claro, Maceración	14,28+13,10	27,38	13,690
Tostado verde, Maceración	8,04+6,06	14,1	7,050

Fuente: elaboración propia, empleado InfoStat.

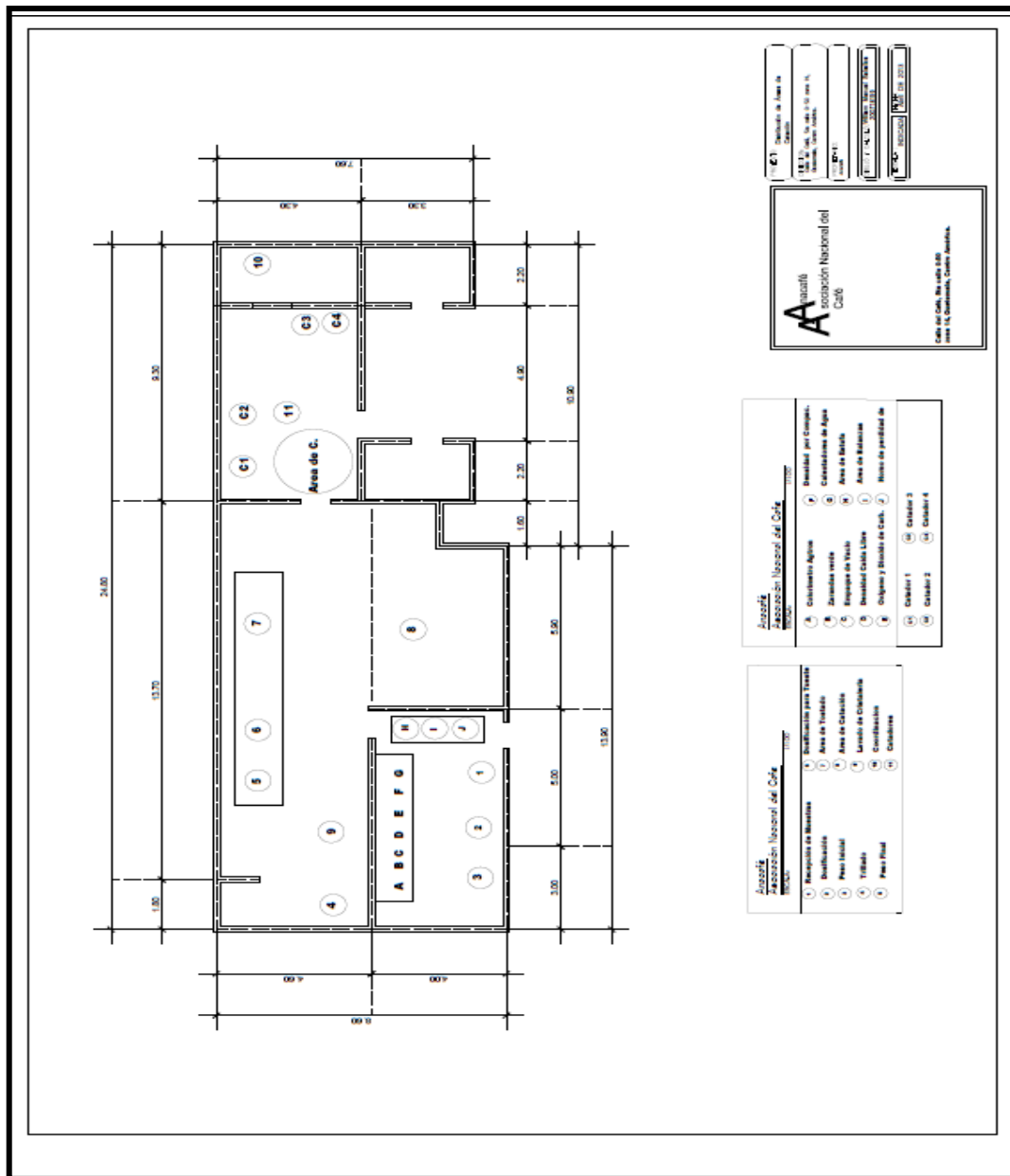
Existe variación en el rendimiento de extracción de aceite de café, café estrictamente duro y café duro. Siendo el grano de café estrictamente duro el que mayor contenido de aceite posee.

Apéndice 3. Análisis estadístico del tipo de café

Tipo de café	Observaciones	Total	Promedio
Estrictamente duro	14,16+13,35+6,44	33,95	11,316
Duro	11,85+10,11+4,60	26,56	8,853

Fuente: elaboración propia, empleado InfoStat.

Apéndice 3. Propuestas de redistribución del laboratorio de análisis sensorial de Anacafé



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

ANEXOS

Anexo 1. Laboratorio de Catación, Anacafé

A continuación, se muestra por medio de figuras el café y herramientas utilizadas para la determinación de la calidad, Laboratorio de catación de Anacafé



Fuente: Laboratorio de Catación, Anacafé.



Fuente: Laboratorio de Catación, Anacafé.

Continuación anexo 1.



Fuente: Laboratorio de Catación, Anacafé.



Fuente: Laboratorio de Catación, Anacafé.

Anexo 2. Laboratorio de extractos vegetales, LIEXVE, USAC

A continuación, se muestra por medio de figuras los dispositivos utilizados para la extracción del aceite de café.



Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, LIEXVE, USAC.



Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, LIEXVE, USAC.

Anexo 3. Laboratorio de Toxicología, USAC

A continuación, se muestra, por medio de figuras, los dispositivos utilizados para la determinación de compuestos químicos presentes en los aceites.



Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, LIEXVE, USAC.



Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, LIEXVE, USAC.

Anexo 4. Análisis sensorial realizado a muestras de aceite de café

A continuación se muestra por medio de figuras el análisis sensorial realizado a muestras de café.



Fuente: Laboratorio de Extractos Vegetales, LIEXVE, USAC.



Fuente: Laboratorio de Catación, Anacafé.

Anexo 5. Análisis microbiológico en granos de café

A continuación, se muestra por medio de figuras el análisis microbiológico realizado a granos de café.



Fuente: Laboratorio de Suelos, Analab, Anacafé.



Fuente: Laboratorio de Suelos, Analab, Anacafé.

Anexo 6. Resultados de la cromatografía de gases aplicando espectrometría de masas, tesis de Evaluación del Rendimiento de extracción y caracterización de aceite fijo de café tostado

Figura 6 Tueste de café oscuro (muestra 1)

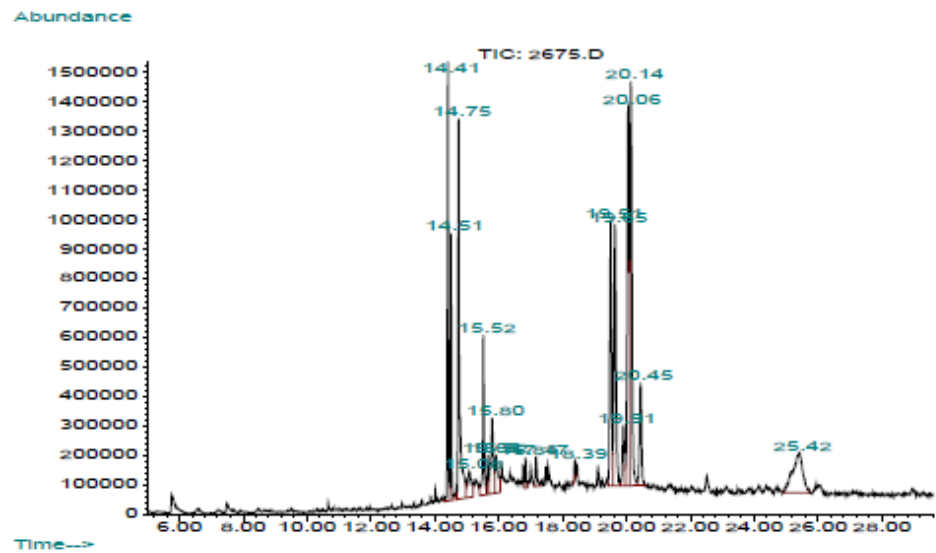
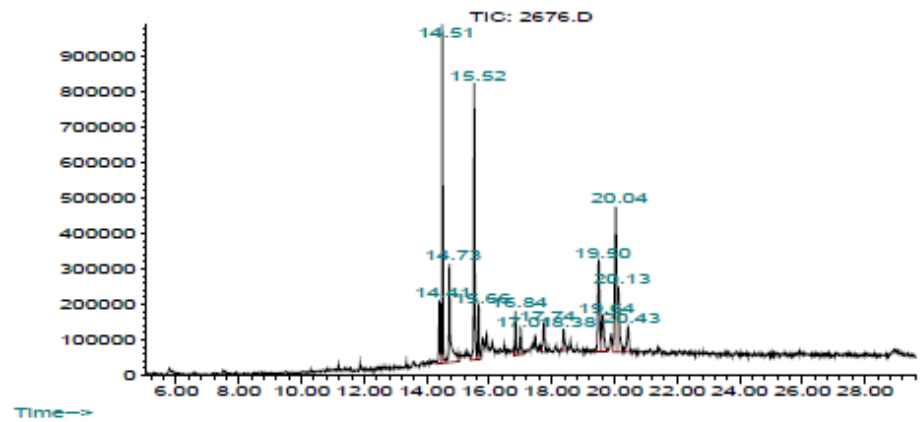


Figura 7 Tueste de café oscuro (muestra 2)



Continuación anexo 6.

Figura 8 Tueste de café oscuro (muestra 3)

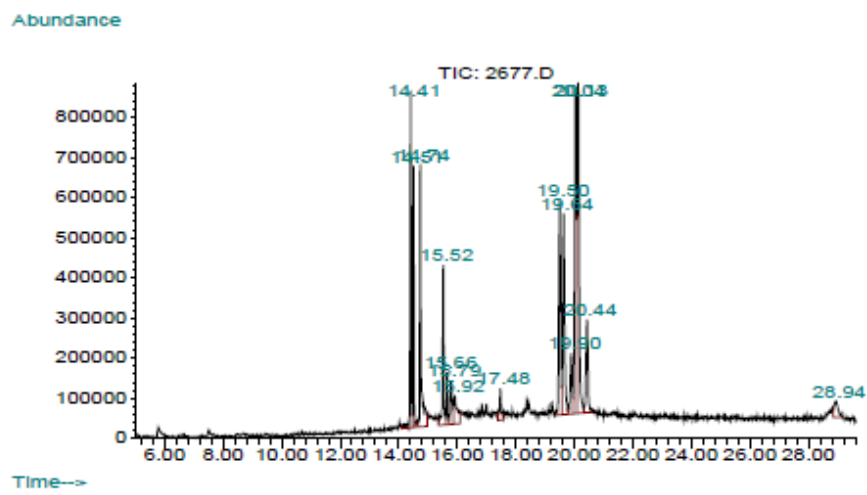
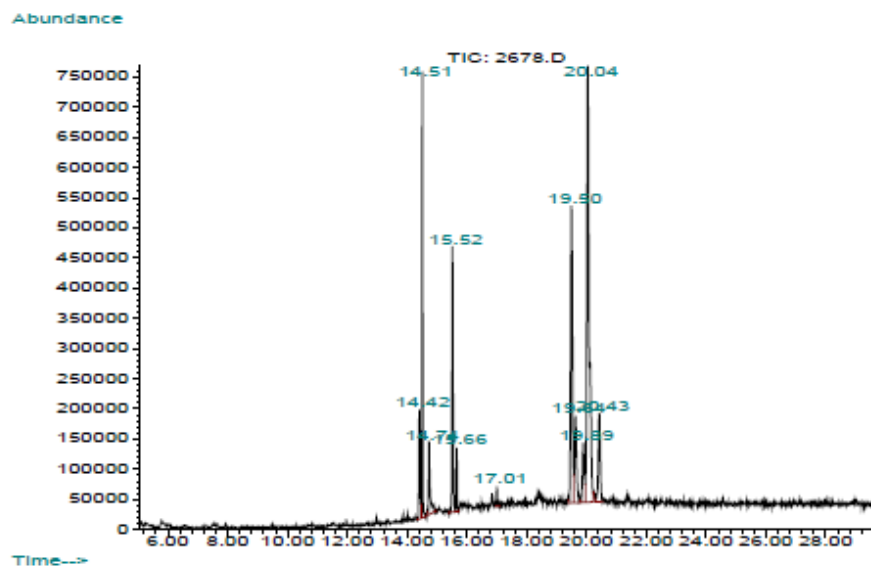
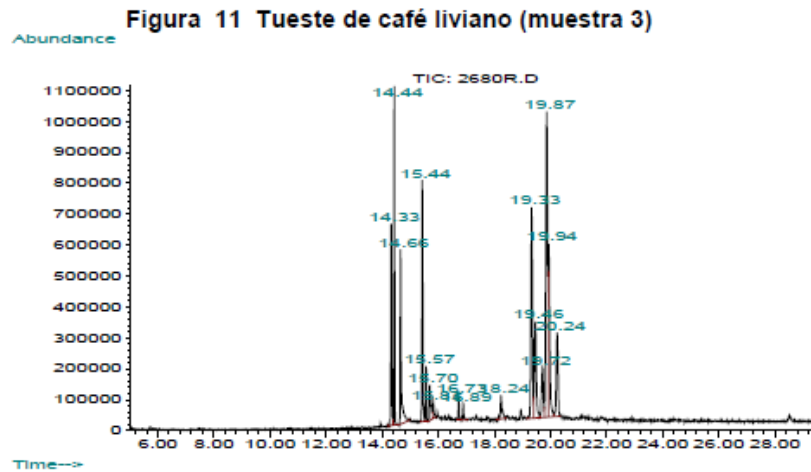
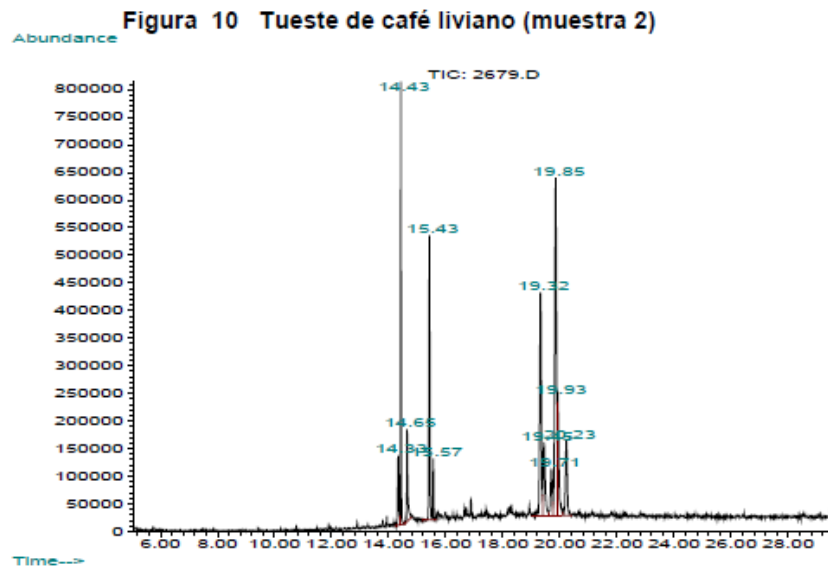


Figura 9 Tueste de café liviano (muestra 1)



Continuación anexo 6.



Fuente: RAMÍREZ OVALLE, Lourdes María. *Evaluación del rendimiento de extracción y caracterización del aceite fijo de café tostado tipo genuino antigua obtenido por el proceso de prensado*. 163 p.

