



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

**VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA
PARA ANÁLISIS DE SUELOS, SEGÚN LA NORMA ISO 17025 EN EL
LABORATORIO NATURALAB DE LA EMPRESA NATURACEITES, S. A.**

Victor Gabriel Oliva Batres

Asesorado por la Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista

Guatemala, noviembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA
PARA ANÁLISIS DE SUELOS, SEGÚN LA NORMA ISO 17025 EN EL
LABORATORIO NATURALAB DE LA EMPRESA NATURACEITES, S. A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

VICTOR GABRIEL OLIVA BATRES

ASESORADO POR LA INGA. SINDY MASSIEL GODÍNEZ BAUTISTA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

**VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA
PARA ANÁLISIS DE SUELOS, SEGÚN LA NORMA ISO 17025 EN EL
LABORATORIO NATURALAB DE LA EMPRESA NATURACEITES, S. A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 12 de marzo de 2013.


Victor Gabriel Oliva Batres

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 07 de agosto de 2014.
REF.EPS.DOC.837.08.2014.

Ingeniero
Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

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 Industrial, **Victor Gabriel Oliva Batres**, Carné No. **200714843** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA PARA ANÁLISIS DE SUELOS SEGÚN LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO NATURALAB DE LA EMPRESA NATURACEITES, S.A..**

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. Sindy Massiel Godinez Bautista
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SMGB/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 07 de agosto de 2014.
REF.EPS.D.421.08.2014

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA PARA ANÁLISIS DE SUELOS SEGÚN LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO NATURALAB DE LA EMPRESA NATURACEITES, S.A.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Victor Gabriel Oliva Batres** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sindy Massiel Godinez Bautista.

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 Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio Los Rodríguez Serrano

Director Unidad de EPS



SJRS/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.143.014

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA PARA ANÁLISIS DE SUELOS SEGÚN LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO NATURALAB DE LA EMPRESA NATURACEITES, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Victor Gabriel Oliva Batres**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2014.

/mgp

Universidad de San
Carlos de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Unidad de Lingüística

Guatemala, 29 de octubre de 2014
Ling.36/14

Ingeniero César Ernesto Urquizú Rodas
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC

Señor director:

Por este medio hago de su conocimiento que la Unidad de Lingüística hace una modificación al título del trabajo de graduación del estudiante **Victor Gabriel Oliva Batres**, con número de carné: **2007-14843** el cual fue aprobado de acuerdo al protocolo como: **VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA PARA ANÁLISIS DE SUELOS SEGÚN LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO NATURALAB DE LA EMPRESA NATURACEITS, S.A.**

La Unidad modifica el título del trabajo en virtud de que el mismo no está bien redactado y propone la siguiente forma: **VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA PARA ANÁLISIS DE SUELOS, SEGÚN LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO NATURALAB DE LA EMPRESA NATURACEITS, S.A.**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'R. González'.

Licenciada Rosa Amelia González Domínguez
Coordinadora de la Unidad de Lingüística



Cc. Archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

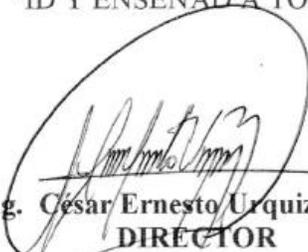


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.223.014

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 **VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA PARA ANÁLISIS DE SUELOS, SEGÚN LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO NATURALAB DE LA EMPRESA NATURACEITS, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Victor Gabriel Oliva Batres**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2014.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 616.2014

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: **VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA PARA ANÁLISIS DE SUELOS, SEGÚN LA NORMA ISO 17025 EN EL LABORATORIO NATURALAB DE LA EMPRESA NATURACEITES, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Víctor Gabriel Oliva Batres**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano en Funciones

Guatemala, 7 de noviembre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme permitido cumplir mi meta y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.
- Mis padres** Adelaida Batres Orozco y Apolonio Oliva Valdez, por ser las personas que más quiero en mi vida, además de su amor y apoyo incondicional a lo largo de cualquier situación.
- Mi hermano** Marco Antonio de Jesús Oliva Batres, por su cariño y apoyo incondicional.
- Mi prima** Etelvina Gámez Oliva, por su cariño y apoyo incondicional.
- Mis amigos** Aldo Solís, Andrea Peña, Angélica Barrera, Braulio Bran, Christian Figueroa, Doris Solares, Enrique Velázquez, Jorvy Díaz, Kenia Mejía, Leonel Sánchez, Mario Rivera, Marvin Gómez, Mynor González, Sergio Alonzo, Yohana Consuegra y todos aquellos con los que compartí a lo largo de la carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi segunda casa durante estos años y por permitirme ser un profesional orgulloso de pertenecer a dicha casa de estudios.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme los conocimientos necesarios para poder desempeñarme de la mejor manera como profesional.

NaturAlab

En especial a todo su personal por haberme dado la oportunidad de trabajar con ellos y adquirir experiencia como profesional.

**Inga. Sindy Massiel
Godínez**

Por guiarme durante la etapa final del ejercicio profesional supervisado, por el apoyo y motivación para hacer un buen trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES DE NATURALAB.....	1
1.1. Datos generales	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Visión.....	2
1.1.3. Misión	2
1.1.4. Estructura organizacional	2
1.2. Actividades actuales.....	6
1.2.1. Situación administrativa.....	6
1.2.2. Situación del análisis de materia orgánica en suelo.....	6
1.2.3. Ubicación.....	7
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA PARA ANÁLISIS DE SUELOS SEGÚN LA NORMA ISO 17025	9
2.1. Situación actual	9
2.1.1. Descripción de la situación del laboratorio	9

	2.1.1.1.	Diagnóstico de la situación actual del laboratorio	10
	2.1.1.2.	Análisis FODA	10
	2.1.1.3.	Diagnóstico de la situación actual del método de determinación de materia orgánica para análisis de suelos	14
2.2.		Manejo de sustancias químicas en el laboratorio	17
	2.2.1.	Determinación de los procedimientos de seguridad industrial en el laboratorio	17
		2.2.1.1. Identificación de riesgos	17
		2.2.1.2. Equipo de protección individual (EPI) ...	24
		2.2.1.3. Equipo de protección colectiva	25
		2.2.1.4. Señalización	28
		2.2.1.5. Normas de comportamiento dentro del laboratorio	28
		2.2.1.6. Normas de seguridad para el manejo de químicos	31
		2.2.1.7. Plan de acción en caso de accidentes	31
		2.2.1.8. Almacenamiento de químicos dentro de la bodega	36
2.3.		Etapas preliminares de la validación del método	37
	2.3.1.	Identificación de los requisitos	37
	2.3.2.	Elección del método que se postulará	39
	2.3.3.	Cuadro comparativo entre metodologías	39
2.4.		Validación del método	41
	2.4.1.	Identificación del tipo de método a utilizar y los requisitos específicos	41
	2.4.2.	Documentación para la validación	42

2.4.2.1.	Título.....	43
2.4.2.2.	Alcance.....	43
2.4.2.3.	Principios químicos de la metodología para el análisis de las muestras.....	43
2.4.2.4.	Reactivos y materiales.....	44
2.4.2.5.	Aparatos y equipos.....	44
2.4.2.6.	Muestreo.....	45
2.4.2.7.	Calibración.....	45
2.4.2.8.	Procedimiento.....	49
2.4.2.9.	Cálculos.....	52
2.4.2.9.1.	Exactitud.....	55
2.4.2.9.2.	Precisión.....	55
2.4.2.9.3.	Linealidad.....	56
2.4.2.9.4.	Intervalo de confianza ..	57
2.4.2.9.5.	Límite de detección	58
2.4.2.9.6.	Límite de cuantificación.....	59
2.4.3.	Instrucciones para usuarios de la metodología.....	60
2.4.3.1.	Documento de inducción para analista	60
2.4.3.2.	Diagrama de flujo de procedimiento	65
2.4.3.3.	Diagrama de recorrido	68
2.5.	Supervisión y control del funcionamiento del método.....	69
2.5.1.	Realización de controles de calidad para la metodología para vigilar el cumplimiento.....	69
2.5.2.	Examinar el método y propuesta de cambios	73
2.6.	Costo de la implementación de la propuesta.....	75

3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA EL MANEJO DE DESECHOS QUÍMICOS DEL LABORATORIO APLICANDO PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA	77
3.1.	Consecuencias ambientales generadas por el mal desecho de productos químicos	77
3.2.	Procedimientos que utilizan químicos	80
3.3.	Descripción de los químicos a utilizar	82
3.4.	Análisis del consumo de químicos	91
3.4.1.	Tabla de consumo por método	91
3.4.2.	Gráfica de consumo por método	92
3.4.3.	Consumo de reactivos por mes	94
3.4.4.	Consumo de reactivos por mes	96
3.5.	Plan para el manejo de desechos	97
3.5.1.	Plan para el correcto desecho de sustancias químicas	100
3.5.2.	Plan de Acción para la Reducción del Uso de Reactivos.....	102
3.5.3.	Costo de la propuesta	104
4.	FASE DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE. PLAN DE CAPACITACIÓN PARA LOS COLABORADORES DE NATURALAB EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL DENTRO DEL LABORATORIO Y MANEJO CORRECTO DE DESECHOS QUÍMICOS.....	107
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación.....	107
4.2.	Plan de capacitación	109
4.3.	Evaluación.....	117
4.4.	Costos de la propuesta	122
	CONCLUSIONES.....	125

RECOMENDACIONES.....	129
BIBLIOGRAFÍA.....	131
APÉNDICES	133
ANEXOS.....	145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama NaturAlab	5
2.	Diagrama de Ishikawa para validación de metodología	15
3.	Diagrama de Ishikawa para seguridad e higiene en el laboratorio.....	16
4.	Distribución extintores dentro del laboratorio.	27
5.	Formato de registro de accidentes laborales en NaturAlab.....	35
6.	Distribución de los reactivos en la bodega.	37
7.	Formato de verificación de balanza de precisión	47
8.	Formato de registro para verificación y calibración de bureta digital...	48
9.	Formato para el ingreso de datos de materia orgánica	51
10.	Documento de inducción para analista de materia orgánica.....	61
11.	Diagrama de flujo del procedimiento	66
12.	Diagrama de recorrido para la metodología de análisis de materia orgánica en suelos	68
13.	Formato para ingreso de datos de sulfato ferroso heptahidratado consumidos en muestras de control y cálculo del porcentaje de materia orgánica para las mismas.	70
14.	Gráfica de control de los datos para verificar el cumplimiento de la metodología.	72
15.	Diagrama de Ishikawa para diagnóstico de contaminación ambiental.....	77
16.	Diagrama de flujo del procedimiento para preparación de muestras de tejido vegetal.	81
17.	Consumo de reactivos de análisis de foliares	93

18.	Consumo de reactivos análisis de materia orgánica en suelos	94
19.	Consumo de reactivos análisis foliares por mes.....	96
20.	Consumo de reactivos análisis de materia orgánica por mes.....	97
21.	Diagrama de Ishikawa para Plan de Capacitaciones.....	108
22.	Material de apoyo para inducción	112
23.	Evaluación sobre inducción al trabajo en el laboratorio.....	118
24.	Notas evaluación inducción al trabajo en el laboratorio.....	120
25.	Evaluación sobre inducción de análisis de materia orgánica en suelos	121

TABLAS

I.	Descripción de puestos para NaturAlab	3
II.	Análisis FODA	10
III.	Matrices de relaciones FODA.....	12
IV.	Estrategias FODA.....	13
V.	Tabla escala de consecuencia para riesgos.....	18
VI.	Tabla cálculo de niveles en accidentes laborales.....	20
VII.	Cálculo de los niveles de probabilidad	21
VIII.	Medidas preventivas y correctivas a tomar.....	22
IX.	Tipos de extintores utilizados en NaturAlab.....	26
X.	Plan de acción en caso de accidentes	32
XI.	Cuadro comparativo entre metodologías.....	40
XII.	Requisitos específicos de la metodología a validar	41
XIII.	Procedimiento para determinar el porcentaje de materia orgánica en suelos	49
XIV.	Datos mL sulfato ferroso heptahidratado consumidos.....	52
XV.	Cálculo de la normalidad para cada lote	53
XVI.	Porcentaje de materia orgánica en muestras de control	54

XVII.	Tabla de datos exactitud	55
XVIII.	Media, varianza y desviación estándar	56
XIX.	Intervalo de confianza	57
XX.	Tabla media y desviación estándar para blancos	58
XXI.	Límite de detección	59
XXII.	Límite de cuantificación	60
XXIII.	Número recomendado de ciclos de observación	65
XXIV.	Comparación entre metodologías	74
XXV.	Análisis de costos para reactivos análisis de materia orgánica en suelos	75
XXVI.	Tabla clasificación de desechos químicos generado en NaturAlab	78
XXVII.	Descripción ácido clorhídrico	82
XXVIII.	Descripción ácido fluorhídrico	83
XXIX.	Descripción ácido fosfórico	84
XXX.	Descripción ácido nítrico	85
XXXI.	Descripción ácido sulfúrico	86
XXXII.	Descripción dicromato de potasio	87
XXXIII.	Descripción difenilamina	88
XXXIV.	Descripción peróxido de hidrógeno	89
XXXV.	Descripción sulfato ferroso heptahidratado	90
XXXVI.	Consumo de reactivos metodología de foliares	91
XXXVII.	Consumo metodología de materia orgánica en suelos	92
XXXVIII.	Consumo de reactivos análisis de foliares por mes	95
XXXIX.	Consumo de reactivos análisis de materia orgánica por mes	95
XL.	Plan para el Manejo de Desechos Químicos	98
XLI.	Plan para el Correcto Desecho de Sustancias Químicas	100
XLII.	Plan de Acción para la Reducción del Uso de Reactivos	102

XLIII.	Costos de Plan de Reducción de Reactivos para Análisis de Tejido Vegetal.....	105
XLIV.	Costos de reactivos para un mes de análisis de materia orgánica en suelos	106
XLV.	Diagnóstico de Necesidades de Capacitación.....	108
XLVI.	Plan de capacitaciones.....	109
XLVII.	Resumen evaluación inducción al trabajo en el laboratorio.....	120
XLVIII.	Resumen evaluación inducción análisis de materia orgánica en suelos	122
XLIX.	Costos de la propuesta de capacitación	123

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
G	Gramo
µg	Microgramo
µL	Microlitro
mL	Mililitro
%	Porcentaje

GLOSARIO

Agroquímico	Denominación que reciben pesticidas, fertilizantes químicos usados para proporcionar nutrientes, eliminar malezas, hongos, algas, matar insectos o roedores entre otros.
Blanco	Blanco en química analítica es una disolución que contiene todas las especies de los patrones a excepción del analito.
Caneca	Recipiente plástico útil para contener líquidos, generalmente de 5 galones.
Características físicoquímicas	Se refiere al conjunto de características físicas de la materia (olor, color, estado físico) y al conjunto de características químicas (pH, puntos de fusión o ebullición, solubilidad, densidad, etc.).
Ensayo	Procedimiento donde por medio de una reacción química se puede medir la concentración o cualquier otra propiedad química de una sustancia o material.
Exactitud	Es la capacidad para obtener un resultado verdadero a través de un análisis químico.
Foliar	De las hojas de las plantas o relativo a ellas.

Humato	Estimulador para el crecimiento de las plantas.
Humus	Sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal que proviene de la descomposición de los restos orgánicos por organismos y microorganismos benéficos como hongos y bacterias.
Ignición	Ocurre cuando el calor que emite una reacción llega a ser suficiente como para sostener una reacción química.
Límite de cuantificación	Magnitud mínima que puede determinarse con un nivel aceptable de exactitud.
Límite de detección	Magnitud mínima que puede detectarse en un ensayo pero no cuantificarse con un valor exacto.
Linealidad	Es la capacidad del método de obtener resultados analitos proporcionales a la concentración.
NIST	National Institute of Standards and Technology (Instituto nacional de estándares y tecnología)
Norma	Conjunto de reglas que hay que seguir para llevar a cabo una acción, porque está establecido o ha sido ordenado de ese modo.

Palma africana	Es un tipo de palma cuyo fruto se utiliza para la elaboración de aceites de origen vegetal.
Precisión	Grado de acuerdo o desacuerdo entre los resultados independientes de ensayos obtenidos en condiciones prescritas.
Raquis	Se le llama así a los tallos propios de las hojas compuestas en la que es una prolongación respecto al peciolo.
Repetibilidad	Se entiende la proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas del mismo, mesurando bajo iguales condiciones de medición, que incluyen procedimiento, observador e instrumento utilizado en iguales condiciones, el mismo lugar y con repetición en un corto período de tiempo.
Titulación química	Es un método corriente de análisis químico cuantitativo en el laboratorio que se utiliza para determinar la concentración desconocida de un reactivo conocido.

RESUMEN

La empresa NaturAceites S. A. se encuentra ubicada en el sector de la agroindustria guatemalteca para la producción de grasas y aceites de palma africana, la ideología se visualiza en un crecimiento constante basándose en principios como: asegurar la calidad total en todos los procedimientos y productos.

Esta visión de la calidad, la empresa identificó la necesidad de aperturar un laboratorio químico para el análisis de suelos y foliares, con el cual pretende seguir afianzando la calidad tanto en los procesos como en los productos, al ser NaturAlab una nueva propuesta de NaturAceites S. A., el cual está comenzando a operar y por lo tanto no posee metodologías definidas para realizar los análisis en suelos y foliares, lo cual genera lugar a la necesidad de validar los métodos para después certificarlos y posteriormente acreditarlos y así seguir en la misma línea de desarrollo frontal creada por NaturAceites S. A., para asegurar la calidad en todas las mediciones que se realicen en NaturAlab.

El proyecto contemplará la realización de la validación para la metodología de análisis de la materia orgánica en muestras de suelos, la creación de un plan de seguridad industrial para el correcto uso de sustancias dentro laboratorio y crear normativos que regirán la convivencia dentro del mismo, un plan para el manejo de los desechos químicos generados por las operaciones del laboratorio, y capacitar a los colaboradores sobre las implementaciones realizadas en el proyecto.

OBJETIVOS

General

Crear una validación para el método de determinación de materia orgánica para análisis de suelos.

Específicos

1. Identificar la metodología correcta que se utilizará para realizar la validación del método de análisis de materia orgánica en suelos.
2. Preparar la documentación necesaria para la validación del método.
3. Establecer los parámetros necesarios para vigilar el cumplimiento de la validación del método.
4. Establecer un plan para el correcto manejo y desecho de productos químicos.
5. Definir un Plan de Capacitaciones dirigido al personal sobre diversos temas, tales como seguridad en el laboratorio, manejo y desechos de productos químicos.

INTRODUCCIÓN

NaturAceites S. A. es una empresa de la agroindustria de palma aceitera de crecimiento constante con un modelo de negocio íntegro, eficiente e innovador, creando beneficios evidentes para los clientes, comunidades, colaboradores, inversionistas y el ambiente, posee prestigiosas certificaciones como RainForest Alliance, con lo cual se compromete al cuidado del medio ambiente, manteniendo los suelos saludables, protegiendo los ecosistemas nativos y reduciendo el uso de energía, agua y agroquímicos, minimizando así las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentando los niveles de carbono almacenado por los árboles y la vegetación en las fincas de la empresa para contribuir a un país más verde.

Por lo anteriormente expuesto y con el fin de seguir asegurando la calidad en los productos, NaturAceites S. A. ve la necesidad de aumentar la diversidad en las metodologías de análisis para las muestras de suelos y tejido vegetal en el laboratorio químico NaturAlab y así generar planes de fertilización más eficientes reduciendo el uso de agroquímicos en suelos. Por lo tanto se plantea la realización del proyecto de validación de la metodología de análisis de materia orgánica en muestras de suelo, para seguir acrecentando la certeza en los análisis realizados tanto a los suelos y los resultados en los tejidos vegetales.

También se abordarán temas que se relacionan con la seguridad e higiene de los colaboradores en el laboratorio, ya que, para NaturAceites S. A. la salud de los colaboradores es de vital importancia.

Sin dejar a un lado el medio ambiente, se desarrollarán procedimientos que conlleven a la correcta manipulación, almacenamiento y desecho de productos químicos, promoviendo las buenas prácticas de laboratorio y generando esta cultura en el personal a través de un proceso de capacitación para los colaboradores.

1. ANTECEDENTES GENERALES DE NATURALAB

1.1. Datos generales

NaturAceites S. A. es fruto de la fusión de dos empresas: Grasas y Aceites e Indesa, ambas vieron la necesidad de generar una integración vertical en la línea de producción de aceite con el fin de ser más competitivos en el mercado guatemalteco y crear NaturAceites S. A.

1.1.1. Antecedentes

En la actualidad NaturAceites cuenta con dos plantas extractoras, una en la Franja Transversal del Norte y otra en el Polochic, una planta de refinería en Escuintla, un laboratorio para el análisis de suelos y tejido vegetal y 17,500 hectáreas bajo un modelo de negocios incluyente de arrendamiento, productores independientes y plantaciones propias. Además vende más de 50 mil toneladas de aceite en el mercado de Guatemala, El Salvador, Honduras y Cuba.”¹

Al identificar la necesidad de realizar un análisis para cuantificar la cantidad de materia orgánica que está presente en los suelos, la empresa NaturAceites S. A., a través del laboratorio químico (NaturAlab), implementó una metodología para la determinación del porcentaje de materia orgánica en suelos, así posteriormente efectuar correctamente diagnósticos nutricionales en los sistemas de producción y calcular la cantidad de los abonos orgánicos y de

¹ Historia NaturAceites. <http://www.naturaceites.com/historia>. Consulta: enero de 2013.

los fertilizantes que se utilizan para corregir los problemas nutricionales de la palma.

1.1.2. Visión

La visión empresarial de NaturAlab es la siguiente:

“Para el 2014 ser un laboratorio de análisis químicos de suelos y foliares de palma africana, que cumple con los mayores estándares de calidad a nivel mundial, como la WEPAL y la OGA”.²

1.1.3. Misión

La misión empresarial de NaturAlab es la siguiente:

“Ser un laboratorio de análisis químico especializado en el análisis de suelos y tejido vegetal de palma africana, para la empresa NaturAceites S. A. y para miembros asociados de la GREPALMA”.³

1.1.4. Estructura organizacional

Luego de observar las actividades normales de NaturAlab, se identificó que se rige bajo una estructura organizacional formal de tipo funcional, dado que se distingue una autoridad especializada, nombrando responsables específicos para cada tipo de análisis que se realizan, también se observaron

² Visión de NaturAlab. <http://www.naturaceites.com/historia>. Consulta: enero de 2013.

³ Misión de NaturAlab. <http://www.naturaceites.com/historia>. Consulta: enero de 2013.

puestos, responsabilidades y líneas de mando bien definidas. Se contabilizaron 11 puestos dentro del laboratorio que se describen en la tabla I .

Tabla I. **Descripción de puestos para NaturAlab**

Cargo:	Funciones:	Requerimientos:
Jefe de laboratorio	Coordinar el buen funcionamiento del laboratorio, entregar informes de datos de las muestras analizadas, realizar, revisar e implementar presupuestos para la ejecución del trabajo en el laboratorio.	Ingeniero agrónomo o Ingeniero químico graduado.
Especialista químico	Realizar el análisis de micro y macro elementos en muestras de suelos o tejido vegetal (foliar o raquis) por medio de espectrofotómetro de plasma inducido. Desarrolla e implementa metodologías nuevas dentro del laboratorio.	Ingeniero químico o licenciado en química graduado.
Especialista de sistema de gestión de calidad	Se encarga de implementar el sistema de gestión de calidad dentro del laboratorio. Revisión de controles de calidad para los diferentes análisis que se realizan en el laboratorio.	Ingeniero industrial o un ingeniero químico graduado.
Analista de preparación de foliares	Se encarga de preparar las muestras de tejido vegetal para el posterior análisis para cuantificación de micro y macro elementos.	Estudiante cursando la carrera de ingeniería química, ambiental, agronomía o carrera a fin.
Analista de nitrógeno	Se encarga de realizar el análisis de nitrógeno para las muestras de tejido vegetal.	Estudiante cursando la carrera de ingeniería química, ambiental, agronomía o carrera a fin.
Analista de materia orgánica	Se encarga de realizar el análisis del porcentaje de materia orgánica para muestras de suelos.	Estudiante cursando la carrera de ingeniería química, ambiental, agronomía o carrera a fin.

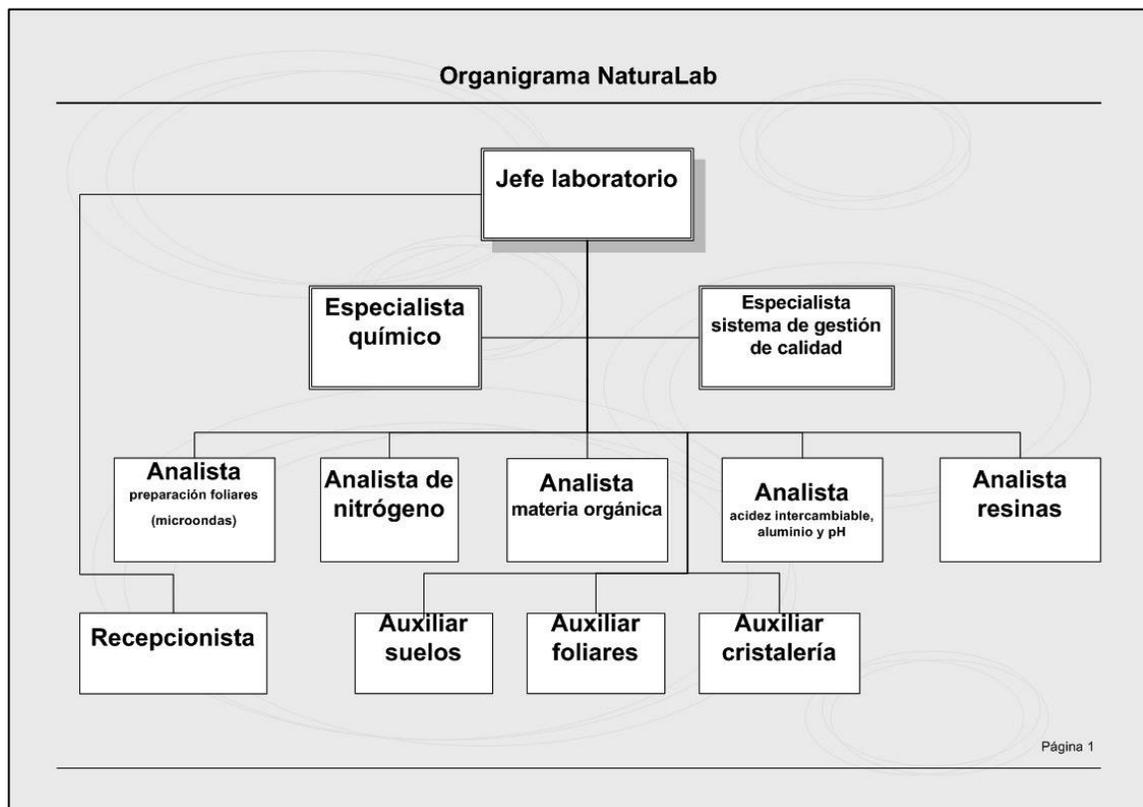
Continuación de la tabla I.

Analista de pH, acidez intercambiable y aluminio	Se encarga de realizar los análisis de pH, acidez intercambiable y aluminio en muestras de suelos.	Estudiante cursando la carrera de ingeniería química, ambiental, agronomía o carrera a fin.
Analista de resinas	Se encarga de preparar muestras de suelo por la metodología de resinas, para posterior cuantificación de macro elementos.	Estudiante cursando la carrera de ingeniería química, ambiental, agronomía o carrera a fin.
Auxiliar de suelos	Se encarga de recibir, preparar y moler las muestras de suelo para los posteriores análisis que se realizan con las mismas.	Se recomienda cualquier persona graduada de nivel intermedio para este puesto.
Auxiliar de foliares	Se encarga de recibir, preparar y moler las muestras de tejido vegetal para los posteriores análisis que se realizan con las mismas.	Se recomienda cualquier persona graduada de nivel intermedio para este puesto.
Auxiliar de cristalería	Se encarga del lavado y secado de cristalería que proviene de los diferentes análisis realizados en el laboratorio.	Se recomienda cualquier persona graduada de nivel diversificado para este puesto.
Recepcionista	Se encarga del ingreso de los datos generados por los diferentes análisis del laboratorio además de la recepción y secretaria del laboratorio.	Se recomienda una secretaria o bachiller en computación para este puesto.

Fuente: elaboración propia.

Las líneas de mando están definidas de la siguiente manera: todos los auxiliares, analistas y recepcionista están al mismo nivel, los puestos se diferencian por las responsabilidades de realizar análisis. Los especialistas químicos y sistema de gestión de calidad, también se encuentran al mismo nivel superior al de auxiliares y analistas, ya que, sobre ellos recae la responsabilidad de coordinar y supervisar el trabajo, además son encargados de reportar directamente al jefe del laboratorio, al igual que la recepcionista. Las relaciones de trabajo se expresan en el organigrama del laboratorio.

Figura 1. **Organigrama NaturAlab**



Fuente: elaboración propia.

1.2. Actividades actuales

La descripción de las actividades que se realizan se desarrolla en los siguientes subtítulos.

1.2.1. Situación administrativa

NaturAlab es un área que forma parte de la división agroindustrial de NaturAceites S. A. específicamente del Departamento Técnico Agrícola, por lo cual se relaciona directamente con el área de laboratorio agrícola, donde las muestras de suelos y tejido vegetal son preparadas para posterior análisis químico en NaturAlab y con el área de nutrición vegetal e investigación agrícola, a los cuales se entregan los informes de datos procesados para cada muestra.

1.2.2. Situación del análisis de materia orgánica en suelo

El Departamento Técnico Agrícola de NaturAceites realiza análisis de materia orgánica en los suelos donde es sembrada la palma con el hecho de poder diagnosticar cuál es el porcentaje de materia orgánica con que cuentan, después con estos datos planificar la fertilización de los mismos utilizando fertilizantes químicos o compost orgánico. Al momento de no contar con el análisis funcionando en el laboratorio, NaturAceites se veía en la necesidad de realizar este tipo de análisis en el laboratorio UCR de Costa Rica, (Universidad de Costa Rica), por esta razón el proceso de recepción de resultados conllevaba mucho tiempo (aproximadamente 80 % más que en NaturAlab), además de generar costos elevados para la empresa (aproximadamente 100 % más que en NaturAlab).

1.2.3. Ubicación

NaturAlab se encuentra ubicado en la región de la Franja Transversal del Norte Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala. Ya que, NaturAceites S. A. considera esta región como la central de las operaciones.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. VALIDACIÓN DEL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA PARA ANÁLISIS DE SUELOS SEGÚN LA NORMA ISO 17025

2.1. Situación actual

Se diagnosticó la situación actual del laboratorio, para la cual se utilizó un diagrama FODA para el método de materia orgánica en suelos e Ishikawa para los procedimientos de seguridad e higiene industrial dentro del laboratorio.

2.1.1. Descripción de la situación del laboratorio

NaturAlab se encuentra en fase de implementación de nuevas metodologías de análisis, por lo tanto no cuenta con procedimientos estandarizados ni con metodologías validadas sobre los análisis que realiza. Contar con metodologías validadas es el primer paso para llegar a pensar en acreditaciones sobre los procesos y posteriormente en certificaciones a nivel nacional e internacional.

NaturAlab aún no se encuentra certificado lo cual ocasiona que el nivel de confianza de los análisis que en este se realizan sea bajo, por lo tanto, la calidad de las mediciones realizadas no sería buena, afectando así el plan de otras unidades del Departamento Técnico Agrícola de la empresa, dado que del análisis de suelos y foliares depende el uso de los agroquímicos y fertilizantes para las plantaciones de palma, pudiendo afectar de manera negativa a la economía de la empresa y al medio ambiente.

2.1.1.1. Diagnóstico de la situación actual del laboratorio

Se utilizó la herramienta administrativa llamada análisis FODA debido a que se estudian las características internas (Debilidades y Fortalezas) y la situación externa (Amenazas y Oportunidades), de manera que permite realizar una planificación de estrategias en función de características propias y situaciones ajenas.

2.1.1.2. Análisis FODA

Se generó una matriz de análisis FODA, donde las características que se presentan fueron recabadas por medio de observación y entrevistas con el jefe y los colaboradores del laboratorio.

Tabla II. Análisis FODA

No.	Fortalezas	Debilidades
1	Se cuenta con instalaciones nuevas y diseñadas especialmente para el trabajo de laboratorio.	Las metodologías de análisis para suelos y foliares no se encuentran estandarizadas.
2	Personal capacitado para realizar las funciones.	No se han implementado nuevas metodologías necesarias para el análisis en el laboratorio.
3	Se cuenta con inversión por parte de la empresa.	El laboratorio no se encuentra certificado o acreditado por normas nacionales o internacionales.

Continuación de la tabla II.

No.	Fortalezas	Debilidades
4	Se cuenta con equipo de la más alta tecnología para realizar los diferentes tipos de análisis de suelos y foliares.	Ubicación del laboratorio (Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz, Guatemala).
No.	Oportunidades	Amenazas
1	Existe una oficina nacional reconocida internacionalmente para la acreditación de laboratorios de ensayo y calibración.	Rechazo del mercado por falta de ensayos interlaboratorios que demuestren la calidad de análisis realizados en NaturAlab.
2	Incremento en las siembras de palma africana, lo que genera demanda para el laboratorio.	Rechazo del mercado por falta de certificaciones que aseguren la calidad de las mediciones.
3	No existe otro laboratorio para el análisis de suelos y foliares en el país que se dedique exclusivamente al cultivo de palma africana.	Proveedores no cuentan con la cantidad y tipos de reactivos necesarios y tardan más del tiempo estipulado para entregarlos.
4	Existen entes reconocidos internacionalmente para la obtención de muestras certificadas para el análisis. (NIST, WEPAL).	Proveedores que no se encuentran abiertos al diálogo para acomodarse a las necesidades de NaturAlab.

Fuente: elaboración propia.

Al momento de contar con las características descritas en la matriz FODA, se realizaron matrices para priorizarlas, calificando la relación en una escala de 0 a 3 (0 = no existe relación, 1 = poca relación, 2 = media relación, 3

= alta relación) marcando en estas de color amarillo cuando la relación entre las características podría generar una estrategia para la planificación.

Tabla III. **Matrices de relaciones FODA**

Matriz de relación FO (máx-máx)

	F1	F2	F3	F4
O1	0	1	3	1
O2	2	2	2	2
O3	0	1	2	1
O4	1	1	3	1

Matriz de relación FD (máx-min)

	F1	F2	F3	F4
D1	0	3	2	0
D2	0	3	3	1
D3	2	2	2	1
D4	2	1	1	1

Matriz de relación FA (máx-min)

	F1	F2	F3	F4
A1	0	0	0	0
A2	0	0	0	0
A3	0	0	0	0
A4	0	0	0	0

Matriz de relación OA (máx-min)

	A1	A2	A3	A4
O1	2	3	0	0
O2	0	0	0	0
O3	0	0	0	0
O4	3	2	0	0

Matriz de relación DO (min-máx)

	O1	O2	O3	O4
D1	0	0	0	0
D2	0	0	0	0
D3	0	0	0	0
D4	0	0	0	0

Matriz de relación DA (min-min)

	A1	A2	A3	A4
D1	2	2	2	2
D2	2	2	3	2
D3	2	3	2	2
D4	2	2	2	2

0 = no existe relación
2 = media relación

1 = poca relación
3 = alta relación

Fuente: elaboración propia.

Al encontrarse priorizadas las características las que se encuentran marcadas con amarillo, se generaron las estrategias que deberán de seguir en la implementación del proyecto.

Tabla IV. **Estrategias FODA**

Estrategias FO (maximizar-maximizar)			
Se cuenta con apoyo financiero por parte de la empresa para buscar una acreditación por parte de la OGA.	F3, O1	Se cuenta con apoyo financiero por parte de la empresa para comparar muestras certificadas para la verificación de los análisis.	F3, O4
Estrategias FD (maximizar-minimizar)			
Aprovechar la capacidad del personal, para validar las metodologías de análisis que no se encuentran estandarizadas.	F2, D1	Aprovechar la capacidad y la buena disposición del personal para implementar las nuevas metodologías de análisis.	F2, D2
Aprovechar toda la capacidad del personal para buscar una acreditación de la OGA.	F2, D3		
Estrategias OA (maximizar-minimizar)			
Generar una buena imagen en el mercado por medio de contar con acreditaciones en el laboratorio.	O1, A2	Generar una buena imagen en el mercado por medio de la participación en ensayos de aptitud interlaboratorios	O4, A1
Estrategias DA (minimizar-minimizar)			
Crear un plan de contingencia para que la implementación de metodologías no se atrase por falta de reactivos.	D2, A3	Buscar una certificación para que el mercado tenga la plena confianza de analizar las muestras en el laboratorio.	D3, A2

Fuente: elaboración propia.

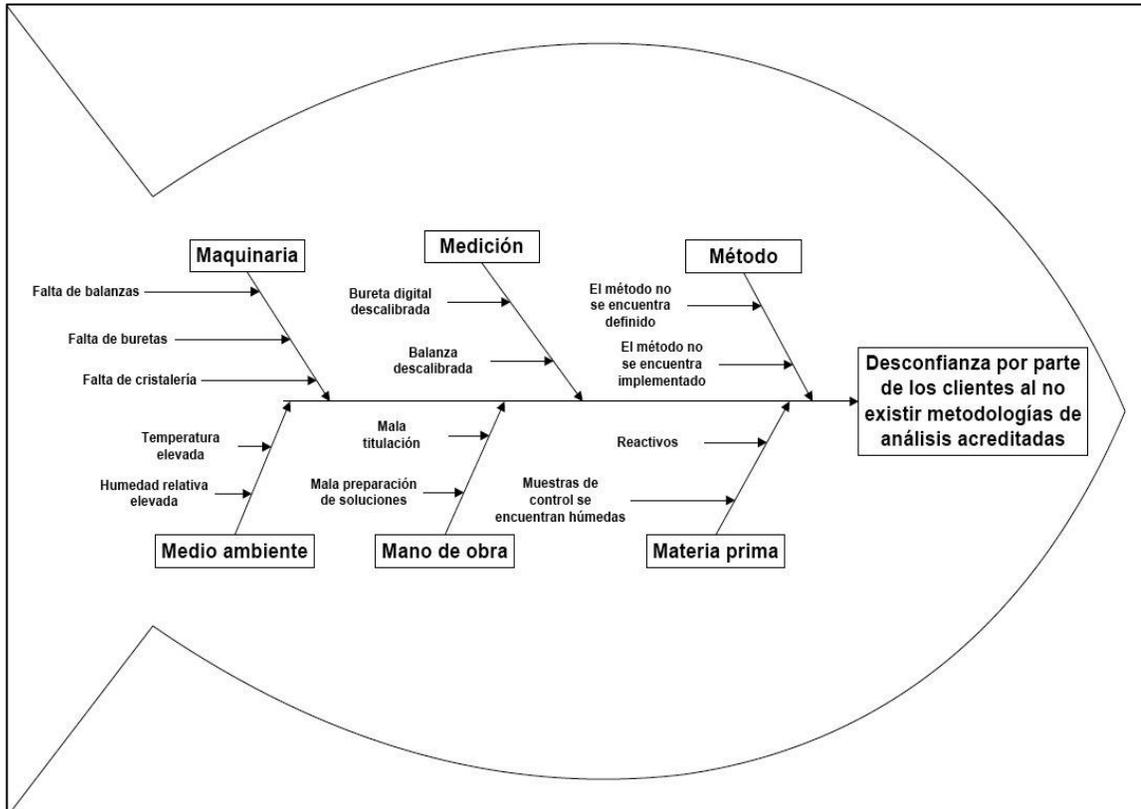
2.1.1.3. Diagnóstico de la situación actual del método de determinación de materia orgánica para análisis de suelos

Por medio de entrevistas con el jefe del laboratorio se pudo diagnosticar que actualmente NaturAceites S. A. realiza los análisis químicos de suelos (incluido materia orgánica) en el laboratorio UCR de Costa Rica (Universidad de Costa Rica), lo que implica gastos elevados en traslados y pagos elevados para el análisis de las muestras, además de que los datos de los análisis de las mismas tardan aproximadamente 3 meses en regresar a NaturAceites S. A.

Al momento de realizar estos mismos análisis en NaturAlab, NaturAceites S. A. estará reduciendo los costos en casi el 50 % y el tiempo de espera por los resultados en aproximadamente un 80 %, lo cual permitirá hacer más eficiente la generación de planes de fertilización, buscando también un ahorro significativo.

Tomando en cuenta varios argumentos se elaboró un diagrama de Ishikawa para determinar la causa central del problema.

Figura 2. Diagrama de Ishikawa para validación de metodología

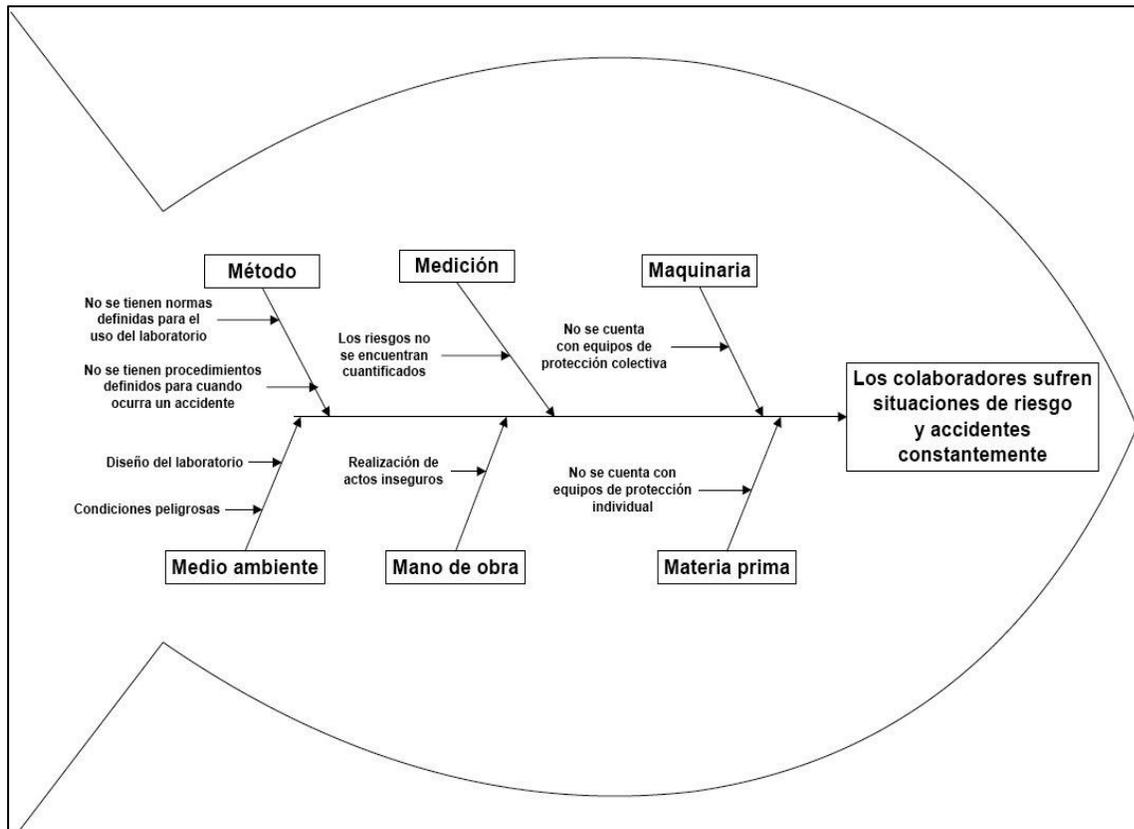


Fuente: elaboración propia.

Se determinó que la causa raíz del efecto es que no existe una validación para la metodología de análisis de materia orgánica en suelos, la cual no se encuentra definida ni implementada. Por lo tanto se iniciará con la elección de la metodología para posterior implementación y validación.

También se realizó un análisis de Ishikawa para ordenar las posibles causas de la falta de procedimientos de seguridad e higiene industrial a seguir en el laboratorio.

Figura 3. Diagrama de Ishikawa para seguridad e higiene en el laboratorio



Fuente: elaboración propia.

Se diagnosticó que la causa raíz del efecto es que no se cuentan con normativos o procedimientos para realizar el trabajo en el laboratorio. Se realizará un análisis de riesgos para ponderarlos y así implementar medidas de seguridad por medio de normas, procedimientos, equipos de protección colectiva e individual.

2.2. Manejo de sustancias químicas en el laboratorio

El manejo de sustancias químicas (reactivos, soluciones, análisis en proceso) dentro del laboratorio es la principal causa de riesgos al momento de laborar, para lo cual se determinó una serie de procedimientos de seguridad industrial para la minimización, los cuales se describen a continuación. También debe entenderse que los riesgos a evaluar son derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos que pueden ser uno o varios de los siguientes: riesgo de explosión, de reacciones químicas peligrosas que puedan afectar a la salud y seguridad de los trabajadores, inhalación, absorción a través de la piel, contacto con la piel o los ojos e ingestión.

2.2.1. Determinación de los procedimientos de seguridad industrial en el laboratorio

Se realizó una matriz para identificar y ponderar los riesgos, seguidamente se generaron las medidas que se adoptarán para la reducción como: el uso de equipos de protección colectiva e individual, señalización del laboratorio, normas, plan de acción en caso de accidentes y el almacenamiento de químicos en la bodega de reactivos.

2.2.1.1. Identificación de riesgos

Utilizando la metodología de análisis de materia orgánica en suelos y en sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidentes que se basa en cuantificar la magnitud por medio de ponderar el nivel de consecuencias, nivel de exposición y deficiencias para jerarquizar racionalmente la prioridad de corrección a través de la fórmula: $NR = (ND)*(NE)*(NC)$

Donde:

NR = nivel de riesgo

ND = nivel de deficiencia

NE = nivel de exposición

NC = nivel de consecuencias

La probabilidad de que un accidente tenga consecuencias nocivas para los colaboradores se definió por medio de la siguiente escala:

Tabla V. **Tabla escala de consecuencia para riesgos**

Nivel de deficiencia	ND	Significado
Muy deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que pueden derivar en posibles fallos, las medidas preventivas existentes resultan ineficaces.
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún factor de riesgo que necesita ser corregido las medidas preventivas existentes se van volviendo ineficaces.
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia las medidas preventivas existentes son eficaces.
Aceptable (A)	--	No se ha detectado anomalía alguna, el riesgo está controlado. No se le da valoración.
Nivel de exposición	NE	Significado
Continúa (EC)	4	Se realiza continuamente varias veces en la jornada laboral, por un tiempo prolongado.
Frecuente (EF)	3	Se realiza varias veces en la jornada laboral, aunque por un tiempo corto.
Ocasional (EO)	2	Se realiza pocas veces en la jornada laboral y con un tiempo corto.
Esporádica (EE)	1	Se realiza irregularmente.

Continuación de la tabla V.

Nivel de consecuencias	NC	Significado	
		Daños personales	Daños materiales
Mortal o catastrófico (CM)	100	1 muerto o más.	Destrucción total de un sistema de trabajo.
Muy grave (CMG)	60	Lesiones graves que pueden llegar a ser irreparables.	Destrucción parcial de un sistema de trabajo.
Grave (CG)	25	Lesiones con incapacidad de laborar por un período de tiempo.	Se requiere paro en el proceso para efectuar reparaciones.
Leve (CL)	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización.	Reparable sin necesidad de parar el proceso.
Nivel de riesgo	NR	Significado	
I	4000 - 600	Situación crítica que necesita corrección urgente.	
II	500 - 150	Corregir y tomar medidas de control.	
III	120 - 40	Mejorar si es posible	
IV	20	No intervenir salvo que otro análisis lo justifique.	

Fuente: elaboración propia.

Con lo cual se generó la siguiente tabla, donde se ponderaron las consecuencias, exposición, deficiencia y nivel de riesgo al momento de realizar la preparación y uso de soluciones y el uso de reactivos en grado analítico

Tabla VI. **Tabla cálculo de niveles en accidentes laborales**

Cálculo del nivel de deficiencia		
Preparación y uso de solución o uso de reactivo	Nivel de deficiencia	ND
Preparación de solución de sulfato ferroso heptahidratado	Mejorable	2
Uso de solución de sulfato ferroso heptahidratado	Mejorable	2
Preparación de solución de dicromato de potasio	Deficiente	6
Uso de solución de dicromato de potasio	Mejorable	2
Preparación de solución de difenilamina	Deficiente	6
Uso de solución de difenilamina	Mejorable	2
Uso ácido fosfórico concentrado	Deficiente	6
Uso ácido sulfúrico concentrado	Deficiente	10
Cálculo del nivel de exposición		
Preparación de solución o uso de reactivo	Nivel de exposición	NE
Preparación de solución de sulfato ferroso heptahidratado	Ocasional	2
Uso de solución de sulfato ferroso heptahidratado	Frecuente	3
Preparación de solución de dicromato de potasio	Ocasional	2
Uso de solución de dicromato de potasio	Frecuente	3
Preparación de solución de difenilamina	Esporádico	1
Uso de solución de difenilamina	Frecuente	2
Uso ácido fosfórico concentrado	Frecuente	2
Uso ácido sulfúrico concentrado	Frecuente	2

Fuente: elaboración propia.

Continuación tabla VI.

Cálculo del nivel de consecuencias		
Preparación de solución o uso de reactivo	Nivel de consecuencia	NC
Preparación de solución de sulfato ferroso heptahidratado	Leve	10
Uso de solución de sulfato ferroso heptahidratado	Leve	10
Preparación de solución de dicromato de potasio	Leve	10
Uso de solución de dicromato de potasio	Leve	10
Preparación de solución de difenilamina	Grave	25
Uso de solución de difenilamina	Leve	10
Uso ácido fosfórico concentrado	Grave	25
Uso ácido sulfúrico concentrado	Grave	25

Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se calculó el nivel de probabilidad de riesgo utilizando la fórmula del sistema simplificado para el análisis de riesgos:

$$NR = (ND)(NE)(NC)$$

Tabla VII. **Cálculo de los niveles de probabilidad**

Procedimiento	Cálculo	NR	Significado
Preparación de solución de sulfato ferroso heptahidratado	$NR = (2)(2)(10) = 40$	III	Mejorar la situación si es posible.
Uso de solución de sulfato ferroso heptahidratado	$NR = (2)(3)(10) = 60$	III	Mejorar la situación si es posible.
Preparación de solución de dicromato de potasio	$NR = (6)(2)(10) = 120$	III	Mejorar la situación si es posible.

Continuación de la tabla VII.

Uso de solución de dicromato de potasio	$NR = (2)(3)(10) = 60$	III	Mejorar la situación si es posible.
Preparación de solución de difenilamina	$NR = (6)(1)(25) = 150$	II	Corregir y tomar medidas de control
Uso de solución de difenilamina	$NR = (2)(2)(10) = 40$	III	Mejorar la situación si es posible.
Uso ácido fosfórico concentrado	$NR = (6)(2)(25) = 300$	II	Corregir y tomar medidas de control
Uso ácido sulfúrico concentrado	$NR = (10)(2)(25) = 500$	II	Corregir y tomar medidas de control

Fuente: elaboración propia.

Al momento de ya encontrarse priorizados los riesgos se generará una matriz para identificar las medidas a implementar donde detallarán los equipos de protección individual, colectiva y los normativos de comportamientos que deberán de ser utilizados para cada parte del análisis de materia orgánica en suelos.

Tabla VIII. **Medidas preventivas y correctivas a tomar**

Procedimiento	Medidas a implementar		
	Equipo de protección individual	Equipo de protección colectiva	Normas
Preparación de solución de sulfato ferroso heptahidratado	Guantes Gafas Bata Ropa adecuada Mascarilla para polvos	Ducha de emergencia Campana de extracción de gases Extintores	Normas de comportamiento dentro del laboratorio Normas para el manejo de químicos

Continuación de la tabla VIII.

Uso de solución de sulfato ferroso heptahidratado	Guantes Gafas Bata Ropa adecuada	Ducha de emergencia Extintores	Normas de comportamiento dentro del laboratorio Normas para el manejo de químicos
Preparación de solución de dicromato de potasio	Guantes Gafas Bata Ropa adecuada Mascarilla para polvos	Ducha de emergencia Extintores	Normas de comportamiento dentro del laboratorio. Normas para el manejo de químicos
Uso de solución de dicromato de potasio	Guantes Gafas Bata Ropa adecuada	Ducha de emergencia Campana de extracción de gases Extintores	Normas de comportamiento dentro del laboratorio Normas para el manejo de químicos
Preparación de solución de difenilamina	Guantes Gafas Bata Ropa adecuada Mascarilla para polvos	Ducha de emergencia Campana de extracción de gases Extintores	Normas de comportamiento dentro del laboratorio. Normas para el manejo de químicos
Uso de solución de difenilamina	Guantes Gafas Bata Ropa adecuada	Ducha de emergencia Campana de extracción de gases Extintores	Normas de comportamiento dentro del laboratorio. Normas para el manejo de químicos
Uso ácido fosfórico concentrado	Guantes Gafas Bata Ropa adecuada	Ducha de emergencia Campana de extracción de gases Extintores	Normas de comportamiento dentro del laboratorio. Normas para el manejo de químicos
Uso ácido sulfúrico concentrado	Guantes Gafas Bata Ropa adecuada Mascarilla para polvos	Ducha de emergencia Campana de extracción de gases Extintores	Normas de comportamiento dentro del laboratorio. Normas para el manejo de químicos

Fuente: elaboración propia.

A continuación se describe cada una de las medidas a implementar para la reducción de riesgos en el análisis de materia orgánica en suelos.

2.2.1.2. Equipo de protección individual (EPI)

Deberán utilizarse cuando existan riesgos para la seguridad o salud de los colaboradores que no hayan podido evitarse o limitarse por medios de protección colectiva o mediante métodos o procedimientos de organización del trabajo, para el caso del análisis de materia orgánica en suelos, se identificó por medio de la matriz de riesgos anterior, los equipos de protección individual que se deben de utilizar al momento de realizar dicho análisis.

- Gafas: se utilizarán para la protección de los ojos, se recomienda utilizar gafas de policarbonato, antigolpes en caso de presentarse cualquier salpicadura o vaporización al momento de agregar soluciones, ácidos o titular las muestras.
- Guantes: se utilizarán para la protección de las manos durante el uso de reactivos o soluciones en el laboratorio, ya que, es fundamental la impermeabilidad frente a los distintos productos químicos. Dado a los diferentes reactivos que se manipulan en el laboratorio se recomienda contar con guantes de látex y de nitrilo (desechables) de neopreno y de PVC robusto (para trabajos especiales con ácidos como la preparación de la solución de difenilamina).
- Mascarillas: dado que son eficaces para prevenir la inhalación de cualquier vaporización que se pueda presentar en el proceso y son más cómodas al momento de realizar el análisis, se recomienda el uso de mascarillas filtrantes desechables.
- Prendas de protección: para el trabajo con productos químicos es obligatorio el uso de bata (100 % algodón) y calzado cerrado de tipo

industrial, sin punta de acero. La bata nunca se llevará puesta fuera del laboratorio, ya que, puede estar impregnada con algún compuesto químico sobre todo en zonas comunes como cafeterías. Cada colaborador deberá contar con 3 batas y un par de zapatos de tipo industrial sin punta de acero.

2.2.1.3. Equipo de protección colectiva

Protege simultáneamente a varios trabajadores frente a una situación peligrosa determinada, siempre deberán prevalecer antes otras medidas como la utilización de los llamados equipos de protección individual. NaturAlab deberá contar con los siguientes equipos de protección colectiva para el proceso de análisis de materia orgánica en suelos.

- Duchas de emergencia con fuente lava ojos: son equipos de emergencia para casos de proyecciones, derrames o salpicaduras de productos químicos sobre los colaboradores, en ojos, piel o prendas de vestir con riesgo de contaminación o quemadura química. El laboratorio deberá contar por lo menos con dos duchas de emergencia con fuente lava ojos, una en el interior y la otra dentro de la bodega de reactivos.
- Extintores: están concebidos para que puedan ser llevados y utilizados a mano teniendo en condiciones de funcionamiento una masa igual o inferior a 20 kg.

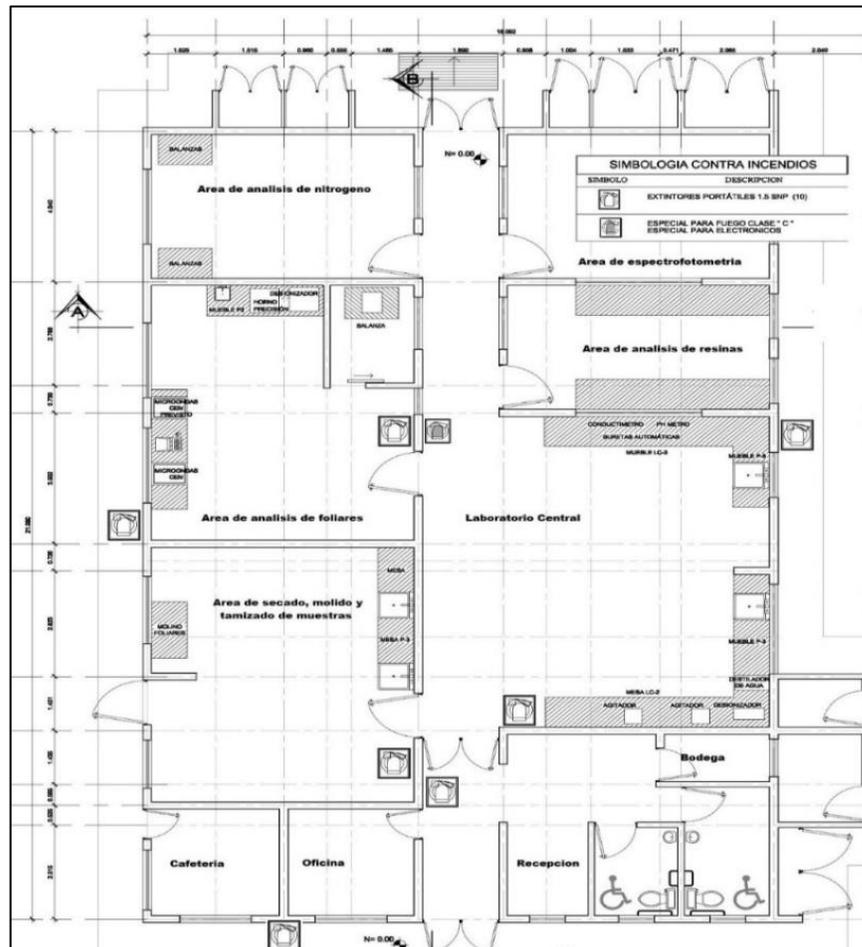
Tabla IX. **Tipos de extintores utilizados en NaturAlab**

Clase B	Se usan en el fuego que se produce en líquidos combustibles, como grasa, gasolina, aceite etc.	
Clase C	Son aptos para uso en el fuego que se produce en electrodomésticos, herramientas u otros aparatos eléctricos o enchufados.	

Fuente: elaboración propia.

Dado el tipo de químicos que se manejan dentro del laboratorio, cuenta con ocho extintores, cuatro clase B distribuidos dentro del laboratorio y tres alrededor del perímetro, además de un extintor clase C, ubicado en el laboratorio central para fácil acceso desde todas las demás áreas del laboratorio, según la Norma 1910 de OSHA en el apartado 29 CFR 1910.157 (anexo 1) para los extintores clase B deben de encontrarse a una distancia menor a 50 pies (15,2 metros) las dimensiones totales del laboratorio son de 21 metros de largo y 16 metros de ancho, los cuales fueron colocados a una altura de 3,5 pies desde el suelo (1,07 metros según NFPA 10) por lo que la distribución de los extintores queda plasmada en el siguiente plano:

Figura 4. **Distribución extintores dentro del laboratorio**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio.

- Campanas de extracción de gases: por efecto de dilución de gases y vapores inflamables protege a los analistas del riesgo de inhalación de sustancias químicas tóxicas y reduce significativamente el riesgo de incendios y explosiones. El laboratorio contará con 2 campanas de extracción de gases, una ubicada en el área central destinada para el análisis de materia orgánica en suelos y la otra en el área de preparación de muestras de foliares.

2.2.1.4. Señalización

Se utilizará siempre que se ponga de manifiesto la necesidad de:

- Llamar la atención de los colaboradores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
- Alertar a los trabajadores cuando se produzca una determinada situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección o evacuación.
- Facilitar a los trabajadores la localización e identificación de determinados medios o instalaciones de protección, evacuación, emergencia o primeros auxilios.
- Para el caso específico del análisis de materia orgánica en suelo, se utilizó la señalización general del laboratorio, dado que incluía los ambientes donde se realiza el análisis, para lo cual se realizó una cotización de la señalización para el laboratorio (anexo 2).

2.2.1.5. Normas de comportamiento dentro del laboratorio

Para velar por el cumplimiento de seguridad e higiene industrial dentro de las instalaciones del laboratorio se creó un conjunto de normas o parámetros que se deben respetar siendo los siguientes:

- Parámetros de los hábitos personales a respetar dentro del laboratorio:
 - Prohibición de fumar

- Prohibición de comer
 - Prohibición de beber
 - No guardar alimentos ni bebidas en los refrigeradores del laboratorio
 - No realizar reuniones o celebraciones dentro del laboratorio, utilizar la cafetería
 - Mantener abrochados batas y vestidos
 - Llevar el pelo recogido
 - No llevar pulseras, colgantes, mangas anchas ni prendas sueltas que puedan engancharse en montajes, equipos o máquinas
 - Lavarse las manos antes de abandonar el laboratorio
 - No dejar objetos personales en las superficies de trabajo
- Parámetros de los hábitos de trabajo a respetar dentro del laboratorio:
 - Obligación de llevar equipos de protección individual determinados (gafas, guantes, mascarillas).
 - Obligación de llevar ropa específica para el trabajo (uniforme, bata, zapatos industriales).
 - No debe trabajar nunca una persona sola en el laboratorio y muy especialmente fuera de horas habituales por la noche o realizando operaciones con riesgo.
 - Cuando se realicen operaciones con riesgo las personas que no intervengan en ellas deben estar perfectamente informadas de las mismas.
 - No efectuar pipeteos con la boca
 - Obligación de leer la etiqueta o consultar las fichas de seguridad de productos antes de utilizarlos por primera vez.
 - Etiquetar adecuadamente los frascos y recipientes a los que se haya transvasado algún producto o donde se hayan preparado

mezclas, identificando el contenido, a quien pertenece y la información sobre la peligrosidad (reproducir el etiquetado original).

- No tocar con las manos desnudas ni probar los productos químicos
 - No llevar tubos de ensayo ni productos en los bolsillos de las batas
 - No trabajar separado de las mesas de trabajo
 - Comprobar la temperatura de las materiales antes de cogerlos directamente con las manos.
 - Utilizar las campanas de gases siempre que sea necesario o posible
 - Recoger materiales, reactivos, equipo, etc., al terminar el trabajo
 - Mantener las mesas de trabajo limpias y sin productos, libros, cajas o accesorios innecesarios para el trabajo que se está realizando.
- Parámetros sobre obligaciones para el uso del laboratorio:
 - Tener cobertura médica legal (IGSS)
 - Haber cumplimentado los protocolos de admisión determinados
 - Realizar únicamente tareas enmarcadas en el ámbito de trabajo del laboratorio.
 - Realizar únicamente tareas para las que se ha sido autorizado
 - Ser autorizados para el uso de un producto, equipo o instalación concreta.
 - Parámetros sobre el mantenimiento y limpieza del laboratorio:
 - Mantener los materiales limpios y organizados, ya que, este se determina como un ambiente seguro.
 - Nunca se debe almacenar material especialmente sustancias químicas en el piso por un tiempo corto.
 - Mantener el espacio de trabajo y las áreas de almacenamiento libre de cristalería rota, sobrantes de sustancias químicas o papeles usados.

- Mantener los pasillos libres de obstrucciones tales como sillas, cajas y envases de desechos químicos.

2.2.1.6. Normas de seguridad para el manejo de químicos

Hay que tener en cuenta que un procedimiento ordenado de trabajo es indispensable para la seguridad, por lo que se establecen normas para el correcto manejo de productos químicos.

- Nunca se pipeteará con la boca únicamente se hará empleándose los dispositivos mecánicos para realizar los pipeteos.
- Utilizar guantes adecuados para cada uno de los diferentes trabajos que se realizarán dentro del laboratorio.
- Utilizar batas y uniformes de trabajo para evitar la contaminación de los vestidos de calle. No se utilizará la bata del laboratorio fuera de este (cafetería, oficinas, etc.).
- Se deberá de trabajar dentro de la campana de extracción de gases, siempre que sea posible.
- Se utilizarán gafas de seguridad, pantallas faciales u otros dispositivos de protección al momento de que haya peligro de salpicaduras.
- El acceso al laboratorio debe ser controlado

2.2.1.7. Plan de acción en caso de accidentes

Se generó un plan de acción para tener una referencia de cómo actuar al momento de presentarse un accidente, para el cual se definieron objetivos, responsables, se generó un cronograma de implementación y se definió la metodología a utilizarse.

Tabla X. **Plan de acción en caso de accidentes**

NaturAlab													
Plan de acción en caso de accidentes													
Objetivos:													
<ul style="list-style-type: none"> • Actuar de la manera correcta durante y después de haber ocurrido un accidente. • Conocer el sistema de emergencia PAS (proteger, avisar, socorrer) • Diferenciar qué medidas tomar para cada tipo de accidente en específico. • Registrar el accidente en el formato de registro de accidentes laborales. 													
Responsables:													
<ul style="list-style-type: none"> • Es responsabilidad de todos los colaboradores velar por el cumplimiento de este plan. • El especialista de sistema de gestión de calidad será el encargado de dirigir la metodología del plan y llevar los registros generados para el mismo. 													
Cronograma de ejecución:													
Id	Nombre de tarea	Duración	mes 2						mes 3				
			06 may	13 may	20 may	27 may	03 jun	10 jun	17 jun	24 jun	01 jul	08 jul	15 jul
1	Creación de documentos para inducción	30 días											
2	Capacitación sobre seguridad, normas y hábitos y manejo de desechos	1 día											
3	Examen sobre conocimientos de la capacitación	1 día											
4	Implementación del plan de acción en caso de accidentes	10 días											
Metodología:													
<p>Al momento de suscitarse un accidente laboral en el laboratorio los colaboradores deben de conocer la aplicación del sistema PAS, sabiendo clasificar a la vez el tipo de accidente sucedido y por último anotando en hecho en el formato de registro de accidentes laborales.</p>													
<p>Sistema de emergencia PAS: en caso de accidente deberá activarse el sistema de emergencia (PAS: Proteger, Avisar, Socorrer) I comunicarse se debe dar un mensaje preciso sobre:</p>													
<ul style="list-style-type: none"> • Lugar donde ha ocurrido el accidente 													

Continuación de la tabla X.

- Tipo de accidente (intoxicación, quemadura química, herida, etc.)
- Número de afectados o víctimas
- Estado aparente de las víctimas (consciencia, sangran, respiran, etc.)
- Si esta información se realiza por teléfono no colgar antes de que el interlocutor lo haya autorizado, ya que, puede necesitar otra información complementaria.

Que hacer en caso de derrames:

- Ácidos: emplear productos neutralizantes específicos comercializados como Chemizorb H+, mantas o rollos absorbentes.
- Bases: emplear productos neutralizantes específicos comercializados como Chemizorb OH-, mantas o rollos absorbentes.

Que hacer en caso de salpicaduras:

En piel y ojos:

- Lavarse con abundante agua (mediante un lavajos si es en los ojos o en la ducha de emergencia para el resto del cuerpo, durante un período aproximado de 15 a 20 minutos sobre todo si el producto es corrosivo o irritante).
- No intentar neutralizar
- Acudir al médico inmediatamente

En batas o vestidos:

- Quitarse rápidamente la ropa lavándola o colocándola bajo la ducha, según la magnitud de la impregnación.

Que hacer en caso de ingestión:

- Si es un ácido, beber solución de bicarbonato
- Si es una base, beber bebidas ácidas
- Disponer de información sobre los productos que se manipulan consultando las fichas de seguridad
- Acudir al médico con una etiqueta del producto

Que hacer en caso de quemaduras:

- Lavar abundantemente con agua fría para enfriar la zona quemada, no

Continuación de la tabla X.

<p>quitar la ropa pegada a la piel, tapar la parte quemada con ropa limpia.</p> <ul style="list-style-type: none">• Debe acudir siempre al médico, aunque la superficie afectada y la profundidad sean pequeñas.• No aplicar nada a la piel (ni pomada, ni grasa, ni desinfectantes)• No enfriar demasiado al accidentado• No romper las ampollas• No dejar solo al accidentado <p>Que hacer en caso de incendio:</p> <ul style="list-style-type: none">• Dar la alarma inmediatamente• Apagar los pequeños fuegos tapándolos, sin utilizar agua• Escoger el tipo de extintor adecuado, consultando el modo de empleo• Si prende la ropa, utilizar ducha o manta de seguridad• Si se evacua el laboratorio, cerrar las puertas al salir
--

Fuente: elaboración propia.

Después de realizada la capacitación sobre seguridad, normas, hábitos y manejo de desechos el Plan de Acción en caso de accidentes queda implementado para la realización al momento de presentarse un accidente laboral dentro de NaturAlab, posteriormente se deberá dejar registrado el hecho en el formato de registro de accidentes laborales (este formato fue hecho en base al Formulario OSHA - 300 Registro de Lesiones y Enfermedades Ocupacionales): (anexo 3).

Figura 5. Formato de registro de accidentes laborales en NaturAlab

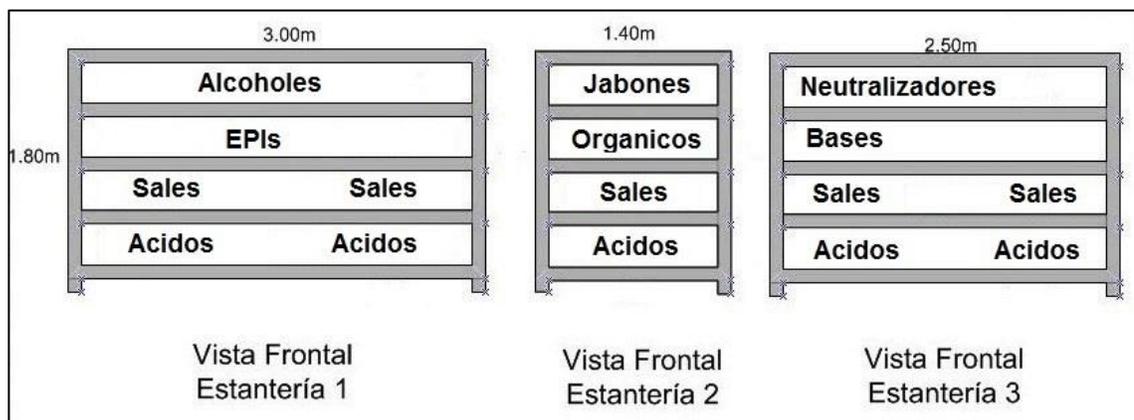
 REGISTRO DE ACCIDENTES LABORALES EN NATURALAB												
Identifique a la persona		Describa el caso				Clasifique el caso						
# caso	Nombre colaborador	Occupación	Fecha de la lesión	Lugar donde ocurrió	Describa la lesión o enfermedad, partes del cuerpo afectadas y objeto/substancia que directamente lesionó o enfermó a la persona	Resultado más serio (marcar con una X)	# de días que el colaborador estuvo lesionado	Marque la lesión o tipo de enfermedad (marcar con una X)				Lesión
						Fuera del trabajo	Permaneció en el trabajo	En la piel	En la vista	Respi-ratoria	Envene-namiento	
01												
02												
03												
04												
05												
06												
07												
08												
09												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												

Fuente: formatos NaturAlab.

2.2.1.8. Almacenamiento de químicos dentro de la bodega

- Todos los reactivos se agrupan según la clase y cada uno debe mantenerse físicamente separado de los demás por compartimentos o cambiando de estantería.
- Todos los reactivos deberán dejarse almacenados en estanterías fijas a la pared, igualmente, se organizarán por clase y posteriormente por orden alfabético para que así se puedan elegir más fácilmente.
- Es absolutamente importante conservar la ubicación segura de los productos a fin de evitar crear condiciones inseguras o restringir el acceso a las estanterías.
- Se realizará la distribución para los reactivos en la bodega, dejando los ácidos en el primer espacio de abajo hacia arriba de las estanterías, las sales en el segundo, en el tercer espacio los equipos de protección individual, reactivos orgánicos y bases y en el cuarto espacio jabones, alcoholes, y neutralizadores. Ya que, en esta clasificación no se presenta ninguna reacción entre los reactivos, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 6. **Distribución de los reactivos en la bodega**



Fuente: elaboración propia.

2.3. **Etapas preliminares de la validación del método**

Previo a realizar la validación se identificaron los requisitos que se plantean en la Norma ISO 17025:2005, posteriormente a esto se eligió la metodología que se utilizará al momento de analizar el porcentaje de materia orgánica presente en las muestras de suelo.

2.3.1. **Identificación de los requisitos**

Según la Norma ISO 17025 en el inciso 5,1 (anexo 4) los requisitos técnicos que se mencionan para determinar la exactitud y la confiabilidad de los ensayos realizados por un laboratorio incluyen elementos provenientes de:

- Los factores humanos: se debe de asegurar la competencia del personal que realiza tareas específicas, este debe estar calificado sobre la base de

una educación, formación y experiencia apropiadas, así como de habilidades demostradas, según sea requerido.

- Las instalaciones y las condiciones ambientales: las instalaciones de laboratorio para realizar los ensayos deben de estar incluidas pero no limitadas a las fuentes de energía, la iluminación y las condiciones ambientales, que deben facilitar la ejecución correcta de los ensayos.
- Los métodos de ensayo y de calibración: el laboratorio debe aplicar métodos y procedimientos apropiados para todos los ensayos dentro del alcance.
- Validación de los métodos: la validación es la confirmación a través del examen y el aporte de evidencia objetiva de que se cumplen los requisitos particulares para un uso específico previsto el rango y la exactitud de los valores que se pueden obtener empleando métodos validados (por ejemplo la incertidumbre de los resultados, el límite de detección, cuantificación, linealidad, intervalo de confianza, etc.), tal como fueron determinados para el uso previsto, deben ser pertinentes a las necesidades de los clientes.
- Equipos: el laboratorio debe estar provisto con todos los equipos para la medición requeridos para la ejecución correcta de los ensayos.
- La trazabilidad de las mediciones: calibración de equipos (balanzas, buretas digitales, etc.), patrones o materiales de referencia.
- El muestreo: procedimiento definido por el cual se toma una parte de una sustancia, material o producto para proveer una muestra representativa del total para el ensayo.
- El manejo de los objetos a ensayar: el laboratorio debe tener procedimientos para el transporte, recepción, manejo, protección, almacenamiento, conservación o la disposición final de los objetos a ensayar.

- Aseguramiento de la calidad de resultados: el laboratorio debe tener procedimientos de control de la calidad para controlar la validez de los ensayos ejecutados, los datos resultantes deben ser registrados en forma tal que se puedan detectar las tendencias y cuando sea factible se deben aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados.
- Informe de resultados: los resultados de cada ensayo o serie de ensayos efectuados por el laboratorio, deben ser informados con exactitud y de forma clara y objetiva, de acuerdo con las instrucciones específicas de los métodos de ensayo o de calibración.

2.3.2. Elección del método que se postulará

Se debe tomar en cuenta aspectos como tiempo de análisis, reactivos, equipos de laboratorio, colaboradores, número de muestras que se pueden analizar, calidad de los resultados por medio de los cuales se puede considerar viable una metodología para el análisis de materia orgánica en suelos de NaturAlab, se realizará por medio de un cuadro comparativo de las ventajas y desventajas de dos metodologías, siendo estas por ignición y Walkley-Black para determinar cuál sería más adecuado utilizar dentro de NaturAlab.

2.3.3. Cuadro comparativo entre metodologías

Se realizó un cuadro comparativo entre diferentes parámetros como tiempo, equipos de laboratorio, reactivos, colaboradores y número de muestras analizadas por día, calidad de los resultados para determinar cuál de las dos metodologías se adecua más a las necesidades de análisis del laboratorio. Se marcó con una V si el parámetro es considerado una ventaja y con una D si fue considerado una desventaja.

Tabla XI. **Cuadro comparativo entre metodologías**

Parámetro	Método de ignición	Ventaja / Desventaja	Método de Walkley-Black	Ventaja / Desventaja
Tiempo	Más de 24 horas	D	8 horas	V
Equipo de laboratorio	No existente (horno-mufla)	D	Existente (erlenmeyer, buretas digitales, balanzas)	V
Reactivos	No usa	V	Existentes	D
Colaboradores	Necesarios	V	Necesarios	V
Numero de muestras analizadas por día	Restringido por la capacidad de la mufla	D	Como mínimo 120 muestras diarias según sea la necesidad	V
Calidad de los resultados	Aceptables	V	Aceptables	V

Fuente: elaboración propia.

Dado que la metodología de combustión húmeda de Walkley and Black fue considerada ventajosa en más parámetros y tomando en cuenta que este análisis es considerado de rutina dentro del laboratorio, que los resultados obtenidos en ambos métodos deben de ser similares y aceptables analizando especialmente la cantidad de muestras que se analizarán por días, se determina como el más indicado para iniciar el proceso de validación.

2.4. Validación del método

Se dividió en tres etapas, la primera fue la identificación de los requisitos específicos que necesita la metodología, la segunda fue la creación de toda la documentación necesaria para realizar la validación mientras que la tercera fue generar las instrucciones de trabajo que debe de seguir el analista para realizar la metodología bajo los parámetros establecidos.

2.4.1. Identificación del tipo de método a utilizar y los requisitos específicos

El método que se postulará para validar la metodología de análisis de materia orgánica en suelos es el de combustión humea de Walkley-Black, ya que, se cuenta con todos los requisitos específicos de esta metodología, tanto en reactivos, materiales y equipos, también se adecúa perfectamente al trabajo del laboratorio tanto en jornadas de trabajo, personal, materiales, etc. como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla XII. **Requisitos específicos de la metodología a validar**

Reactivos	<ul style="list-style-type: none">• Sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)• Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)• Ácido sulfúrico (H_2SO_4)• Ácido fosfórico (H_3PO_4)• Difenilamina ($\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}$)
------------------	--

Continuación de la tabla XII.

Materiales y cristalería	<ul style="list-style-type: none">• Erlenmeyers de 250 mL• Gotero• Beaker de vidrio de 400 mL• Balón volumétrico de 2 000 mL• Frascos de vidrio color ámbar de 2 500 mL
Equipos	<ul style="list-style-type: none">• Bureta digital de 50 mL• Balanza de precisión• Agitador magnético• Dispensadores de 10 y 50 mL• Tamiz No. 60• Campana extractora de gases• Magneto y varilla magnética• Recipientes de polietileno de 2 000 mL• Piseta plástica de 500 mL• Cronómetro digital
Colaboradores	<ul style="list-style-type: none">• Analista designado para la determinación de materia orgánica en suelos

Fuente: elaboración propia.

2.4.2. Documentación para la validación

La validación se realiza con el soporte de los documentos que a continuación se describen.

2.4.2.1. Título

Determinación de materia orgánica en suelos por el método volumétrico de Walkley y Black

2.4.2.2. Alcance

El método volumétrico se utilizará para la determinación indirecta de carbono orgánico aplicable para todas la muestra de control de suelo y demás muestras de suelo que recibe el laboratorio.

2.4.2.3. Principios químicos de la metodología para el análisis de las muestras

La muestra de suelo se trata con un volumen conocido de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) (10mL) que actúa como oxidante, en un medio fuertemente ácido de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado en una proporción estipulada (20mL).

El calor desprendido por la reacción del ácido sulfúrico (H_2SO_4) al diluirse con el agua favorece la acción del dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) para oxidar la materia orgánica. El exceso de oxidante se determina titulado con una solución de sulfato ferroso heptahidratado ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) que actúa como reductor. En la reacción se considera que el dicromato reducido es equivalente al carbono orgánico existente en la muestra de suelo y el exceso de dicromato es titulado con iones Fe^{2+} obtenidos a partir de una solución estandarizada de sulfato ferroso.

2.4.2.4. Reactivos y materiales

- Sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)
- Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- Ácido fosfórico (H_3PO_4)
- Difenilamina ($\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}$)
- Erlenmeyers de 250 mL
- Gotero
- Espátula metálica
- Beaker de vidrio de 400 mL
- Balón volumétrico de 2 000 mL
- Pichel de 2 000 mL

2.4.2.5. Aparatos y equipos

- Bureta digital de 50 mL
- Balanza semi analítica con una capacidad de 0,01 a 600 g
- Agitador magnético
- Dispensadores de 10 y 50 mL
- Tamiz No. 60
- Campana extractora de gases
- Magnetos y varilla magnética
- Frascos de vidrio color ambar de 2 500 mL
- Recipientes de polietileno de 2 000 mL
- Piseta plástica de 500 mL
- Cronometro digital

2.4.2.6. Muestreo

Se estimó el cálculo de la muestra de control de suelo que se analizará para realizar la validación, basándose en el principio de repetibilidad que debe de presentar, el cual indica que los resultados obtenidos para la muestra deben de presentar proximidad de concordancia entre los resultados de mediciones sucesivas que incluyen el método de medición, analista, instrumento de medición utilizado en iguales condiciones, lugar y con repetición en un corto período de tiempo que será de 3 días analizando 15 muestras cada uno de los días.

2.4.2.7. Calibración

La calibración de un instrumento de medida permite ver el nivel de error del aparato, para el análisis de materia orgánica en suelos por la metodología de Walkley and Black, la balanza y la bureta digital necesitan ser sujetos a un proceso de verificación para comprobar que no presenten nivel de error y en dado caso que sea mínimo.

- Para la balanza de precisión:
 - Verificar que el nivel que se encuentra en la parte frontal derecha de la balanza se encuentra centrado, si no es así, ajustarlo girando las perillas que se encuentran del lado izquierdo y derecho en la parte de enfrente de la balanza.
 - Para auto calibrar la balanza automáticamente presionar el botón CAL después de haber encendido la balanza y esperar a que se lleve a cabo la calibración.

- Para realizar el proceso de verificación primero se deben apuntar los datos de quien lo realiza, fecha, hora, etc., posteriormente con el set de masas certificadas que posee NaturAlab, realizar las mediciones (2 g, 10 g, y 200 g) y apuntar los datos en el formato, calcular las correcciones y la desviación estándar de las mediciones, este proceso se realizará una vez por día cuando se inicie a utilizar la balanza. (Ver figura 7).
- Para la bureta digital:
 - Establecer el volumen medio de 10 dispensaciones de 50 mL de agua desmineralizada a 20 °C.
 - Calcular el valor medio, el factor de corrección ($z = 1,0029 \mu\text{l}/\text{mg}$ a una temperatura de 20 °C), exactitud, coeficiente de variación y desviación estándar en el formato de verificación de la calibración de la balanza. Si la exactitud da un valor mayor a 1 mL realizar el procedimiento de calibración descrito a continuación.
 - Con la bureta digital encendida y la ayuda de un clip o la punta de un lapicero, presionar el interruptor de calibración a través del orificio, hasta que en la pantalla aparezca la palabra CAL.
 - Utilizando el botón ON como - y el botón RESET como + configurar el volumen medio calculado en la pantalla.
 - Guarde el nuevo valor pulsando el botón MODE, hasta que la palabra CAL quede fija en la pantalla.
 - El proceso de verificación se realizará una vez por semana mientras que el de calibración únicamente cuando los resultados de la verificación lo ameriten (exactitud > 1mL). (Ver figura 8).

Figura 7. Formato de verificación de balanza de precisión

NaturAlab Análisis de Sólidos y Líquidos		Formato de verificación y uso para balanza de precisión										NaturAcetes						
Analista:		Fecha:					Hora:											
#	Masa 2 [g]	Corrección:	Masa 20 [g]	Corrección:	Masa 200 [g]	Corrección:	Localización	Dato [g]	Punto central [g]	Diferencia con el punto central [g]	<table border="1"> <tr> <td>A</td> <td>B</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Centro</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>C</td> </tr> </table>		A	B	Centro		D	C
A	B																	
Centro																		
D	C																	
01							A											
02							B											
03							C											
04							D											
05							Observaciones:											
		Desviación estándar		Desviación estándar		Desviación estándar												
		Analista		Hora			Material pesado		Cantidad pesada			# de repeticiones						
01																		
02																		
03																		
04																		
05																		
06																		
07																		
08																		
09																		
10																		
Observaciones:																		
$\text{Corrección} = (\text{masas} - \text{dato obtenido})$ $\text{Desviación estándar} = \sqrt{\frac{\sum (x_{prom} - x)^2}{n}}$																		
Nota: la prueba de localización realizarla con la masa de 20g																		

Fuente: formatos de NaturAlab.

Figura 8. **Formato de registro para verificación y calibración de bureta digital**

 Registro de verificación y calibración de bureta digital DIGITRATE PRO 50 ML			
Analista: _____ Fecha: _____ Hora: _____			
<p>Instrucciones: realizar 10 dosificaciones de 50 mL de agua desmineralizada a 20 °C y anotar los valores. Posteriormente calcular el volumen medio, exactitud, desviación estándar y coeficiente de variación con las siguientes formulas. Si la exactitud es mayor a 1, realizar el procedimiento de calibración de la bureta digital.</p> $volumen\ medio = \frac{\sum Dosificaciones}{10} (Z) \quad Z = 1.0029 \mu L/mg \text{ para } 20 \text{ }^{\circ}C$ $exactitud = \frac{ volumen\ medio - 50 }{50} * 100$ $desviacion\ estandar = \sqrt{\frac{\sum (dosificacion_n - volumen\ medio)^2}{9}}$ $coeficiente\ de\ variacion = \frac{100 (desviacion\ estandar)}{volumen\ medio}$			
Dosificaciones 50 mL		Cálculos	
01		Volumen medio	
02		Exactitud	
03		Realizar proceso de calibración (exactitud > 1) (marcar con una X)	
04			
05		Si	No
06		Desviación estándar	
07			
08		Coeficiente de variación	
09			
10			
<p>Instrucciones para la calibración de la bureta digital.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Con la bureta digital encendida y la ayuda de un clip o la punta de un lapicero, presionar el interruptor de calibración a través del orificio, hasta que en la pantalla aparezca la palabra "CAL". • Utilizando el botón "ON" como "-" y el botón "RESET" como "+" configurar el volumen medio calculado en la pantalla. • Guarde el nuevo valor pulsando el botón "MODE", hasta que la palabra "CAL" quede fija en la pantalla. 			

Fuente: formatos de NaturAlab.

2.4.2.8. Procedimiento

De definió el siguiente procedimiento para la realización de la metodología de análisis de materia orgánica por medio de combustión húmeda de Walkley and Black:

Tabla XIII. **Procedimiento para determinar el porcentaje de materia orgánica en suelos**

NATURALAB			
TITULO DEL PROCEDIMIENTO:		Determinación del porcentaje de materia orgánica en suelos por medio del método de Walkley and Black.	
Inicia:	Auxiliar de molido secado y tamizado de suelos.	Termina:	Especialista de gestión.
Unidad	Puesto responsable	Paso No.	Actividad
Preparación de muestras	Auxiliar de secado molido y tamizado de suelos.	01	Secar, moler y tamizar con tamiz No. 60 la muestra de suelo.
Análisis de muestras	Analista de materia orgánica en suelos.	02	Identificar los erlenmeyers de 250 mL que se utilizarán para muestras de control y los que se utilizarán para blancos.
Análisis de muestras	Analista de materia orgánica en suelos.	03	Identificar erlenmeyers de 250 mL con el nombre de las muestras.
Análisis de muestras	Analista de materia orgánica en suelos.	04	Pesar 0,3 g de muestra de suelo y colocarlo en cada erlenmeyer de 250 mL.
Análisis de muestras	Analista de materia orgánica en suelos.	05	Adentro de la campana extractora de gases, agregar 10 mL de solución de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) a las muestras de suelo y blancos
Análisis de muestras	Analista de materia orgánica en suelos.	06	Agregar uno por uno a cada erlenmeyer, 20 mL de ácido sulfúrico ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) grado analítico y agitar manualmente durante 1 minuto, midiendo el tiempo con un cronómetro.
Análisis de muestras	Analista de materia orgánica en suelos.	07	Colocar los erlenmeyers sobre una superficie de asbesto o de madera para evitar pérdida de calor mientras se completa la

Continuación de la tabla XIII.

Unidad	Puesto responsable	Paso No.	Actividad
			reacción
Análisis de muestras	Analista de materia orgánica en suelos.	08	Agregar 150 mL de agua a cada erlenmeyer (el agua aclara la solución lo que permite apreciar el viraje).
Análisis de muestras	Analista de materia orgánica en suelos.	09	Agregar 10 mL de ácido fosfórico (H_3PO_4) grado analítico a cada erlenmeyer para evitar la interferencia con el hierro.
Análisis de muestras	Analista de materia orgánica en suelos.	10	Agregar 10 gotas de solución de difenilamina.
Análisis de muestras	Analista de materia orgánica en suelos.	11	Titular con solución de sulfato ferroso heptahidratado ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$). (el viraje es café – azul – verde).
Análisis de muestras	Analista de materia orgánica en suelos.	12	Las lecturas de los mL de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ gastados se registran en el formato control de lecturas de materia orgánica.
Análisis de datos	especialista de gestión	13	Llevar los registros de los datos al especialista de gestión para realizar la aprobación de los mismos.

Fuente: elaboración propia.

Para la recolección de los datos generados por el análisis de materia orgánica se creó un formato, donde se ingresará el valor obtenido en los blancos (un blanco en química analítica es una disolución que contiene todos los reactivos y soluciones al igual que las muestras a excepción del analito, en este caso la muestra de control de suelo), la muestra de control y ocho muestras posteriores analizadas, también se realizará el cálculo de la normalidad con la fórmula descrita en el formato.

Figura 9. Formato para el ingreso de datos de materia orgánica

Página 01 de 04		 NaturAlab Análisis de Suelos y Foliare																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"># Lab</th> <th style="width: 70%;">mL FeSO₄ x 7H₂O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Blanco</td><td></td></tr> <tr><td>Control</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> </tbody> </table>		# Lab	mL FeSO ₄ x 7H ₂ O	Blanco		Control		0		0		0		0		0		0		0		0		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;">Materia Orgánica</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Analista:</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Fecha:</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Bureta:</td> </tr> </table>		Materia Orgánica	Analista:	Fecha:	Bureta:										
# Lab	mL FeSO ₄ x 7H ₂ O																																						
Blanco																																							
Control																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
Materia Orgánica																																							
Analista:																																							
Fecha:																																							
Bureta:																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"># Lab</th> <th style="width: 70%;">mL FeSO₄ x 7H₂O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Blanco</td><td></td></tr> <tr><td>Control</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> </tbody> </table>		# Lab	mL FeSO ₄ x 7H ₂ O	Blanco		Control		0		0		0		0		0		0		0		0		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Normalidad</th> <th style="width: 50%;">Resultados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Blanco 1</td><td></td></tr> <tr><td>Blanco 2</td><td></td></tr> <tr><td>Normalidad</td><td style="text-align: center;">20/A</td></tr> <tr><td>A</td><td style="text-align: center;">Blanco 1 + Blanco 2</td></tr> <tr><td>A</td><td></td></tr> <tr><td>Normalidad</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Normalidad	Resultados	Blanco 1		Blanco 2		Normalidad	20/A	A	Blanco 1 + Blanco 2	A		Normalidad	
# Lab	mL FeSO ₄ x 7H ₂ O																																						
Blanco																																							
Control																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
Normalidad	Resultados																																						
Blanco 1																																							
Blanco 2																																							
Normalidad	20/A																																						
A	Blanco 1 + Blanco 2																																						
A																																							
Normalidad																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"># Lab</th> <th style="width: 70%;">mL FeSO₄ x 7H₂O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Blanco</td><td></td></tr> <tr><td>Control</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td></td></tr> </tbody> </table>		# Lab	mL FeSO ₄ x 7H ₂ O	Blanco		Control		0		0		0		0		0		0		0		0		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">Observaciones:</td> </tr> <tr><td style="height: 15px;"></td></tr> </table>		Observaciones:													
# Lab	mL FeSO ₄ x 7H ₂ O																																						
Blanco																																							
Control																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
0																																							
Observaciones:																																							

Fuente: formatos de NaturAlab

2.4.2.9. Cálculos

Para realizar la validación de la metodología de análisis de materia orgánica en suelos se utilizaron tres lotes de quince muestras de control de suelos cada uno (un lote es un grupo compuesto por varias muestras que se analizan en condiciones próximas a la repetibilidad) se analizaron durante 3 días diferentes y consecutivos por el mismo analista, utilizando las mismas soluciones y siguiendo el procedimiento definido por Walkley and Black para obtener los mililitros de solución de sulfato ferroso heptahidratado consumidos por muestra y posteriormente calcular el porcentaje de materia orgánica presente en las muestras de control de suelos. Los datos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla XIV. Datos mL sulfato ferroso heptahidratado consumidos

Muestra	mL FeSO ₄ ·7H ₂ O Lote 1	mL FeSO ₄ ·7H ₂ O Lote 2	mL FeSO ₄ ·7H ₂ O Lote 3
Blanco 1	10,2	10,24	10,23
Blanco 2	10,31	10,33	10,35
Control 1	7,22	7,2	7,21
Control 2	7,36	7,19	7,11
Control 3	7,25	7,1	7,14
Control 4	7,4	7,4	7,19
Control 5	7,23	7,17	7,16
Control 6	7,2	7,36	7,2
Control 7	7,37	7,03	7,14
Control 8	7,07	7,03	7,24
Control 9	7,38	7,09	7,18
Control 10	7,15	7,17	7,23
Control 11	7,29	7,12	7,27
Control 12	7,14	7,07	7,14
Control 13	7,05	7,25	7,12
Control 14	7,16	7,22	7,16
Control 15	7,28	7,05	7,17

Fuente: elaboración propia.

Después de realizar el procedimiento de análisis para las muestras se realizaron una serie de cálculos para obtener el porcentaje de materia orgánica en cada muestra de control de suelo por medio de la siguiente fórmula.

$$\text{Porcentaje de Materia Orgánica} = (10\text{mL K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{mL FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} * \text{normalidad})2,3$$

Donde

- $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ = dicromato de potasio
- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ = sulfato ferroso heptahidratado
- 2.3 = constante de la metodología de Walkley and Black
- Normalidad = exactitud de la metodología (se calcula utilizando la fórmula: $\text{normalidad} = \frac{20}{\text{blanco1} + \text{blanco2}}$), esta se debe de calcular para cada lote analizado generando los siguientes resultados:

Tabla XV. **Cálculo de la normalidad para cada lote**

normalidad lote 1 = $\frac{20}{10,2 + 20,31} = 0,98$
normalidad lote 2 = $\frac{20}{10,24 + 20,33} = 0,97$
normalidad lote 3 = $\frac{20}{10,23 + 20,35} = 0,97$

Fuente: elaboración propia.

Los datos de mililitros de sulfato ferroso heptahidratado de los tres lotes presentados en la tabla anterior ya convertidos en datos de porcentaje de materia orgánica existente en la muestra de control se presentan en la siguiente tabla, ya que, con estos datos se generará toda la estadística (exactitud,

precisión, media, varianza, desviación estándar, intervalo de confianza, límite de detección y límite de cuantificación) que servirán posteriormente para el control de la metodología.

Tabla XVI. **Porcentaje de materia orgánica en muestras de control**

Muestra	% de materia orgánica		
	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Control 1	6,81	6,90	6,88
Control 2	6,49	6,92	7,11
Control 3	6,74	7,12	7,04
Control 4	6,40	6,45	6,93
Control 5	6,78	6,97	7,00
Control 6	6,85	6,54	6,91
Control 7	6,47	7,28	7,04
Control 8	7,14	7,28	6,82
Control 9	6,45	7,14	6,95
Control 10	6,96	6,97	6,84
Control 11	6,65	7,08	6,75
Control 12	6,99	7,19	7,04
Control 13	7,19	6,79	7,09
Control 14	6,94	6,85	7,00
Control 15	6,67	7,23	6,97

Fuente: elaboración propia.

2.4.2.9.1. Exactitud

La exactitud estadística en esta metodología se puede representar por el cálculo de la normalidad que determina que sin la interacción de carbono orgánico presente en el suelo, la relación entre dicromato de potasio y el sulfato ferroso heptahidratado debe de ser uno o un número menor pero muy cercano a uno, pero nunca un número mayor a uno, la normalidad para la metodología de Walkley and Black se calcula dividiendo la constante 20 dentro de la suma de los 2 blancos que se tomaron para cada lote.

$$\text{normalidad} = \frac{20}{\text{Blanco 1} + \text{Blanco 2}}$$

Tabla XVII. **Tabla de datos exactitud**

Cálculo	Resultado
Normalidad lote 1	0,98
Normalidad lote 2	0,97
Normalidad lote 3	0,97

Fuente: elaboración propia.

2.4.2.9.2. Precisión

Se expresa normalmente como la desviación estándar de los resultados de los ensayos para los tres lotes de muestras de control. Una mayor imprecisión se traduce en una desviación estándar también mayor.

Se calculó la media para los datos de porcentaje de materia orgánica de los tres lotes de muestras de control, posteriormente se calculó la varianza y la desviación estándar a través de las fórmulas:

$$\text{media}_{\text{muestras de control de suelos}} = \frac{\sum \% \text{ de materia orgánica}_{\text{muestras de control de suelos}}}{45}$$

$$= \frac{\sum (\% \text{ de materia orgánica}_{\text{de cada muestra}} - \text{media}_{\text{muestras de control de suelos}})^2}{45}$$

$$\text{desviación estándar}_{\text{muestras}} = \sqrt{\text{varianza}_{\text{muestras}}}$$

Tabla XVIII. **Media, varianza y desviación estándar**

Cálculo	Resultado
Media para % de materia orgánica en las muestras de control de suelo	6,90 %
Varianza para % de materia orgánica en las muestras de control de suelo	0,05
Desviación estándar para % de materia orgánica en las muestras de control de suelo	0,22

Fuente: elaboración propia.

2.4.2.9.3. Linealidad

La linealidad no aplica en este tipo de metodología, ya que, la misma no tiene la capacidad de obtener resultados analíticos proporcionales a la concentración del analito.

2.4.2.9.4. Intervalo de confianza

Se calculó un intervalo de confianza de $2\sigma = 95\%$ y $1\sigma = 68\%$ con los datos obtenidos de media y desviación estándar, por medio de la siguiente fórmula:

$$(-2 * \sigma - \text{media} < \text{media} < +2 * \sigma + \text{media})$$

$$-2\sigma = 6,90 - (2 * 0,22) = 6,46 \%$$

$$-1\sigma = 6,90 - (1 * 0,22) = 6,68 \%$$

$$\text{media} = 6,90 \%$$

$$+1\sigma = 6,90 + (1 * 0,22) = 7,12 \%$$

$$+2\sigma = 6,90 + (2 * 0,22) = 7,34 \%$$

Tabla XIX. Intervalo de confianza

Cálculo	Resultado
-2 σ	6,46 %
-1 σ	6,68 %
Media	6,90 %
+1 σ	7,12 %
+2 σ	7,34 %

Fuente: elaboración propia.

Con este intervalo se podrá observar si la metodología se encuentra bajo control estadístico, dado que si los datos de porcentaje de materia orgánica para muestras de control de suelos que se encuentren entre este intervalo serán considerados como aceptados, tanto el control como las siguientes ocho muestras de análisis rutinario analizadas posteriormente del control. Mientras si se encuentran por fuera, los datos serán fuente de incerteza por lo cual se

enviarán a repetir con la diferencia que las muestras se analizarán por duplicado.

2.4.2.9.5. Límite de detección

Para la metodología de Walkley and Black está representado por la mínima cantidad que se puede cuantificar en las muestras analizadas sin presentar precisión en el resultado. Se calculará a partir de los datos de los 6 blancos que se midieron entre los tres lotes que se utilizaron para la validación, se calculó la media y la desviación estándar para ese conjunto de datos.

$$\text{media}_{\text{blancos}} = \frac{\sum 6 \text{ Blancos}}{6}$$

$$= \frac{\sum (\text{Blanco}_n - \text{media}_{\text{blancos}})^2}{6}$$

$$\text{desviación estándar}_{\text{blancos}} = \sqrt{\text{varianza}_{\text{blancos}}}$$

Tabla XX. **Tabla media y desviación estándar para blancos**

Media de los blancos	10,276
Varianza	0,0037
Desviación estándar de los blancos	0,061

Fuente: elaboración propia.

Después se calculó el valor del límite de detección para las muestras del análisis de materia orgánica por medio de la fórmula de límite de detección.

$$\text{Límite de detección} = \text{media blancos} + 3\sigma_{\text{blancos}} - \text{media muestras}$$

$$\text{Límite de detección} = 10,276 + 3(0,061) - 6,90 = 3,559$$

Tabla XXI. **Límite de detección**

Cálculo	Resultado
Límite de detección para las muestras	3,559 %

Fuente: elaboración propia.

Se determina que el límite de detección para los blancos analizados por la metodología de Walkley and Black es de 3 559 es el valor mínimo, que puede ser generado en el momento de una titulación de Walkley and Black sin presentar precisión en el resultado.

2.4.2.9.6. Límite de cuantificación

El límite de cuantificación para la metodología de Walkley and Black está representado por la mínima cantidad que se puede cuantificar en las muestras analizadas ya con precisión en el resultado. Se calculará a partir de los datos de los 6 blancos que se midieron entre los tres lotes que se utilizaron para la validación por medio de la fórmula del límite de cuantificación.

$$\text{Límite de cuantificación} = \text{media blancos} + 10\sigma_{\text{blancos}} - \text{media muestras}$$

$$\text{Límite de cuantificación} = 10 276 + 10(0,061) - 6,90 = 3,986$$

Tabla XXII. **Límite de cuantificación**

Cálculo	Resultado
Límite de cuantificación para las muestras	3 986 %

Fuente: elaboración propia

Se determina que límite de cuantificación para las muestras analizadas por la metodología de Walkley and Black es entre 3 986 %. Este es el valor mínimo que puede ser generado en el momento de una titulación de Walkley and Black presentando ya precisión en el resultado.

2.4.3. Instrucciones para usuarios de la metodología

Se creó un conjunto de instrucciones que deberá de seguir el analista de materia orgánica en suelos al momento de realizar el análisis, para esto se creó un documento que fue utilizado al momento de realizar la capacitación del análisis con el analista.

2.4.3.1. Documento de inducción para analista

Tiene como finalidad explicar la metodología para el análisis de materia orgánica en suelos, en donde se justifica la razón por la que debe realizarse el análisis, importancia y desventajas, teniendo presentes los requisitos (reactivos, equipos, materiales, cristalería) y las instrucciones de cómo preparar las soluciones y como realizar el análisis en las muestras.

Figura 10. Documento de inducción para analista de materia orgánica

					
<h2>Inducción al método de determinación de materia orgánica para análisis de suelos, con la metodología “Walkley & Black”</h2>					
<p>Justificación de la metodología</p> <p>La materia orgánica es una parte activa muy importante del suelo que está constituida por compuestos de origen biológico. La mayor cantidad de materia orgánica presente en el suelo procede de las raíces y partes aéreas de las plantas y una menor cantidad de residuos y desechos de animales. La mayoría de suelos cultivados únicamente contienen del uno al cinco por ciento de materia orgánica (en los primeros 25 cm de suelo), la cual está constituida principalmente por carbono (aproximadamente 58% en peso) y cantidades menores de hidrógeno; también contiene oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo y sustancias orgánicas como ligninas, aminoácidos, celulosa, aceites, ceras y taninos. La materia orgánica bruta, sigue un ciclo mediante el cual se logra la completa mineralización de esta, hasta lograr la formación del humus, la cual es la fracción más o menos estable de la materia orgánica, constituido por ácidos húmicos, polisacáridos y azúcares. El proceso de descomposición es resultado del proceso natural de las bacterias, hongos y otros microorganismos, que motivan cambios por su acción biológica.</p>		<p>Primera Versión</p> <p>Abril 2013</p> <p>Puntos de interés especial:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Justificación de la metodología . * Importancia y desventajas de la materia orgánica en suelos. * Requisitos. * Instrucciones para preparación de las soluciones. * Sulfato ferroso heptahidratado * Dicromato de potasio. * Difenilamina. * instrucciones para tratar las muestras. 			
<p>Importancia y desventajas de la materia orgánica en suelos</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top; width: 33%;"> <p>Importancia:</p> <p>Mejora la capacidad de Intercambio catiónico (100 a 300 meq/100 g de suelo).</p> <p>Mejora la capacidad buffer.</p> <p>Es fuente de nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre, etc.</p> </td> <td style="vertical-align: top; width: 33%;"> <p>Baja la densidad aparente del suelo, lo que mejora la retención de agua disponible.</p> <p>Reduce la erosion.</p> <p>Regula la temperatura, reduciendo la evaporación.</p> <p>Fomenta la actividad microbiana.</p> </td> <td style="vertical-align: top; width: 33%;"> <p>Desventajas:</p> <p>Es hospedero de plagas y enfermedades, si no se maneja adecuadamente</p> <p>Puede liberar fitotoxinas (toxinas que afectan las plantas)</p> <p>Puede existir alelopatía (sustancias que no dejan crecer a otras plantas)</p> </td> </tr> </table>			<p>Importancia:</p> <p>Mejora la capacidad de Intercambio catiónico (100 a 300 meq/100 g de suelo).</p> <p>Mejora la capacidad buffer.</p> <p>Es fuente de nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre, etc.</p>	<p>Baja la densidad aparente del suelo, lo que mejora la retención de agua disponible.</p> <p>Reduce la erosion.</p> <p>Regula la temperatura, reduciendo la evaporación.</p> <p>Fomenta la actividad microbiana.</p>	<p>Desventajas:</p> <p>Es hospedero de plagas y enfermedades, si no se maneja adecuadamente</p> <p>Puede liberar fitotoxinas (toxinas que afectan las plantas)</p> <p>Puede existir alelopatía (sustancias que no dejan crecer a otras plantas)</p>
<p>Importancia:</p> <p>Mejora la capacidad de Intercambio catiónico (100 a 300 meq/100 g de suelo).</p> <p>Mejora la capacidad buffer.</p> <p>Es fuente de nutrientes como nitrógeno, fósforo, azufre, etc.</p>	<p>Baja la densidad aparente del suelo, lo que mejora la retención de agua disponible.</p> <p>Reduce la erosion.</p> <p>Regula la temperatura, reduciendo la evaporación.</p> <p>Fomenta la actividad microbiana.</p>	<p>Desventajas:</p> <p>Es hospedero de plagas y enfermedades, si no se maneja adecuadamente</p> <p>Puede liberar fitotoxinas (toxinas que afectan las plantas)</p> <p>Puede existir alelopatía (sustancias que no dejan crecer a otras plantas)</p>			

Continuación de la figura 10.

Página 2	Inducción al método de determinación de materia orgánica para análisis de suelos, con la metodología							
	<p>Requisitos</p> <table border="0"> <tr> <td data-bbox="483 562 706 850"> <p>Reactivos</p> <p>Sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)</p> <p>Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)</p> <p>Ácido sulfúrico (H_2SO_4)</p> <p>Ácido fosfórico (H_3PO_4)</p> <p>Difenilamina ($\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}$)</p> </td> <td data-bbox="730 562 950 819"> <p>Balanza semi analítica (con capacidad de 0.01 a 3100 g)</p> <p>Dispensadores de 10 y 50 mL</p> <p>Tamiz No. 60</p> <p>Horno deshidratador</p> <p>Campana extractora de gases</p> </td> <td data-bbox="974 562 1201 903"> <p>Magneto</p> <p>Beaker de vidrio de 400 mL</p> <p>Balón volumétrico de 2,000 mL</p> <p>Frascos de vidrio color ámbar de 2,500 mL</p> <p>Recipientes de polietileno de 2000 mL</p> <p>Piseta plástica de 500 mL</p> <p>Papel mayordomo</p> <p>Cronómetro digital</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="483 903 706 987"> <p>Equipo</p> <p>Bureta digital de 50 mL</p> <p>Agitador magnético</p> </td> <td data-bbox="730 850 950 987"> <p>Materiales y Cristalería</p> <p>Erlenmeyers de 250 mL</p> <p>Gotero</p> <p>Espátula metálica</p> </td> <td></td> </tr> </table> <p>Instrucciones para la preparación de las soluciones:</p> <p>Sulfato ferroso heptahidratado</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pesar en balanza semi analítica 560 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ grado analítico. 2. Disolverlo en recipiente de plástico de 2000 mL con un poco de agua desmineralizada. 3. Agregar 60 mL de H_2SO_4 grado analítico. 4. Poner en agitador 5. Aforar a 2 L con agua desmineralizada. <div style="display: flex; justify-content: space-around;">    </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>		<p>Reactivos</p> <p>Sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)</p> <p>Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)</p> <p>Ácido sulfúrico (H_2SO_4)</p> <p>Ácido fosfórico (H_3PO_4)</p> <p>Difenilamina ($\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}$)</p>	<p>Balanza semi analítica (con capacidad de 0.01 a 3100 g)</p> <p>Dispensadores de 10 y 50 mL</p> <p>Tamiz No. 60</p> <p>Horno deshidratador</p> <p>Campana extractora de gases</p>	<p>Magneto</p> <p>Beaker de vidrio de 400 mL</p> <p>Balón volumétrico de 2,000 mL</p> <p>Frascos de vidrio color ámbar de 2,500 mL</p> <p>Recipientes de polietileno de 2000 mL</p> <p>Piseta plástica de 500 mL</p> <p>Papel mayordomo</p> <p>Cronómetro digital</p>	<p>Equipo</p> <p>Bureta digital de 50 mL</p> <p>Agitador magnético</p>	<p>Materiales y Cristalería</p> <p>Erlenmeyers de 250 mL</p> <p>Gotero</p> <p>Espátula metálica</p>	
<p>Reactivos</p> <p>Sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)</p> <p>Dicromato de potasio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)</p> <p>Ácido sulfúrico (H_2SO_4)</p> <p>Ácido fosfórico (H_3PO_4)</p> <p>Difenilamina ($\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}$)</p>	<p>Balanza semi analítica (con capacidad de 0.01 a 3100 g)</p> <p>Dispensadores de 10 y 50 mL</p> <p>Tamiz No. 60</p> <p>Horno deshidratador</p> <p>Campana extractora de gases</p>	<p>Magneto</p> <p>Beaker de vidrio de 400 mL</p> <p>Balón volumétrico de 2,000 mL</p> <p>Frascos de vidrio color ámbar de 2,500 mL</p> <p>Recipientes de polietileno de 2000 mL</p> <p>Piseta plástica de 500 mL</p> <p>Papel mayordomo</p> <p>Cronómetro digital</p>						
<p>Equipo</p> <p>Bureta digital de 50 mL</p> <p>Agitador magnético</p>	<p>Materiales y Cristalería</p> <p>Erlenmeyers de 250 mL</p> <p>Gotero</p> <p>Espátula metálica</p>							



Continuacion de la figura 10.

Primera Versión		Página 3
Dicromato de potasio		
1. Pesarse en balanza semi analítica 100 g de $K_2Cr_2O_7$.	3. Pesarse de los 100 g de $K_2Cr_2O_7$ deshidratados, 98.08 g en balanza semi analítica.	4. Disolver en recipiente plástico de 2000 mL con agua desmineralizada y poner a agitar.
		
2. Secar en horno deshidratador a 105 °C durante 2 horas		5. Aforar con agua desmineralizada en balón de 2 L.
		
Difenilamina		
1. Pesarse 10 g de difenilamina grado analítico.	3. Agregar 2000 mL de H_2SO_4 concentrado.	4. Mezclar bien.
		
2. Agregar 400 mL de agua desmineralizada.		
		



Continuacion de la figura 10.

Instrucciones para tratar las muestras

La muestra de suelo secarla y tamizarla con tamiz No. 60.



Identificar los erlenmeyers y pesar 0.3 g de suelo y colocarlo en cada erlenmeyer de 250 mL.



Dentro de la campana extractora de gases agregar 10 mL de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) a todas las muestras de control de suelos y blancos.



Adentro de la campana extractora de gases agregar uno por uno a cada erlenmeyer, 20 mL de ácido sulfúrico ($FeSO_4 \times 7H_2O$) grado analítico y agitar manualmente durante 1 minuto, midiendo el tiempo con cronómetro.



Colocar los erlenmeyers sobre una superficie de asbesto o de madera para evitar pérdida de calor mientras se completa la reacción.



Agregar 150 mL de agua (el agua aclara la solución lo que permite apreciar el viraje).



Agregar 10 mL de ácido fosfórico (H_3PO_4) grado analítico para evitar la interferencia con el hierro.



Agregar 10 gotas de difenilamina.



Titular con sulfato ferroso heptahidratado $FeSO_4 \times 7H_2O$. El viraje es de café-azul a verde.



Fuente: formato de Naturalab.

2.4.3.2. Diagrama de flujo de procedimiento

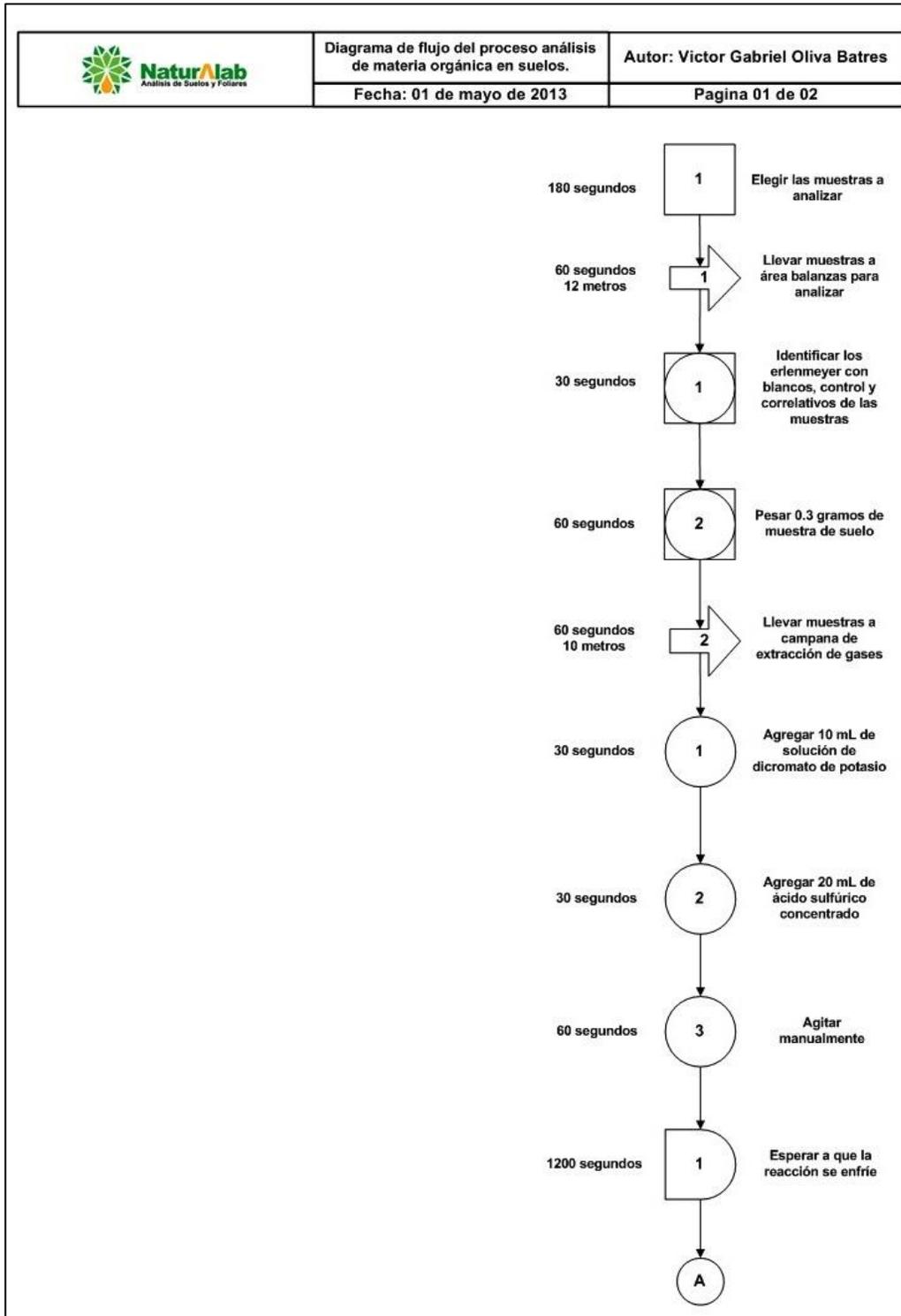
Se realizó para la determinación del porcentaje de materia orgánica presente en las muestras de suelo, se creó lista ordenada de las operaciones del proceso con la información que se consideró necesaria, la distancia recorrida por el operario, medida en metros y el tiempo estándar que le tomaba analizar las muestras. Este tiempo estándar se calculó utilizando el método continuo de lectura de reloj para 48 mediciones en las operaciones que duraban más de 30 segundos y 90 mediciones para las operaciones que duraban menos de 30 segundos cada una como lo recomienda la tabla XXI, el estudio se realizó durante cuatro días consecutivos en horarios alternos, dos en la mañana y dos en la tarde cuando el analista ya tenía la experiencia suficiente para considerar que realizaba el trabajo estandarizado, apéndice # 1.

Tabla XXIII. **Número recomendado de ciclos de observación**

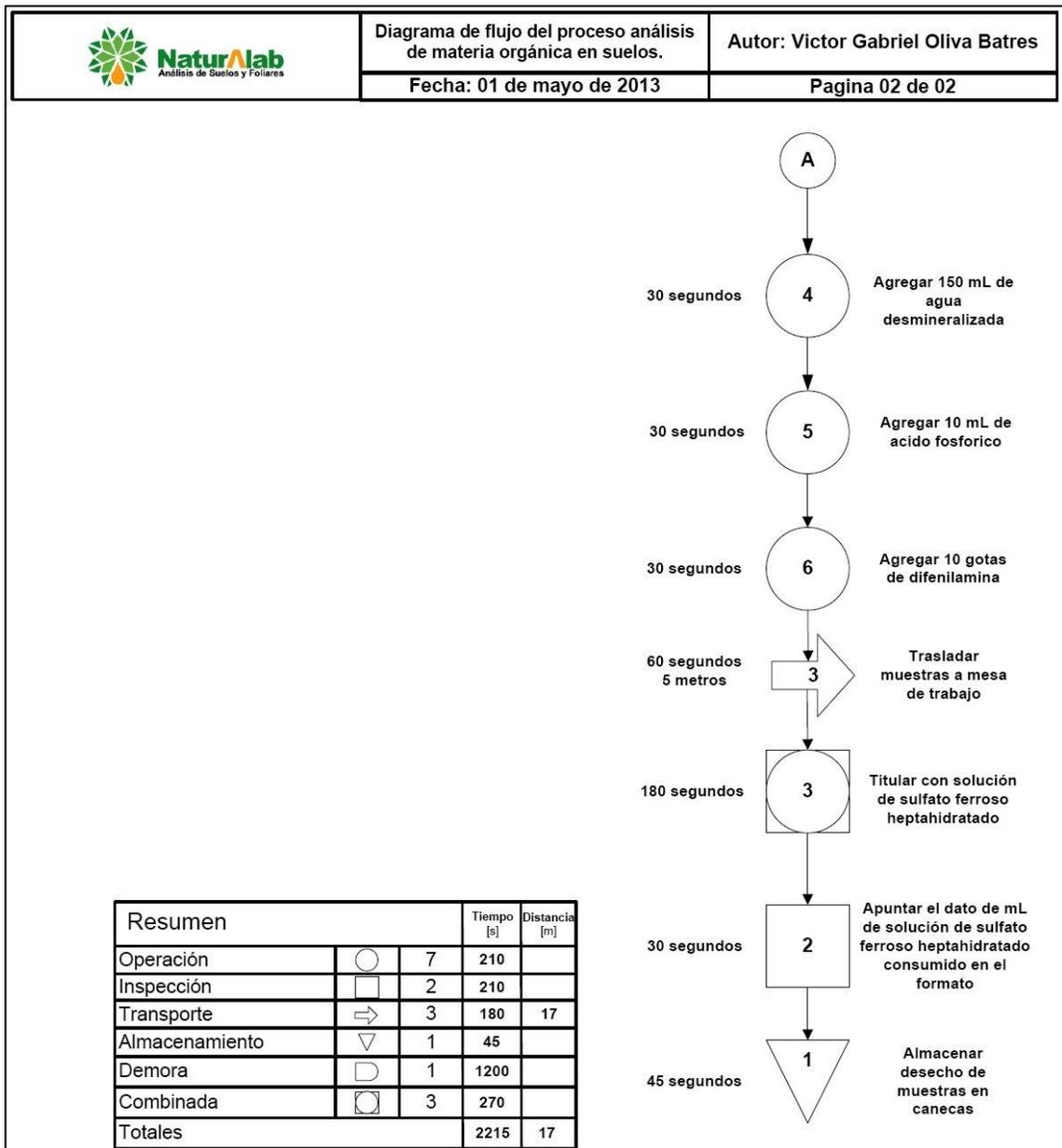
Tiempo de ciclo en minutos	Número recomendado de observaciones
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2,00 – 5.00	15
5,00 – 10,00	10
10,00 – 20,00	8
20,00 – 40,00	5
40,00 – más	3

Fuente: NIEBEL, BENJAMIN Y FREIVALDS, ANDRIS, *Ingeniería Industrial*. p. 393

Figura 11. Diagrama de flujo del procedimiento



Continuación de la figura 11.

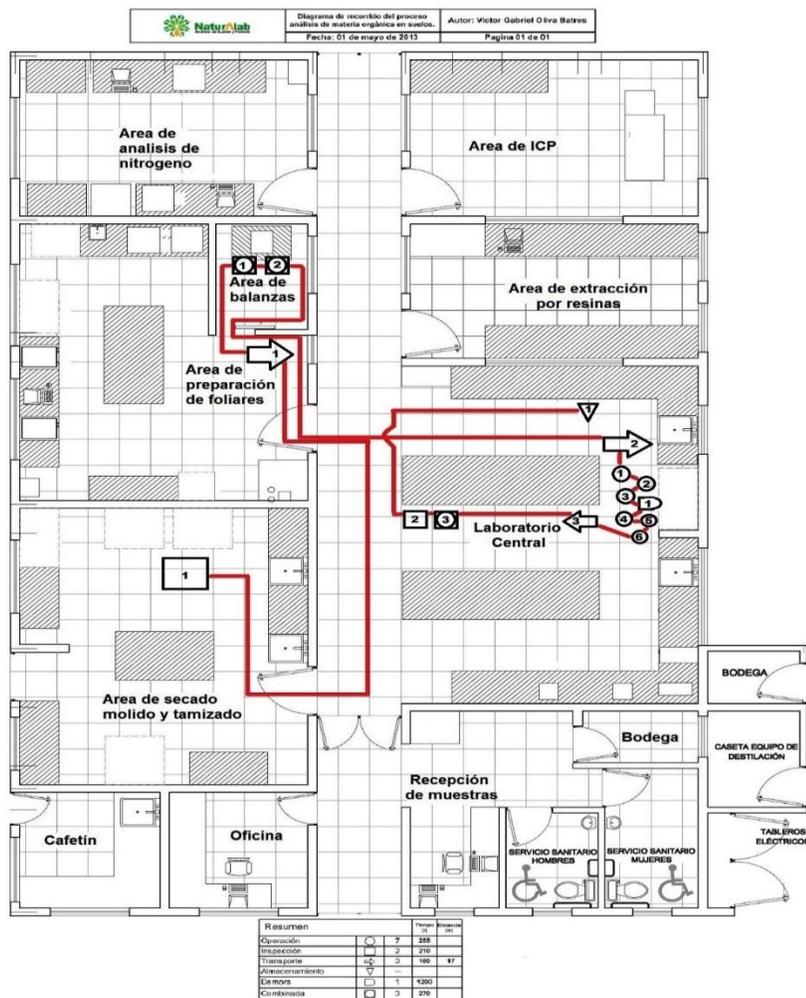


Fuente: formato Naturalab.

2.4.3.3. Diagrama de recorrido

Se creó un diagrama de recorrido para mostrar el movimiento que realiza el analista de materia orgánica en suelos, dentro del laboratorio para llevar a cabo el trabajo.

Figura 12. Diagrama de recorrido para la metodología de análisis de materia orgánica en suelos



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD.

2.5. Supervisión y control del funcionamiento del método

Se planteó que para la realización de la supervisión del método se verificará el análisis de la muestra de control de suelos para la metodología, durante un periodo de 4 semanas hábiles de trabajo ya rutinario dentro del laboratorio. Por medio del especialista de sistema de gestión de calidad y el analista de materia orgánica en suelos se recaudaron los datos y generaron gráficas de control, para observar que la muestra se encontrará dentro del intervalo de confianza definido.

2.5.1. Realización de controles de calidad para la metodología para vigilar el cumplimiento

Se revisó el cumplimiento de la metodología durante el análisis ya rutinario del laboratorio. Se verificaron muestras durante 20 días (4 semanas laborales) analizando 90 muestras diarias por lo cual se contaba con 9 controles diarios. Los datos del análisis para controles y blancos se ingresaron en el siguiente formato donde se recolectan los datos de mL de sulfato ferroso heptahidratado consumidos en blancos y muestras de control y la segunda con los datos ya calculados del porcentaje de materia orgánica por medio de la formula.

Estos datos se ingresarán en la gráfica de controles construida con los intervalos de confianza determinados. Los cuales se presentan en el apéndice 2.

Figura 13. **Formato para ingreso de datos de sulfato ferroso heptahidratado consumidos en muestras de control y cálculo del porcentaje de materia orgánica para las mismas**

		Ingreso de mL de sulfato ferroso heptahidratado consumidos en muestras de control de suelos								
		Mes:			Analista:				Página 1 de 2	
mL de sulfato ferroso heptahidratado consumidos										
Muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
Blanco 1										
Blanco 2										
Normalidad										
Control 1										
Control 2										
Control 3										
Control 4										
Control 5										
Control 6										
Control 7										
Control 8										
Control 9										
mL de sulfato ferroso heptahidratado consumidos										
Muestra	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20
Blanco 1										
Blanco 2										
Normalidad										
Control 1										
Control 2										
Control 3										
Control 4										
Control 5										
Control 6										
Control 7										
Control 8										
Control 9										

Fuente: formatos de NaturAlab.

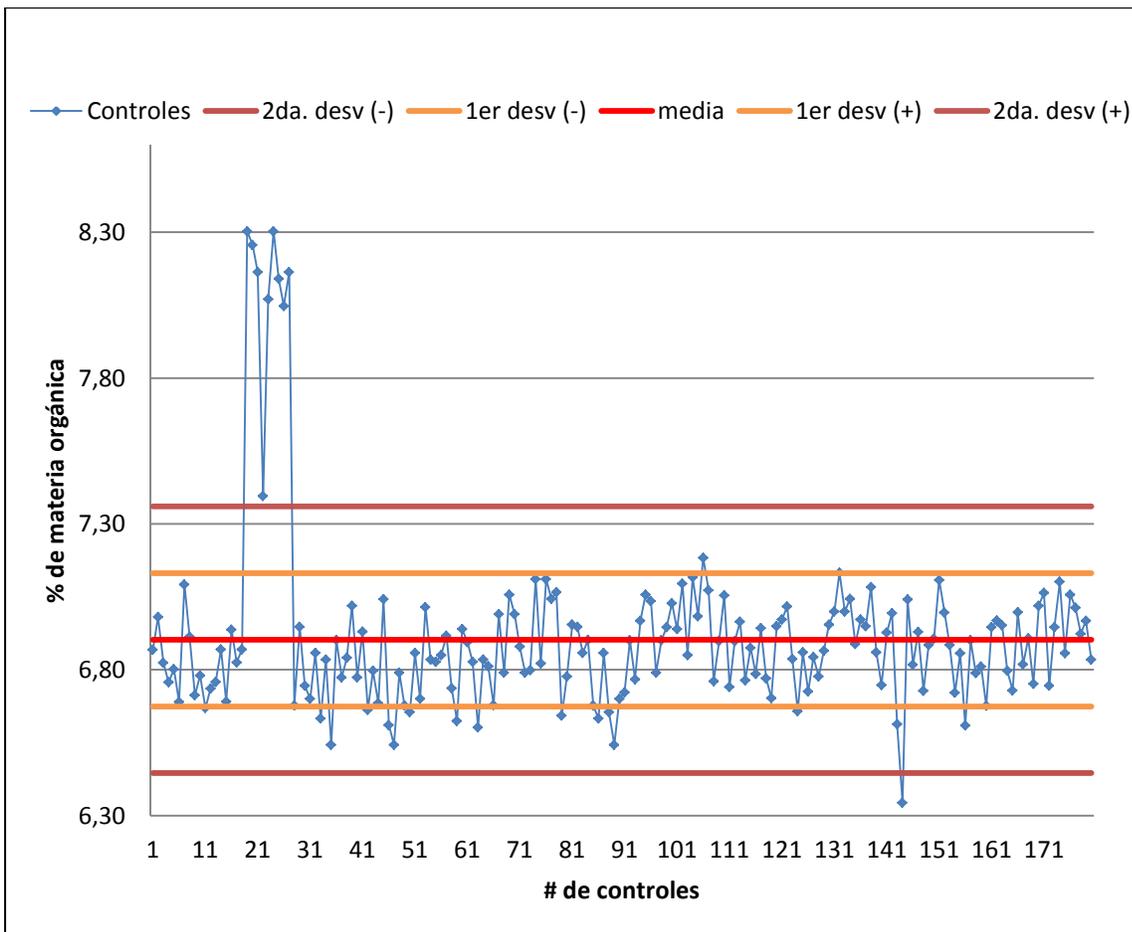
Continuación de la figura 13.

 NaturAlab Análisis de Suelos y Foliare		Ingreso del % de materia orgánica en muestras de control de suelos								
Mes:		Analista:							Página 2 de 2	
Utilizando los datos de la página anterior (página 1 de 2), y la siguiente formula, calcular el % de materia orgánica para las muestras de control de suelos. $\% \text{ Materia Organica} = (10\text{mL } K_2Cr_2O_7 - \text{mL } FeSO_4 \cdot 7H_2O * \text{normalidad})2.3$										
% de materia orgánica										
Muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
Control 1										
Control 2										
Control 3										
Control 4										
Control 5										
Control 6										
Control 7										
Control 8										
Control 9										
% de materia orgánica										
Muestra	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20
Control 1										
Control 2										
Control 3										
Control 4										
Control 5										
Control 6										
Control 7										
Control 8										
Control 9										

Fuente: formatos de NaturAlab.

Con los 180 datos generados por el análisis de muestra de control de suelos para los 20 días hábiles laborales donde se supervisó el funcionamiento de la metodología se generó una gráfica de control X (o gráfica de control para medias) utilizando como límites de control el rango de -2σ a $+2\sigma$ para las muestras.

Figura 14. **Gráfica de control de los datos para verificar el cumplimiento de la metodología**



Fuente: elaboración propia.

2.5.2. Examinar el método y propuesta de cambios

Al inspeccionar la metodología para análisis de materia orgánica en muestras de control de suelos de Walkley and Black, se determinó que al momento de presentarse una variación en la determinación como se observó en la gráfica de control realizada para los primeros 20 días de análisis rutinario de la metodología en el laboratorio, se deberá de realizar una lluvia de ideas, un diagrama de Ishikawa y uno de Pareto, para así poder generar, verificar y ponderar los porqués de estas situaciones, y posteriormente priorizarlos para así poder generar estrategias de solución, eliminar los errores lo antes posible ya que, generaban pérdidas de tiempo, reactivos, soluciones e incrementan los peligros a los que se exponen los equipos y principalmente el analista.

Por otro lado se determinó por medio de entrevistas con el jefe del laboratorio y el especialista químico que el análisis de determinación de materia orgánica en suelos realizado con la metodología de Walkley-Black, provee de resultados precisos en el tiempo deseado. También se determinó que el análisis de materia orgánica para suelos se podría realizar alternativamente por medio de un analizador elemental de tipo orgánico CHN-600, con el que cuenta el laboratorio y tomando en cuenta que este equipo podría generar datos aún más precisos pero a costa de un mayor tiempo de análisis por muestra y de un costo mucho más elevado. Toda esta información se resume en la siguiente tabla:

Tabla XXIV. **Comparación entre metodologías**

Parámetro	Método de Dumas (CHN-600)	Ventaja / Desventaja	Método de Walkley-Black	Ventaja / Desventaja
Tiempo	Más de 10 horas	D	8 horas	V
Equipo de laboratorio	Existente (analizador elemental orgánico CHN-600)	V	Existente (erlenmeyer, buretas digitales, balanzas)	V
Reactivos	Existentes pero demasiado costosos	D	Existentes	V
Colaboradores	Necesarios	V	Necesarios	V
Número de muestras analizadas por día	Restringido por la capacidad del analizador elemental	D	Como mínimo 120 muestras diarias, según sea la necesidad	V
Calidad de los resultados	Más precisos	V	Aceptables	D

Fuente: elaboración propia.

Por lo cual se concluye que la metodología de análisis de Walkley and Black presenta más ventajas sobre la del método de Dumas, por medio de analizador elemental CHN-600 y que por el momento la que más se acomoda a las necesidades de NaturAlab y se recomienda seguir utilizándola para realizar este tipo de análisis en muestras de suelo.

2.6. Costo de la implementación de la propuesta

La implementación del proyecto incluye la realización de la señalización industrial que se colocó dentro del laboratorio, ya que, el mismo no contaba con estas. Para lo cual se realizó una cotización, para ser presentada como propuesta, la cual asciende a la suma de Q 1 770.72 por el total de 27 señales para ser distribuidas en todo el laboratorio, estas fabricadas en material de PVC de 3 mm de ancho, impresión de alta resolución y laminación transparente.

Además se generó una tabla del gasto en reactivos para el análisis de las muestras de la validación que en total suman 225 muestras y 51 blancos para un total de 271.

Tabla XXV. **Análisis de costos para reactivos análisis de materia orgánica en suelos**

Análisis de costos para reactivos análisis de materia orgánica en suelos				
Reactivo	Presentación	Precio	Cantidad	Total
Ácido fosfórico	Frasco de 2,5 L	Q 250,00	2 frascos	Q 500,00
Ácido sulfúrico	Frasco de 2,5 L	Q300,00	4 frascos	Q 600,00
Dicromato de potasio	Bote de 500 g	Q 938,00	1 botes	Q 938,00
Sulfato ferroso heptahidratado	Bote de 1 Kg	Q 630,00	2 botes	Q 1260,00
Difenilamina	Frasco de 100 g	Q 550,00	1 frasco	Q 550,00
Agua desmineralizada	1 garrafón	Q 15,00	3 garrafones	Q 45,00
Señalización para el laboratorio				Q 1770,72
Totales	Q 6,923.72			

Fuente: elaboración propia.

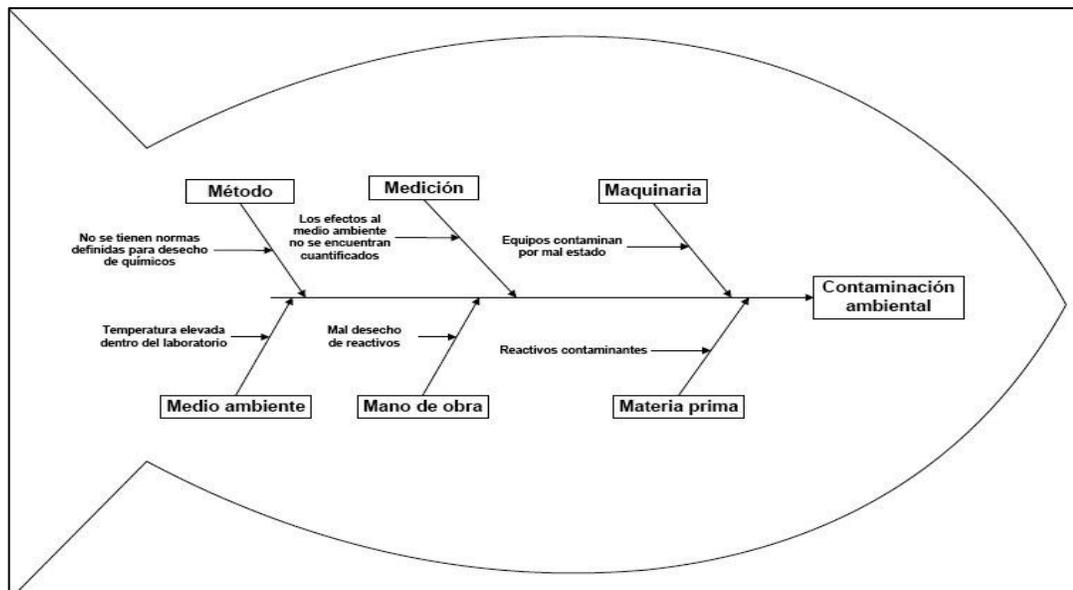
Para generar un total de inversión en el proyecto de Q 6923,72. Al tipo de cambio del día 30 de mayo de 2014 (1 quetzal = 7.78525 dólares) \$ 889,34

3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PROPUESTA PARA EL MANEJO DE DESECHOS QUÍMICOS DEL LABORATORIO APLICANDO PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

3.1. Consecuencias ambientales generadas por el mal desecho de productos químicos

Se generó un diagrama de Ishikawa para priorizar las posibles causas que generan contaminación ambiental en los alrededores del laboratorio por causa del mal manejo de desechos.

Figura 15. Diagrama de Ishikawa para diagnóstico de contaminación ambiental



Fuente: elaboración propia.

Del diagrama de Ishikawa, se diagnosticó que la causa raíz del efecto es el método, ya que, no se tienen definidas normas para el desecho de los reactivos químicos, por lo cual se creó un plan para el correcto manejo de desechos para el laboratorio.

El impacto ambiental es la alteración, modificación o cambio realizado en el ambiente por los efectos de la acción o actividad humana, en este caso desechos químicos o residuos peligrosos dado que estos por las características corrosivas, reactivas, oxidantes, irritantes, tóxicas, representan un peligro para el equilibrio ecológico o al ambiente. La clasificación de residuos químicos es el primer paso para realizar un correcto manejo desechos químicos dentro del laboratorio. Estos se pueden clasificar generalmente en:

Tabla XXVI. **Tabla clasificación de desechos químicos generado en NaturAlab**

Carcinógeno:	Son sustancias que pueden producir cáncer como el dicromato de potasio.
Combustible	Pueden liberar energía cuando se oxida violentamente, generando calor como la difenilamina.
Corrosivo:	Son sustancias que destruyen tejidos vivos al entrar en contacto con ellos como los ácidos (ácido nítrico, ácido sulfúrico, ácido fluorhídrico, etc.),
Irritante:	Son sustancias que pueden causar reacción inflamatoria al contacto con la piel, ojos o las mucosas, como las sales sulfato ferroso heptahidratado, dicromato de potasio o los orgánicos difenilamina.

Continuación de la tabla XXVI.

Nocivo:	Puedan causar riesgos de gravedad limitada para la salud como el ácido clorhídrico, fosfórico o los peróxidos de hidrógeno.
Oxidante:	Son sustancia que oxidan químicamente a otras sustancias como el dicromato de potasio.
Peligroso para el medio ambiente:	Pueden presentar un riesgo para el medio ambiente por ejemplo dicromato de potasio, difenilamina.
Reactivo:	Pueden producir reacciones de tipo físico o químico al interactuar con otras sustancia como el ácidos nítrico, fosfórico, sulfúrico, etc.
Residuos no peligrosos	Son los residuos que no pueden considerarse peligrosos y que por lo tanto pueden ser vertidos a las aguas residuales o a un vertedero, sin tratamientos previos de ninguna clase, como por ejemplo el agua.
Tóxico:	Pueden causar riesgos graves, agudos o crónicos a la salud e incluso la muerte como el ácido fluorhídrico, nítrico o sulfúrico y las sales como dicromato de potasio.

Fuente: elaboración propia

Generalmente se emplean grandes cantidades de agua para el desecho de químicos si se hace de manera correcta y consciente, ya que, estos contaminantes pueden representar un peligro si se descargan directamente a los ríos y acuíferos subterráneos, especialmente si incluyen materiales tóxicos, compuestos carcinogénicos, sólidos suspendidos, etc. Los recursos hídricos freáticos y superficiales también pueden ser afectados negativamente por las

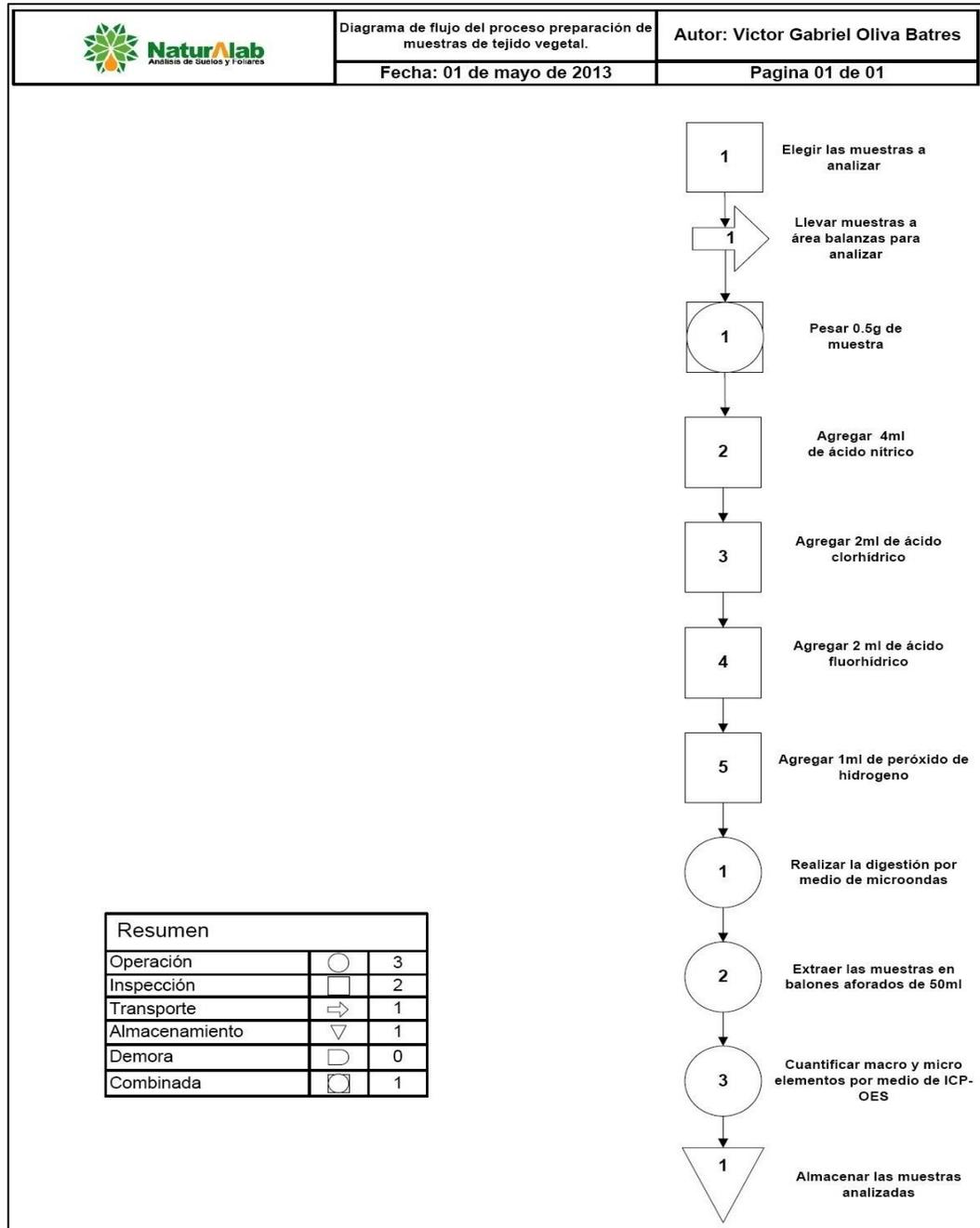
precipitaciones pluviales provenientes de áreas de descarga y procesamiento de los productos, tuberías, agua de lavado y limpieza o derrames causales.

3.2. Procedimientos que utilizan químicos

De los procedimientos realizados en el laboratorio se escogió el análisis de materia orgánica en suelos que se realiza por medio de la metodología de Walkley and Black y el tejido vegetal (foliar o raquis) que se realiza mediante un método de digestión acida a través de microondas.

El método de digestión acida a través de microondas se realiza pesando 0.50 gramos de muestra previamente molida de tejido vegetal, y agregando 4mL de ácido nítrico, 2 mL ácido fluorhídrico, 2 mL ácido clorhídrico y 1mL de peróxido de hidrogeno, para después llevar a un microondas (Antón Paar Microwave 3 000), que a presión y temperatura controladas (no mayor a 10 bares y 100 °C respectivamente) realiza la digestión de este tejido, para el posterior extracción en balones aforados de plástico hasta tener cada muestra aforada en 50 mL. Posteriormente estas muestras son cuantificadas en un espectrofotómetro de emisión atómica ICP-OES el cual se utiliza para determinar la cantidad de nutrientes químicos importantes (azufre, boro, calcio, cobre, fósforo, hierro, magnesio, manganeso, níquel, potasio y zinc) en el tejido vegetal de la palma. Como se muestra en el siguiente diagrama de flujo del procedimiento.

Figura 16. Figura diagrama de flujo del procedimiento para preparación de muestras de tejido vegetal



Fuente: formato Naturalab.

3.3. Descripción de los químicos a utilizar

En las siguientes tablas se presenta una descripción de las principales propiedades químicas de los reactivos a utilizar para realizar el análisis de materia orgánica en suelos y el tejido vegetal, fueron considerados los aspectos más relevantes, como lo son el grupo químico al que pertenecen, la concentración o grado de pureza del reactivo, pH, temperaturas de ebullición y de fusión, clasificaciones por las características reactivas, ficha NFPA (*National Fire Protection Association* o Asociación Nacional de Protección contra el Fuego) riesgos para los seres vivos, estabilidad química e incompatibilidades con otras sustancias químicas.

Tabla XXVII. Descripción ácido clorhídrico

Ácido clorhídrico	
Grupo químico	Ácido inorgánico
Concentración	37 %
pH	-1.1, 0,1 solución acuosa a 20 °C
Temperatura ebullición	108.6°C
Temperatura fusión	-30 °C solución acuosa al 37 %
Riesgo principal	Corrosivo
Riesgo secundario	Nocivo y reactivo
NFPA	
Inflamabilidad	No combustible
Cancerígeno	No hay evidencia
Mutágeno	No hay evidencia
Teratógeno	En estudio con animales
Estabilidad química	Moderada estabilidad
Incompatibilidad	Bases fuertes como el sodio hidróxido (reacción violenta y generación de calor). Explosivos (contacto puede generar calor y detonación).

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. Descripción ácido fluorhídrico

Ácido fluorhídrico	
Grupo químico	Ácido inorgánico, compuesto inorgánico de flúor
Concentración	48,0 %
pH	1,0 solución a 25 °C
Temperatura ebullición	108 °C solución acuosa al 48 %
Temperatura fusión	36 °C solución acuosa al 48 %
Riesgo principal	Corrosivo y tóxico
Riesgo secundario	Reactivo
NFPA	
Inflamabilidad	No combustible
Cancerígeno	No hay evidencias
Mutágeno	En estudio
Teratógeno	No hay evidencias
Estabilidad química	Moderada estabilidad
Incompatibilidad	Ataca en vidrio y el cemento, cerámicas y metales que contienen sílice, goma, bases fuertes, como sodio hidrógeno (reacción violenta), flúor (reacción vigorosa).

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. Descripción ácido fosfórico

Ácido fosfórico	
Grupo químico	Ácido inorgánico, ácido mineral
Concentración	85,0 %
pH	1,5 solución acuosa a 20 °C
Temperatura ebullición	158 °C
Temperatura fusión	21 °C
Riesgo principal	Corrosivo
Riesgo secundario	Nocivo y reactivo
NFPA	
Inflamabilidad	No combustible
Cancerígeno	No hay evidencias
Mutágeno	No hay evidencias
Teratógeno	No hay evidencias
Estabilidad química	Moderada estabilidad
Incompatibilidad	Bases fuertes como el potasio hidróxido y sodio hidróxido (reacción violenta con generación de calor). Agentes oxidantes fuertes, reductores fuertes o peróxidos, orgánicos (reacciones peligrosas).

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. Descripción ácido nítrico

Ácido nítrico	
Grupo químico	Ácido Inorgánico
Concentración	70 %
pH	1,0 solución acuosa a 20 °C
Temperatura ebullición	122 °C solución acuosa al 70 %
Temperatura fusión	-41 °C solución acuosa al 70 %
Riesgo principal	Corrosivo
Riesgo secundario	Toxico y reactivo
NFPA	
Inflamabilidad	No combustible
Cancerígeno	No hay evidencias
Mutágeno	No hay evidencias
Teratógeno	No hay evidencias
Estabilidad química	Estable solo en condiciones normales
Incompatibilidad	Mayoría de metales, óxidos metálicos (reacción violenta con generación de calor y óxidos de nitrógeno), químicos orgánicos como hidrocarburos, alcanos, aminas y alcoholes (reacción violenta o explosiva con ignición espontánea), bases fuertes (reacción violenta con generación de calor).

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. Descripción ácido sulfúrico

Ácido sulfúrico	
Grupo químico	Ácido inorgánico
Concentración	95 – 98 %
pH	0,3 solución acuosa
Temperatura ebullición	327 °C solución al 98 %
Temperatura fusión	-2 °C solución al 98 %
Riesgo principal	Corrosivo
Riesgo secundario	Toxico y reactivo
NFPA	
Inflamabilidad	No combustible
Cancerígeno	En estudio
Mutágeno	No hay evidencia
Teratógeno	En estudio
Estabilidad química	Estable solo en condiciones normales
Incompatibilidad	Este ácido reacciona vigorosamente en forma violenta o explosiva con muchas sustancias químicas orgánicas e inorgánicas como soluciones alcalinas, carburos, cloratos, nitratos, percloratos y permanganatos, entre otros.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Descripción dicromato de potasio

Dicromato de potasio	
Grupo químico	Sal inorgánica de potasio, sal inorgánica de cromo.
Concentración	99,0 %
pH	3,6 solución acuosa al 10 % a 25 °C
Temperatura ebullición	500 °C se descompone
Temperatura fusión	398 °C se descompone
Riesgo principal	Oxidante, tóxico, corrosivo, daño al ambiente
Riesgo secundario	No hay
NFPA	
Inflamabilidad	No combustible.
Cancerígeno	Comprobadamente cancerígeno a nivel humano.
Mutágeno	Estudios lo señalan como mutágeno.
Teratógeno	No hay evidencias.
Estabilidad química	Estable solo en condiciones normales.
Incompatibilidad	Ácidos fuertes, acetona más ácido sulfúrico, materiales orgánicos, combustibles y sustancias inflamables (genera calor).

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. Descripción difenilamina

Difenilamina	
Grupo químico	Compuesto orgánico, amina aromática
Concentración	98,0 %
pH	No reportado
Temperatura ebullición	302 °C
Temperatura fusión	52 – 54 °C
Riesgo principal	Nocivo, daño al ambiente
Riesgo secundario	Irritante, combustible y reactivo leve
NFPA	
Inflamabilidad	Ligeramente combustible
Cancerígeno	No hay evidencias
Mutágeno	En estudio
Teratógeno	No hay evidencias
Estabilidad química	Normalmente estable
Incompatibilidad	Agentes oxidantes fuertes (reacción violenta con riesgo de incendio y/o explosión), ácidos fuertes (reacción vigorosa).

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. Descripción peróxido de hidrogeno

Peróxido de hidrogeno	
Grupo químico	Peróxido Inorgánico - oxido de hidrógeno.
Concentración	30,0 %
pH	4,6 (solución acuosa al 35 % a 25 °C)
Temperatura ebullición	106.2 °C
Temperatura fusión	-25.7 °C
Riesgo principal	Corrosivo y oxidante
Riesgo secundario	Nocivo
NFPA	
Inflamabilidad	No combustible
Cancerígeno	No hay evidencias
Mutágeno	No hay evidencias
Teratógeno	No hay evidencias
Estabilidad química	Estable solo en condiciones normales
Incompatibilidad	Materiales inflamables y combustibles (se incrementa riesgo de incendio), materiales orgánicos como papel, textiles y aceites (riesgo de incendio), ácido nítrico (>50 %) y sulfúrico (violenta explosión), potasio permanganato (reacción explosiva).

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Descripción sulfato ferroso heptahidratado**

Sulfato ferroso heptahidratado	
Grupo químico	Compuesto inorgánico de hierro, sal inorgánica de hierro
Concentración	99,0 %
pH	3,0 – 5,0 solución acuosa al 5 % a 20 °C
Temperatura ebullición	>300 °C
Temperatura fusión	65 °C
Riesgo principal	Nocivo
Riesgo secundario	Irritante leve
NFPA	
Inflamabilidad	No combustible
Cancerígeno	No hay evidencia
Mutágeno	No hay evidencia
Teratógeno	No hay evidencia
Estabilidad química	Estable
Incompatibilidad	Agentes oxidantes fuertes, bases, carbonatos, sales de plata, potasio yoduro, sodio borato.

Fuente: elaboración propia.

3.4. Análisis del consumo de químicos

Se realizó un análisis para verificar el nivel de consumo de reactivos en el laboratorio, se dividió en consumo por método y gráficas para ver sencillamente y la cantidad total consumida durante este período.

3.4.1. Tabla de consumo por método

El consumo por método está basado en la cantidad de reactivos que se utilizan para el análisis de cada muestra ya sea de análisis de tejido vegetal como materia orgánica en suelos, estos datos se tabularon para cada metodología y posteriormente se generó un gráfico para cada análisis, sobre el porcentaje que representa cada reactivo en el respectivo análisis.

Tabla XXXVI. Consumo de reactivos metodología de foliares

Análisis de tejido vegetal por muestra	
Ácido nítrico	4,0 mL
Ácido fluorhídrico	2,0 mL
Ácido clorhídrico	2,0 mL
Peróxido de hidrogeno	1,0 mL

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Consumo metodología de materia orgánica en suelos**

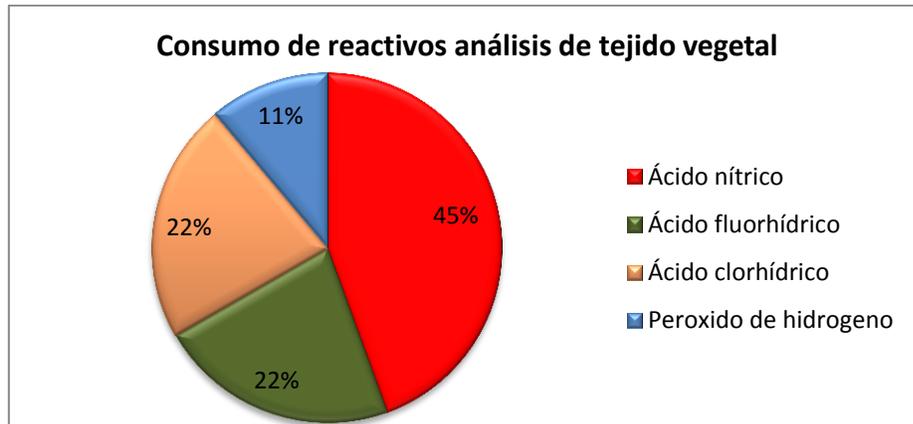
Análisis de materia orgánica en suelos por muestra	
Ácido fosfórico	10,0 mL
Ácido sulfúrico	20,0 mL
Difenilamina	0,50 mL
Dicromato de potasio	10,0 mL
Sulfato ferroso heptahidratado	9,0 mL
Agua desmineralizada	150 mL

Fuente: elaboración propia.

3.4.2. Gráfica de consumo por método

Se generó una gráfica para cuantificar el consumo de los diferentes reactivos utilizados en cada metodología, con la finalidad de poder observar fácilmente la clasificación por grupos (ácidos, corrosivos, bases, etc.), en cada metodología.

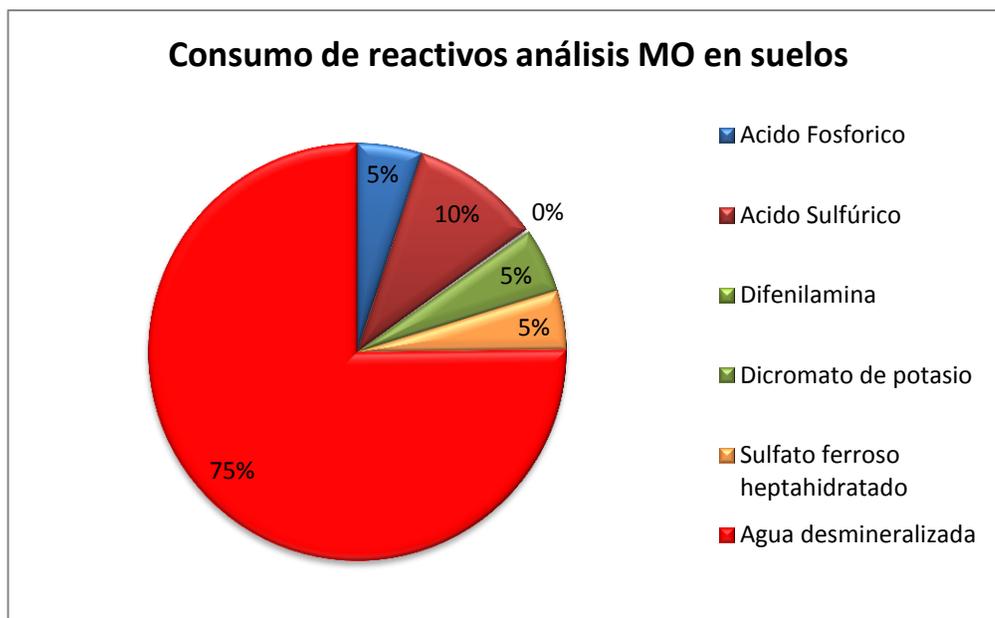
Figura 17. Consumo de reactivos análisis de foliares



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que el 89 % de los reactivos utilizados para este análisis son ácidos (fluorhídrico, clorhídrico y nítrico) que son considerados como corrosivos, mientras que el 11% son peróxidos (peróxido de hidrógeno) que son consideradas corrosivas y oxidantes.

Figura 18. **Consumo de reactivos análisis de materia orgánica en suelos**



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que el 75 % de la mezcla es agua desmineralizada (para hacer más fácil el observar el color en la titulación), un 15 % son ácidos que se consideran corrosivos, (fosfórico y sulfúrico), 10 % son sales (dicromato de potasio y sulfato ferroso heptahidratado) que se consideran oxidantes y nocivos.

3.4.3. Consumo de reactivos por mes

Se procedió a calcular el volumen de reactivos utilizados por mes en cada metodología, se analizó un mes de 4 semanas con jornadas laborales de 8 horas cada día de lunes a viernes. Analizando la cantidad de 96 muestras

diarias en análisis de tejido vegetal y de 90 diarias en materia orgánica en suelos. Cada frasco consumido es de 2 500 mL.

Tabla XXXVIII. **Consumo de reactivos análisis de foliares por mes**

Análisis de tejido vegetal			
Reactivo	Consumo por muestra	Consumo por mes	
Ácido nítrico	4,0 mL	7 680 mL	3,07 frascos
Ácido fluorhídrico	2,0 mL	3 840 mL	1,54 frascos
Ácido clorhídrico	2,0 mL	3 840 mL	1,54 frascos
Peróxido de hidrógeno	1,0 mL	1 920 mL	1,92 frascos

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIX. **Consumo de reactivos análisis de materia orgánica por mes**

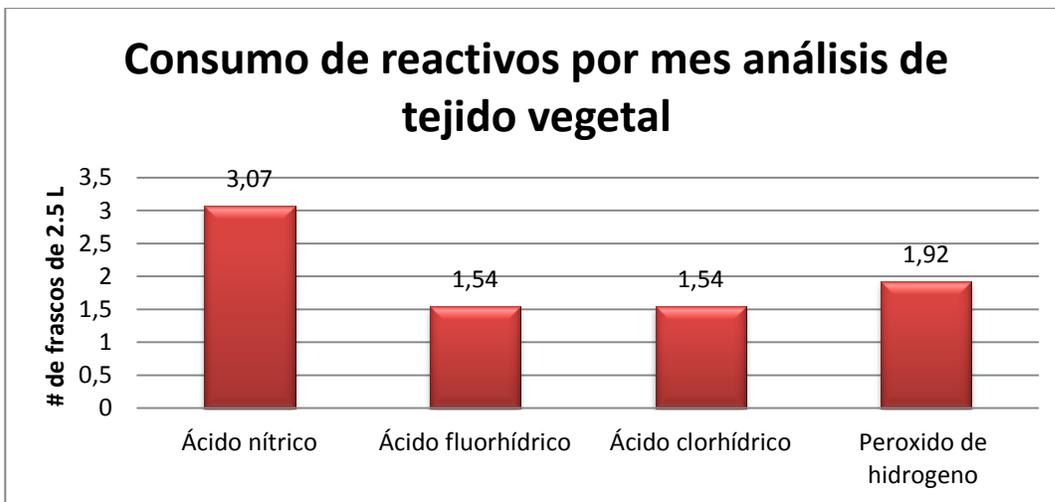
Análisis de materia orgánica en suelos			
Reactivo	Consumo por muestra	Consumo por mes	
Ácido fosfórico	10,0 mL	1 8000 mL	7,2 frascos
Ácido sulfúrico	20,0 mL	3 6000 mL	14,4 frascos
Difenilamina	0,50 mL	900 mL	0,375 frascos de solución
Dicromato de potasio	10,0 mL	18 000 mL	9 frascos de solución
Sulfato ferroso heptahidratado	9,00 mL	16 200 mL	8,1 frascos de solución
Agua desmineralizada	150 mL	27 0000 mL	108 frascos

Fuente: elaboración propia.

3.4.4. Consumo de reactivos por mes

Se crearon gráficas para analizar el consumo de reactivos durante un mes de análisis rutinario en el laboratorio con la finalidad de poder visualizar más fácilmente los datos de reactivos consumidos.

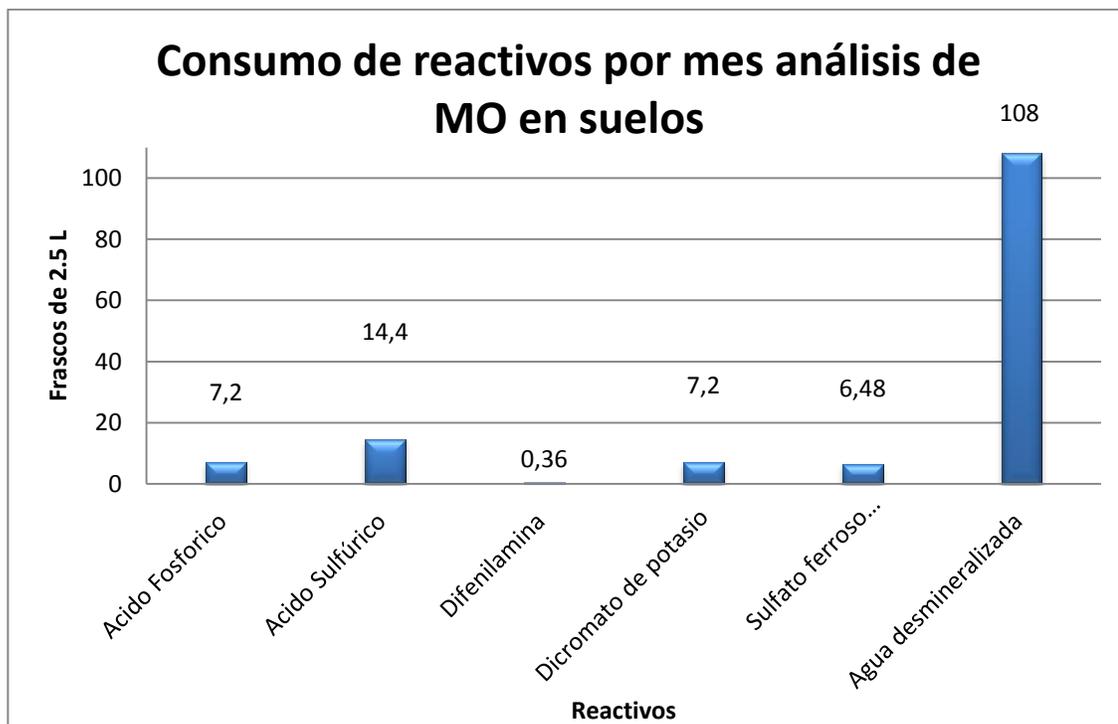
Figura 19. Consumo de reactivos análisis foliares por mes



Fuente: elaboración propia.

Según la gráfica anterior, la mayor cantidad de reactivo consumido es el ácido nítrico, ya que, es de vital importancia para poder realizar el análisis de tejido vegetal consumiendo 3,07 frascos de 2,5 litros cada uno durante un mes de análisis rutinario.

Figura 20. Consumo de reactivos análisis de materia orgánica por mes



Fuente: elaboración propia.

Según la gráfica anterior la mayor cantidad de reactivo consumido es el agua desmineralizada que ayuda a que la concentración de la solución no sea tan fuerte, consumiendo 108 frascos de 2,5 litros cada uno durante un mes de análisis rutinario.

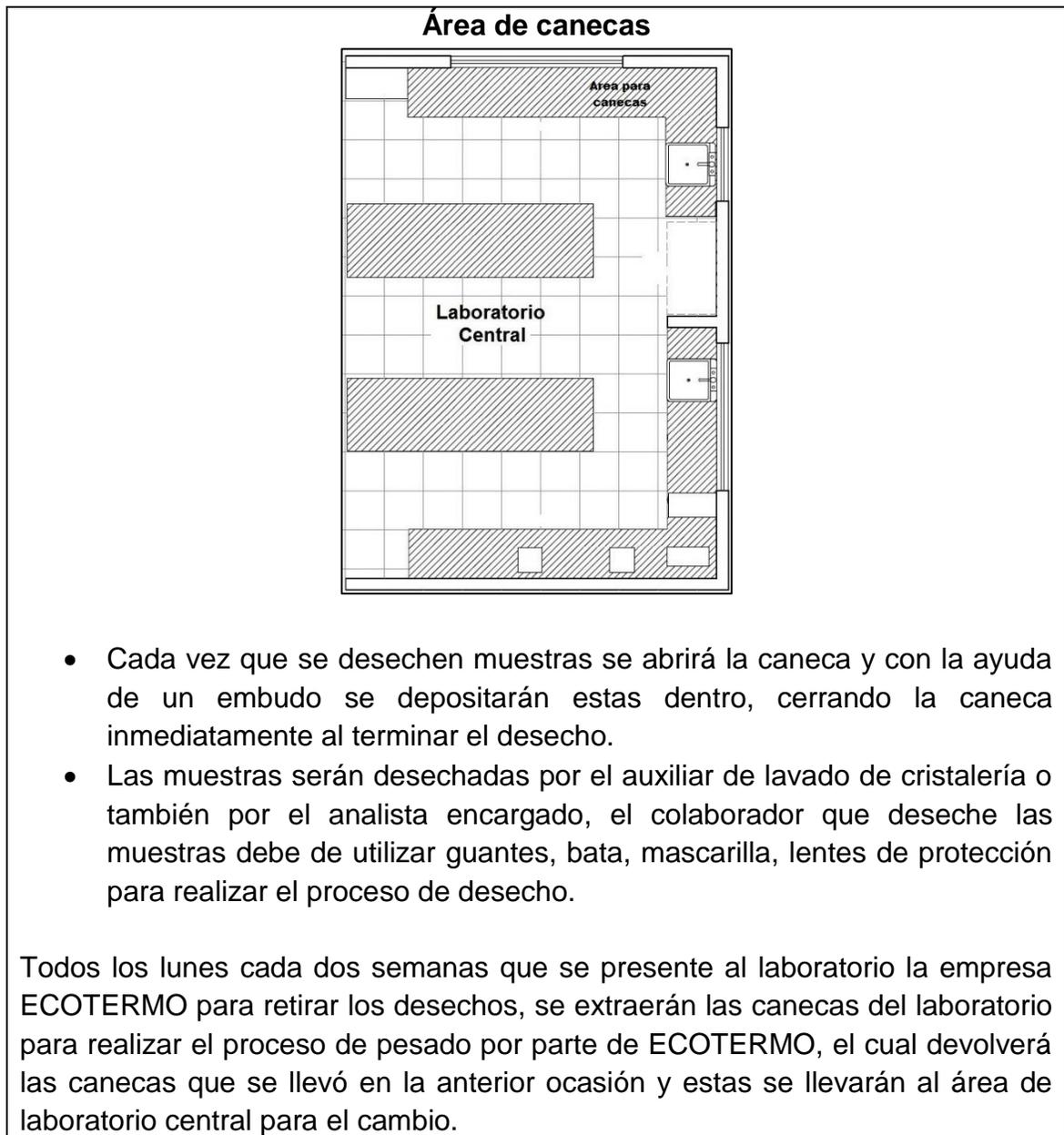
3.5. Plan para el manejo de desechos

Se generó el Plan de Acción para tener una referencia de cómo manejar desechos químicos en el laboratorio para el cual se definieron objetivos, responsables, se generó un cronograma de implementación y se definió la metodología a utilizar.

Tabla XL. **Plan para el Manejo de Desechos Químicos**

NaturAlab															
PLAN PARA EL MANEJO DE DESECHOS															
Objetivos:															
<ul style="list-style-type: none"> • Crear una conciencia en los colaboradores sobre la importancia de una buena práctica del laboratorio como lo es manejo de desechos. • Definir un procedimiento para el manejo de desechos dentro del laboratorio. 															
Responsables:															
<ul style="list-style-type: none"> • Realización: auxiliar de lavado de cristalería, analista encargado de cada análisis. • Supervisión: especialista de sistema de gestión de calidad. 															
Cronograma de ejecución:															
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	mes 2				mes 3				mes 4			
				06 may	13 may	20 may	27 may	03 jun	10 jun	17 jun	24 jun	01 jul	08 jul	15 jul	22 jul
1	Creación de documentos para inducción	30 días	lun 20/05/13												
2	Capacitación sobre seguridad, normas y hábitos y manejo de desechos	1 día	lun 01/07/13												
3	Examen sobre conocimientos de la capacitación	1 día	mar 02/07/13												
4	Implementación del plan para manejo de desechos	10 días	mié 03/07/13												
Metodología:															
<ul style="list-style-type: none"> • Como plan para el correcto manejo de desechos químicos, se han contratado los servicios de ECOTERMO (anexo 5) que es una empresa que nace ante la necesidad de crear una solución integral para el tratamiento de desechos producidos por la industria y el sector salud; preservando el medio ambiente. ECOTERMO se hará cargo de la disposición final de todos los desechos químicos generados en el laboratorio, con una frecuencia de 1 vez cada quincena. • En el área de laboratorio central se mantendrán debajo de la mesa de trabajo canecas identificadas con el nombre de las distintas metodologías de análisis para almacenar los desechos líquidos generados. 															

Continuación de la tabla XL.



Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Plan para el Correcto Desecho de Sustancias Químicas

Se generó un Plan de Acción para tener una referencia de cómo realizar correctamente el desecho de productos químicos en el laboratorio para el cual se definieron objetivos, responsables, se generó un cronograma de implementación y se definió la metodología a utilizar.

Tabla XLI. Plan para el correcto desecho de sustancias químicas

NaturAlab														
PLAN PARA EL CORRECTO DESECHO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS														
Objetivos:														
<ul style="list-style-type: none"> • Poder diferenciar la manera correcta de desechar las diferentes sustancias químicas que generan desechos en el laboratorio. • Crear una alternativa realizable para desechar las muestras del análisis de materia orgánica en suelos de manera correcta. 														
Responsables:														
<ul style="list-style-type: none"> • Realización: auxiliar de lavado de cristalería. • Supervisión: especialista de sistema de gestión de calidad. 														
Cronograma de ejecución:														
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	mes 2				mes 3						
				06 may	13 may	20 may	27 may	03 jun	10 jun	17 jun	24 jun	01 jul	08 jul	15 jul
1	Creación de documentos para inducción	30 días	lun 20/05/13											
2	Capacitación sobre seguridad, normas y hábitos y manejo de desechos	1 día	lun 01/07/13											
3	Examen sobre conocimientos de la capacitación	1 día	mar 02/07/13											
4	Implementación del plan para el correcto desecho de sustancias químicas	10 días	mié 03/07/13											

Continuación de la tabla XLI.

Metodología:
<ul style="list-style-type: none">• Primero se definió a los colaboradores, la manera correcta de neutralizar cada tipo de reactivo que se utiliza para el análisis de materia orgánica en suelos y de tejido vegetal, posteriormente se definió la manera correcta de neutralizar muestras de análisis de materia orgánica en suelos por medio de instrucciones para el correcto desecho de reactivos químicos:• Para ácidos: diluir con agua aproximadamente en una proporción 1:5 y después neutralizar hasta pH 6-8, adicionando una solución de hidróxido de sodio al 30 % o escamas del mismo producto. La solución salina resultante se diluye luego con más agua en una relación 1:10 u otra que sea necesaria y posteriormente se elimina por las aguas residuales o por el desagüe.• Para Sales: como soluciones acuosas se mezclan inicialmente con carbonato de sodio o bicarbonato de sodio en polvo después se diluyen con abundante agua y se vierten neutralizadas en las aguas residuales o por el desagüe.• Para casos de sales de bajo riesgo: diluir con agua en una proporción mínima de 1:20 u otra relación adecuada y luego eliminar en las aguas residuales o por el desagüe.• Dicromato de potasio: mezclar en pequeñas dosis con sulfito de sodio o tiosulfato de sodio sólido y agitando simultáneamente se añade un poco de agua, en caso necesario la reacción se acelera agregando con cuidado ácido sulfúrico diluido. La solución resultante se neutraliza, diluye en agua y se elimina por las aguas residuales o por el desagüe.• Difenilamina: mezclar con agua en una proporción de 1:5 u otra relación necesaria y neutralizar con ácido sulfúrico hasta pH 6-8, la solución resultante se disuelve en agua y se elimina en las aguas residuales o por el desagüe.

Continuación tabla XLI.

- **Peróxido de hidrogeno:** mezclar con precaución y en pequeñas cantidades con sulfito de sodio sólido y agitando simultáneamente se añade agua, en caso necesario la reacción se acelera agregando con cuidado ácido sulfúrico diluido. La solución resultante se neutraliza, diluye con agua y se elimina por las aguas residuales o por el desagüe.

Para desechar las muestras de análisis de materia orgánica en suelos: se debe de diluir cada muestra en 4 000 mL de agua desmineralizada, y agregando poco a poco 60 gramos de bicarbonato de sodio agitando por medio del agitador magnético y midiendo el pH con el potenciómetro hasta que se encuentre entre 6 y 8 si la muestra sigue teniendo un pH más bajo, agregar poco a poco más bicarbonato de sodio hasta alcanzar este intervalo de pH.

Fuente: elaboración propia.

3.5.2. Plan de Acción para la Reducción del Uso de Reactivos

Se generó este plan en el análisis de tejido vegetal para el laboratorio, para el cual se definieron objetivos, responsables, se generó un cronograma de implementación y se definió la metodología a utilizar.

Tabla XLII. **Plan de Acción para la Reducción del Uso de Reactivos**

NaturAlab	
PLAN PARA LA REDUCCIÓN DEL USO DE REACTIVOS	
Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none">• Buscar una variante a las metodologías de análisis actuales, que utilicen menos reactivos.	

Continuación de la tabla XLII.

Responsables:																		
<ul style="list-style-type: none"> • Jefe del laboratorio • Especialista químico 																		
Cronograma de ejecución:																		
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	mes -4			mes -3			mes -2			mes -1					
				31 dic	07 ene	14 ene	21 ene	28 ene	04 feb	11 feb	18 feb	25 feb	04 mar	11 mar	18 mar	25 mar	01 abr	08 abr
1	Planteamiento del plan	20 días	lun 14/01/13															
2	Pruebas con en muestras con la reducción de reactivos	45 días	lun 11/02/13															
3	Implementación del plan de acción para la reducción de reactivos	1 día	lun 15/04/13															

Metodología:									
<p>Para la metodología de determinación de materia orgánica en suelos, no se puede realizar una disminución en el uso de reactivos, ya que, la metodología de Walkley and Black funciona bajo ecuaciones químicas balanceadas de cada solución, por lo cual es imposible disminuir el consumo por muestra.</p> <p>Mientras que para la metodología de análisis de tejido vegetal se observó por medio de experimentación práctica realizada por el jefe del laboratorio y el especialista químico que al momento de realizar la digestión ácida por medio de microondas para tejido vegetal de palma, los datos son muy certeros utilizando solamente 6 mL de ácido nítrico al igual que utilizando 4 mL de ácido nítrico, 2mL ácido fluorhídrico, 2 mL ácido clorhídrico y 1 mL de peróxido de hidrógeno.</p> <p>Lo cual se comprobó realizando una prueba con muestra de estándar certificado de hojas de durazno que es un material de referencia para evaluar la repetibilidad para métodos analíticos en análisis de tejido vegetal, obteniendo los resultados que se resumen en la siguiente tabla:</p>									

Continuación de la tabla XLII.

Elemento / dimensional		Media de estándar NIST Peach leaves	Dato 1 = 4mL HNO ₃ + 2mL HF + 2mL HCl + 1mL H ₂ O ₂	Dato2 = 6mL HNO ₃	$\frac{ NIST - dato1 }{NITS} * 100$	$\frac{ NIST - dato2 }{NITS} * 100$
Ca	mg/L	1,56	1,53	1,54	1,92	1,28
Mg		0,432	0,4332	0,433	0,27	0,23
P		0,137	0,14	0,135	2,19	1,46
K		2,43	2,46	2,41	1,23	0,82
B	µg/g	29	28,0	26,0	3,44	10,34
Cu		3,7	4,0	3 5	8,10	5,40
Fe		218	183,0	188,0	16,05	13,76
Mn		98	94,0	97,0	4,08	1,02
Ni		0,69	0,73	0,66	5,79	4,35
S		20	22,3	18,9	11,5	5,5
Zn		17,9	18,3	17,7	2,23	1,12

La tabla demuestra por medio del cálculo de errores relativos porcentuales que los datos con 6 mL de ácido nítrico son más precisos en diez de los once elementos evaluados, únicamente boro presenta mejores resultados utilizando la mezcla de 4 mL HNO₃ + 2 mL HF + 2 mL HCl + 1 mL H₂O₂. Por lo cual se puede concluir que la mayoría de los datos son mejores y representa una reducción en el uso de reactivos, ahorrando costos en reactivos y disminuyendo el riesgo del analista al tener que manejar menos químicos.

Fuente: elaboración propia.

3.5.3. Costo de la propuesta

Los costos se estimaron para el plan de acción para la reducción del uso de reactivos en el análisis de tejido vegetal. Para el caso del análisis de materia orgánica en suelos no se presenta una reducción en los costos pero se adjunta una tabla resumen de los costos de operación por mes.

Tabla XLIII. **Costos de Plan de Reducción de Reactivos para Análisis de Tejido Vegetal**

Análisis de tejido vegetal			
Reactivo	Precio por frasco de reactivo	Consumo por mes sin propuesta	Consumo por mes con propuesta
Ácido nítrico	Q 272,00	3,07 frascos = Q 835,04	4,60 frascos = Q 1 251,20
Ácido fluorhídrico	Q 2 200,00	1,54 frascos = Q 3 388,00	
Ácido clorhídrico	Q 250,00	1,54 frascos = Q 385,00	
Peróxido de hidrógeno	Q 2 000,00	1,92 frascos = Q 3 840,00	
Totales		Q 8 448,04	Q 1 251,20

Fuente: elaboración propia.

El ahorro en el costo sería de Q 7 196,84 además de ahorrar tiempo de preparación para cada muestra, ya que, se agregan menos reactivos, se minimiza el riesgo para el analista que manipula dichos reactivos y también en los desechos químicos en el medio ambiente.

Tabla XLIV. **Costos de reactivos para un mes de análisis de materia orgánica en suelos**

Análisis de materia orgánica en muestras de suelo			
Reactivo	Precio por frasco de reactivo	Consumo por mes	Costo por mes
Ácido fosfórico	Q 250,00 frasco	7,2 frascos	Q 1 800,00
Ácido sulfúrico	Q 300,00 frasco	14,4 frascos	Q 4 320,00
Difenilamina	Q 55,00 frasco	0,375 frascos	Q 20,63
Dicromato de potasio	Q 187,60 frasco	9 frascos	Q1 688,40
Sulfato ferroso heptahidratado	Q 310,00 frasco	8,1 frascos	Q 2 511,00
Agua desmineralizada	Q 15,00 garrafón	108 frascos = 13,5 garrafones	Q 202,50
Totales			Q 10 542,53

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis de materia orgánica por mes (1 800 muestras) el gasto generado en reactivos sería de Q 10 542,53.

4. FASE DE ENSEÑANZA–APRENDIZAJE. PLAN DE CAPACITACIÓN PARA LOS COLABORADORES DE NATURALAB EN SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL DENTRO DEL LABORATORIO Y MANEJO CORRECTO DE DESECHOS QUÍMICOS

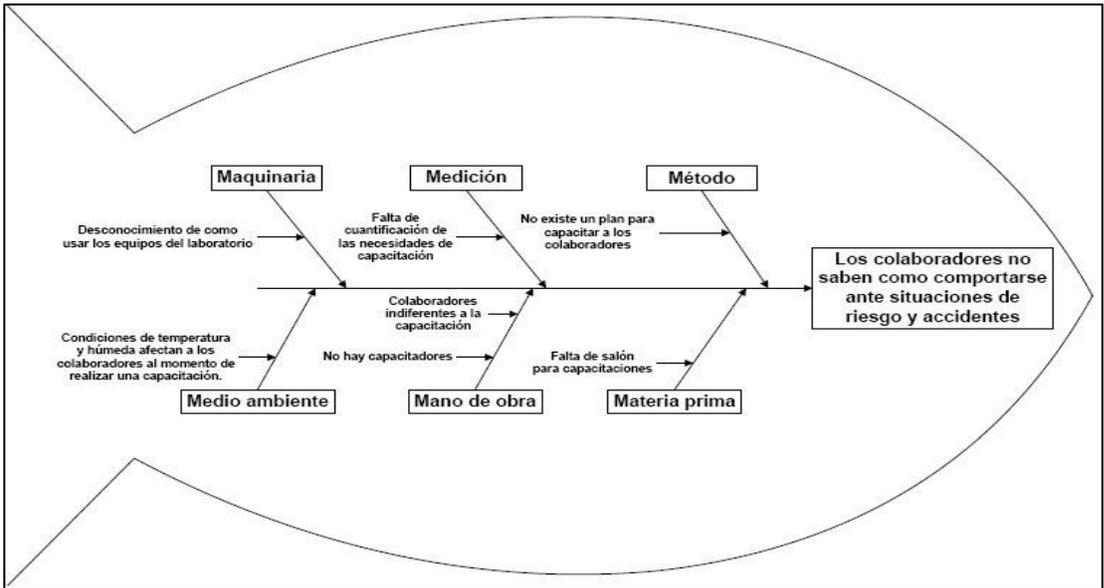
4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación

Se realizó un diagrama de Ishikawa para organizar las causas por las cuales no se han realizado capacitaciones para el personal de NaturAlab, recopilando información sobre las principales necesidades a capacitar por medio de entrevistas tanto con los mismos colaboradores como con el jefe del laboratorio, también se tuvo acceso al perfil de puesto del analista de materia orgánica en suelos.

Por lo tanto se determinó que la causa raíz del efecto son los métodos, ya que, no existe una metodología definida para crear un plan de capacitación en las áreas donde los colaboradores necesitan ser reforzados para realizar de mejor manera el trabajo.

Se definió que tipo de capacitación se debería realizar cuando los colaboradores necesiten conocimientos teóricos en temas como seguridad e higiene, manejo de químicos y desechos así como en temas específicos para realizar una metodología y habilidades como manual o práctica, posteriormente se creó una tabla resumen donde se marca con una X de las necesidades de capacitación que presentó cada colaborador.

Figura 21. Diagrama de Ishikawa para Plan de Capacitaciones



Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. Diagnóstico de Necesidades de Capacitación

Cargo:	Formación	Conocimiento	Habilidades
Recepcionista	X		
Auxiliar de suelos	X		
Auxiliar de foliares	X		
Auxiliar de cristalería	X		
Analista CHN en foliares	X		
Analista preparación de foliares	X		
Analista pH y acidez intercambiable en suelos	X		
Analista de resinas en suelos	X		
Analista de materia orgánica en suelos	X	X	X

Fuente: elaboración propia.

Al observar estas necesidades se determinó que los colaboradores necesitaban ser capacitados en formación de temas como normativos dentro del laboratorio, seguridad e higiene industrial, manejo de desechos químicos e individualmente para el analista de materia orgánica en suelos, una inducción sobre el procedimiento que debe de seguir para realizar este análisis.

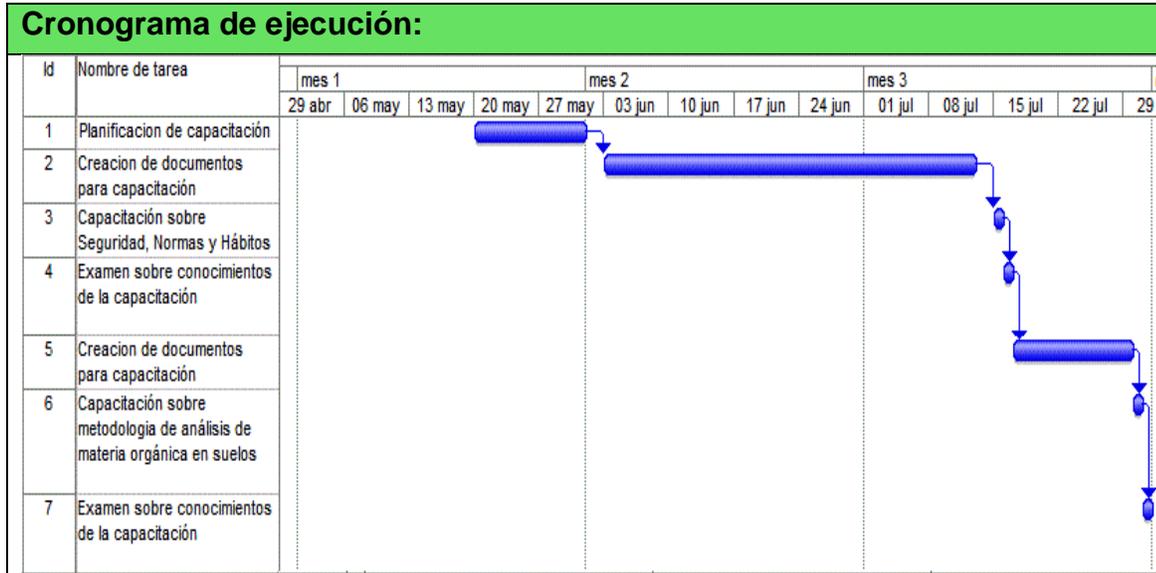
4.2. Plan de capacitación

Se generó un Plan de Acción para la capacitación de los colaboradores del laboratorio para el cual se definieron objetivos y responsables así como la generación de un cronograma de implementación y la metodología a utilizar.

Tabla XLVI. Plan de capacitaciones

NaturAlab	
PLAN DE CAPACITACIONES	
Objetivos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Crear documentación adecuada para la inducción de los colaboradores. • Capacitar a los colaboradores en temas como seguridad e higiene industrial dentro del laboratorio, manejo de desechos, normativo para el uso del laboratorio y al analista de materia orgánica en el proceso que debe realizar. • Comprobar que los colaboradores obtuvieron el conocimiento necesario por medio de la capacitación. 	
Responsables:	
<ul style="list-style-type: none"> • Epesista • Jefe del laboratorio • Especialista químico 	

Continuación de la tabla XLVI.



Metodología:

En la siguiente tabla se resume la planificación de la primera capacitación a realizar sobre seguridad e higiene en el laboratorio y correcto manejo de desechos químicos para la cual se consideraron los contenidos, recursos necesarios, acciones a realizar, participantes, facilitadores y el tiempo que tomará cada capacitación.

Capacitación sobre seguridad e higiene en el laboratorio y correcto manejo de desechos químicos

Contenido	Recursos	Acciones a realizar	Participantes	Facilitadores	Tiempo
Hábitos personales, hábitos de trabajo, obligaciones, mantenimiento y limpieza, qué hacer en caso de emergencia, manejo de desechos.	Material impreso, salón para capacitación pizarra, marcadores, lista de asistencia.	Entrega de material impreso. Lectura y explicación del material. Resolución de dudas. Anotarse en la lista de asistencia.	4 analistas, 3 auxiliares 1 recepcionista.	Epesista, especialista químico, jefe del laboratorio	2 horas y media

Continuación de la tabla XLVI.

En la siguiente tabla se resume la planificación de la segunda capacitación a realizar la inducción al analista de materia orgánica en suelos para la cual se consideraron los contenidos, recursos necesarios, acciones a realizar, participantes, facilitadores y el tiempo que tomará cada capacitación.

Inducción al analista de materia orgánica en suelos					
Contenido	Recursos	Acciones a realizar	Participantes	Facilitadores	Tiempo
Justificación de la metodología, importancia y desventajas de la materia orgánica en suelos, requisitos, preparación de las soluciones, procedimiento para tratar muestras.	Material impreso, formatos para datos de materia orgánica, materiales, equipos y reactivos para el análisis de materia orgánica.	Lectura y explicación del material impreso, resolución de dudas, preparación de soluciones, titulación de muestras como ejemplo.	Analista para materia orgánica en suelos	Epesista, Especialista químico	4 horas

Fuente: elaboración propia.

Basándose en la tabla resumen de planificación de la primera capacitación se realizó tomando en cuenta a todo el personal del laboratorio (4 analistas, 3 auxiliares, recepcionista) por medio de un taller de trabajo, donde se le entregó a cada colaborador una copia del documento creado para la inducción. La capacitación tuvo una duración de dos horas y media y se realizó en las instalaciones del laboratorio, se abordaron temas como: seguridad e

higiene dentro del laboratorio, hábitos personales, de trabajo, obligaciones, mantenimiento y limpieza y normas de actuación en caso de accidentes.

Material impreso que se entregó a los colaboradores:

Figura 22. Material de apoyo para inducción

Seguridad e Higiene dentro del Laboratorio



Seguridad e Higiene dentro del Laboratorio

Primera edición
01/05/2013

Normas de Seguridad e Higiene dentro del Laboratorio

Normas: Son un conjunto de reglas a las que se ajustan las conductas sociales que sirve para regular y definir el desarrollo de comportamientos comunes, a los que otorga cierto grado de legitimidad y consentimiento.

Riesgo: es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre. La vulnerabilidad o las amenazas, por separado, no

representan un peligro. Pero si se juntan, se convierten en un riesgo, o sea, en la probabilidad de que ocurra un desastre.

Cabe resaltar que existen 2 tipos de riesgos importantes para el laboratorio, el riesgo químico que se da por la manipulación de todos los reactivos, y el riesgo físico o las condiciones del laboratorio para realizar el trabajo (instalaciones, material y equipo).



Para velar por el cumplimiento de la seguridad e higiene industrial dentro de las instalaciones del laboratorio, existen un conjunto de normas o indicadores que se deben respetar.

Contenido:	
Hábitos Personales	2
Hábitos de Trabajo	2
Obligaciones	3
Mantenimiento y Limpieza	3
Casos de Emergencia	4

Puntos de interés especial:

- ⇒ Como comportarse dentro del laboratorio.
- ⇒ Como mantener limpio el área de trabajo y los materiales de trabajo.
- ⇒ Que hacer en casos de emergencia.

Seguridad e Higiene Industrial

Seguridad Industrial:

Conjunto de actividades dedicadas a la identificación, evaluación y control de factores de riesgo que puedan ocasionar accidentes de trabajo.

Higiene Industrial:

Conjunto de actividades destinadas a la identificación, evaluación y control de los factores de riesgo del ambiente de trabajo que puedan

alterar la salud de los trabajadores, generando enfermedades profesionales.

Continuación de la figura 22.

Página 2		Normas de Seguridad e Higiene dentro del Laboratorio	
Hábitos personales a respetar en el laboratorio:			
⇒ Prohibición de fumar.	⇒ No llevar pulseras, colgantes, mangas anchas ni prendas sueltas que puedan engancharse en montajes, equipos o máquinas.		
⇒ Prohibición de comer.	⇒ Lavarse las manos antes de abandonar el laboratorio.		
⇒ Prohibición de beber.	⇒ No dejar objetos personales en las superficies de trabajo.		
⇒ No guardar alimentos ni bebidas en la refrigeradora del laboratorio.			
⇒ No realizar reuniones o celebraciones dentro de las instalaciones del laboratorio (utilizar la cafetería).			
⇒ Mantener abrochados batas y vestidos.			
⇒ Llevar el pelo recogido.			
Hábitos de trabajo a respetar en el laboratorio:			
⇒ Obligatoriedad de llevar ropa específica para el trabajo (bata, zapatos industriales, lentes, mascarillas, etc).	los frascos y recipientes a los que se haya transvasado algún producto o donde se hayan preparado mezclas, identificando su contenido.	⇒ Asegurar la desconexión de equipos, agua y gases al terminar el trabajo.	
⇒ No debe trabajar nunca una persona sola en el laboratorio y muy especialmente en el caso de realizarlo por la noche o realizando operaciones con riesgo.	⇒ No tocar con las manos desnudas ni probar los productos químicos.	⇒ Debe revisarse periódicamente la instalación de gases. Esta debe ajustarse al máximo a las necesidades del laboratorio.	
⇒ Cuando se realicen operaciones con riesgo, las personas que no intervengan en ellas deben estar perfectamente informadas de las mismas.	⇒ No llevar tubos de ensayo ni productos en los bolsillos de las batas.	⇒ Recoger materiales, reactivos, equipo, etc., al terminar el trabajo.	
⇒ Obligación de leer la etiqueta o consultar las fichas de seguridad de productos antes de utilizarlos por primera vez.	⇒ No llenar los tubos de ensayo más de dos o tres centímetros.	⇒ Emplear y almacenar sustancias inflamables en las cantidades imprescindibles.	
⇒ Etiquetar adecuadamente	⇒ No trabajar separado de las mesas.	⇒ Mantener las mesas limpias y sin productos, o accesorios innecesarios para el trabajo que se está realizando.	
	⇒ Comprobar la temperatura de las materiales antes de cogerlos directamente con las manos.		
	⇒ Utilizar las campanas de gases siempre que sea posible.		

Continuación de la figura 22.

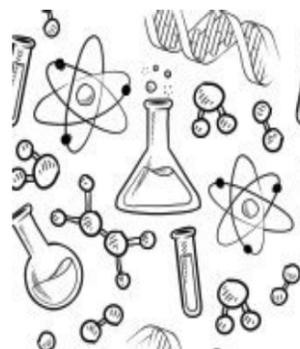
Obligaciones para el uso del laboratorio :

- ⇒ Tener cobertura médica legal (IGSS).
- ⇒ Haber cumplimentado los protocolos de admisión determinados.
- ⇒ Realizar únicamente tareas enmarcadas en el ámbito de trabajo del laboratorio.
- ⇒ Realizar únicamente tareas para las que se ha sido autorizado.
- ⇒ Ser autorizados para el uso o entrada en un laboratorio.
- ⇒ Ser autorizados para el uso de un producto, equipo o instalación concreta .



Mantenimiento y limpieza del laboratorio:

- ⇒ Es vital mantener las cosas limpias y organizadas generalmente ya que este se determina como un ambiente seguro.
- ⇒ Nunca se debe almacenar material, especialmente sustancias químicas en el piso, ni siquiera por un tiempo corto.
- ⇒ Mantener el espacio de trabajo y las áreas de almacenamiento libre de cristalería rota, sobrantes de sustancias químicas o papeles usados.
- ⇒ Mantener los pasillos libres de obstrucciones tales como sillas, cajas y envases de desechos químicos.



Limpieza de la cristalería

- ⇒ Limpiar la cristalería sucia en la pila del laboratorio o en el aparato para limpiar cristalería.
- ⇒ Cuando lave la cristalería use los guantes apropiados. Utilice cepillos de tamaño y flexibilidad adecuada. Debe evitar que se acumule cristalería en la pila.
- ⇒ Si llegara a quebrarse algo en la pila vacíela completamente y remueva la cristalería con guantes anti cortaduras.

NaturAlab
Análisis de Suelos y Foliare

Continuación de la figura 22.

NaturAlab
Análisis de Suelos y Foliare

Normas de actuación en caso de accidentes

En caso de accidente debe activarse el sistema de emergencia (PAS: Proteger, Avisar, Socorrer). Al comunicarse, se debe dar un mensaje preciso sobre:

- ⇒ Lugar donde ha ocurrido el accidente.
- ⇒ Tipo de accidente (intoxicación, quemadura térmica o química, herida, etc.).
- ⇒ Número de afectados o víctimas.
- ⇒ Estado aparente de las víctimas (consciencia, sangran, respiran, etc.).
- ⇒ No colgar antes de que el interlocutor lo haya autorizado, ya que puede necesitar otras informaciones complementarias.

Derrames:

- ⇒ Líquidos inflamables: absorber con carbón activo o productos específicos.
- ⇒ Ácidos: emplear productos específicos comercializados al efecto.
- ⇒ Bases: emplear productos específicos comercializados al efecto.

Salpicaduras

- ⇒ En piel y ojos:
- ⇒ Lavarse con abundante agua (mediante un lavaojos si es en los ojos o en la ducha de emergencia para el resto del cuerpo, durante un periodo aproximado de 15 a 20 minutos sobretodo si el producto es corrosivo o irritante).
- ⇒ No intentar neutralizar.
- ⇒ Acudir al médico inmediatamente.
- ⇒ En batas o vestidos:
- ⇒ Quitarse rápidamente la ropa, lavándola o colocándola bajo la ducha, según la magnitud de la impregnación.

Ingestión

- ⇒ Si es un ácido, beber solución de bicarbonato.
- ⇒ Si es una base, beber bebidas ácidas.
- ⇒ Disponer de información sobre los productos que se manipulan consultando sus fichas de seguridad o a un servicio de información toxicológica cuando sea posible.
- ⇒ Acudir al médico con una etiqueta del producto.

Quemaduras térmicas

- ⇒ Lavar abundantemente con agua fría para enfriar la zona quemada, no quitar la ropa pegada a la piel, tapan la parte quemada con ropa limpia.
- ⇒ Debe acudirse siempre al médico, aunque la superficie afectada y la profundidad sean pequeñas.
- ⇒ No aplicar nada a la piel (ni pomada, ni grasa, ni desinfectantes).
- ⇒ No enfriar demasiado al accidentado.
- ⇒ No romper las ampollas.
- ⇒ No dejar solo al accidentado.

Mareos o pérdida de conocimiento debido a una fuga tóxica que persista

- ⇒ Protegerse del medio con un aparato respiratorio antes de aproximarse a la víctima.
- ⇒ Ventilar el laboratorio abriendo ventanas y puertas.
- ⇒ Trasladar al accidentado a un lugar seguro y dejarlo recostado sobre el lado izquierdo. Aflojarle la ropa o todo aquello que pueda oprimirlo, verificando si ha perdido el sentido y si respira; tomarle el pulso.
- ⇒ No suministrar alimentos, bebidas ni productos para activar la respiración.

Electrocución (choque eléctrico)

- ⇒ Cortar la alimentación eléctrica del aparato causante del accidente antes de acercarse a la víctima para evitar otro accidente y retirar al accidentado.
- ⇒ No suministrar alimentos, bebidas ni productos para activar la respiración.

Incendio

- ⇒ Dar la alarma inmediatamente.
- ⇒ Apagar los pequeños fuegos tapándolos, sin utilizar agua.
- ⇒ Escoger el tipo de extintor adecuado, consultando el modo de empleo.
- ⇒ Si prende la ropa, utilizar ducha o manta de seguridad.
- ⇒ Si se evacua el laboratorio, cerrar las puertas al salir.

Continuación de la figura 22.



Marzo 2013

NaturAlab

Análisis de Suelos y Foliare

Correcto manejo de sustancias químicas y desechos en el laboratorio

DESECHO DE REACTIVOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO

Para ácidos: Diluir con agua aproximadamente en una proporción 1:5 y después neutralizar hasta pH 6-8, adicionando una solución de hidróxido de sodio al 30%. La solución salina resultante, se elimina por las aguas residuales o por el desagüe.

Dicromato de potasio: Mezclar en pequeñas dosis con sulfito de sodio o tiosulfato de sodio sólido, después de lo cual y agitando simultáneamente se añade un poco de agua. La solución resultante se neutraliza, diluye en agua y se elimina por las aguas residuales o por el desagüe.

Difenilamina: Mezclar con agua en una proporción de 1:5 u otra relación necesaria y neutralizar con ácido sulfúrico hasta pH 6-8. La solución resultante, se elimina en las aguas residuales o por el desagüe.

Peróxido de hidrogeno: Mezclar con precaución y en pequeñas cantidades con sulfito de sodio sólido, después de lo cual y agitando simultáneamente se añade agua. En caso necesario, la reacción se acelera agregando con cuidado ácido sulfúrico diluido. La solución resultante se neutraliza, diluye con agua y se elimina por las aguas residuales o por el desagüe.

DESECHO DE MUESTRAS DESPUÉS DEL ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS

Se debe de diluir cada muestra después de realizado el análisis en 3000 mL de agua. Agregando 60 cc de bicarbonato de sodio grado analítico, medido con una cuchara volumétrica, agitar durante 5 minutos con ayuda del agitador magnético y después medir el pH con un potenciómetro, si el pH se encuentra entre 6-8 la solución se considera apta para ser desechada en el desagua. Si la solución sigue siendo acida (pH menor a 6), agregar mas bicarbonato de sodio al momento de agitar y medir el pH para alcanzar la neutralización.



PUNTOS DE INTERÉS ESPECIAL

⇒ **DESECHO DE REACTIVOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO**

⇒ **DESECHO DE MUESTRAS DESPUÉS DEL ANÁLISIS DE MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS**

Fuente: formato Naturalab.

La segunda capacitación o inducción al análisis de materia orgánica para el analista encargado, tuvo una duración de 4 horas y se realizó en las instalaciones del laboratorio donde se le indicó al analista cuáles son las funciones, como debe de realizar el trabajo y los principios básicos que rigen la metodología para realizar. Como debe de realizar la preparación de soluciones y tratamiento para las muestras, para iniciar así con el análisis rutinario. Además se dio una explicación de cómo debe de analizar los datos obtenidos, para poder realizar el cálculo del porcentaje de materia orgánica presente en suelo.

4.3. Evaluación

Se realizaron evaluaciones para medir el nivel de entendimiento que los colaboradores pudieron captar durante las capacitaciones, no se realizaron el día de la capacitación, ya que, se pretendía medir el nivel de aprendizaje de los colaboradores no instantáneamente sino para la aplicación durante el trabajo rutinario. Obteniendo los siguientes resultados:

Para la evaluación sobre capacitación inducción al trabajo en el laboratorio y correcto manejo de desechos químicos, se creó un examen dividido en dos series con la estructura de relacionar el término de la izquierda con la definición de la derecha por medio del número que poseía el término. En la primera serie se encontraron preguntas sobre el correcto manejo de desechos, mientras que en la segunda serie sobre seguridad e higiene y normas de comportamiento dentro del laboratorio:

Figura 23. Evaluación sobre inducción al trabajo en el laboratorio

		Evaluación sobre inducción al trabajo en el laboratorio y manejo de desechos	
Nombre:		Fecha:	
Primera Serie (50 pts): Unir con los números los términos de la izquierda con las definiciones de la derecha.			
01	Desecho de sales		Diluir con agua aproximadamente en una proporción 1:5 y después neutralizar hasta pH 6-8, adicionando una solución de hidróxido de sodio al 30%.
02	Desecho de ácidos		Diluir en 4000 mL de agua desmineralizada, y agregar 60 gramos de bicarbonato de sodio agitando por medio del agitador magnético y midiendo el pH con el potenciómetro hasta que este se encuentre entre 6 y 8.
03	Desecho de dicromato de potasio		Como soluciones acuosas se mezclan inicialmente con carbonato de sodio o bicarbonato de sodio en polvo, después de lo cual se diluyen con abundante agua y se vierten neutralizadas en las aguas residuales o por el desagüe.
04	Desecho de muestras de materia orgánica		Mezclar con precaución y en pequeñas cantidades con sulfito de sodio sólido, después de lo cual y agitando simultáneamente se añade agua.
05	Desecho de peróxido de hidrogeno		Mezclar en pequeñas dosis con sulfito de sodio o tiosulfato de sodio sólido, después de lo cual y agitando simultáneamente se añade un poco de agua.

Continuación de la figura 23.

		Evaluación sobre inducción al trabajo en el laboratorio y manejo de desechos
Segunda serie (50 pts): Unir con los números los términos de la izquierda con las definiciones de la derecha.		
01	Norma	Líquidos inflamables: absorber con carbón activo o productos específicos. Ácidos: emplear productos específicos comercializados al efecto. Bases: emplear productos específicos comercializados al efecto.
02	Sistema PAS	Realizar únicamente tareas enmarcadas en el ámbito de trabajo del laboratorio. Realizar únicamente tareas para las que se ha sido autorizado. Ser autorizados para el uso de un producto, equipo o instalación concreta.
03	Alerta de incendio	Prohibición de fumar. Prohibición de comer. Prohibición de beber.
04	Obligaciones para el uso del laboratorio	Si es un ácido, beber solución de bicarbonato. Si es una base, beber bebidas ácidas. Disponer de información sobre los productos que se manipulan consultando sus fichas de seguridad o a un servicio de información toxicológica cuando sea posible. Acudir al médico con una etiqueta del producto.
05	Derrames dentro del laboratorio	Obligatoriedad de llevar ropa específica para el trabajo (bata, zapatos industriales, lentes, mascarillas, etc). Mantener las mesas limpias y sin productos, o accesorios innecesarios para el trabajo que se está realizando.
06	Mantenimiento y limpieza del laboratorio	Conjunto de actividades destinadas a la identificación, evaluación y control de los factores de riesgo del ambiente de trabajo que puedan alterar la salud de los trabajadores, generando enfermedades profesionales
07	Ingestión de alguna sustancia química	Dar la alarma inmediatamente. Apagar los pequeños fuegos tapándolos, sin utilizar agua. Escoger el tipo de extintor adecuado, consultando el modo de empleo. Si prende la ropa, utilizar ducha o manta de seguridad. Si se evacua el laboratorio, cerrar las puertas al salir.
08	Hábitos personales a respetar en el laboratorio	Son un conjunto de reglas a las que se ajustan las conductas sociales que sirve para regular y definir el desarrollo de comportamientos comunes, a los que otorga cierto grado de legitimidad y consentimiento.
09	Higiene industrial	Mantener el espacio de trabajo y las áreas de almacenamiento libre de cristalería rota, sobrantes de sustancias químicas o papeles usados. Mantener los pasillos libres de obstrucciones tales como sillas, cajas y envases de desechos químicos.
10	Hábitos de trabajo a respetar en el laboratorio	Avisar sobre Lugar donde ha ocurrido el accidente. Tipo de accidente (intoxicación, quemadura térmica o química, herida, etc.). Número de afectados o víctimas. Estado aparente de las víctimas (consciencia, sangran, respiran, etc.). No colgar antes de que el interlocutor lo haya autorizado, ya que puede necesitar otras informaciones complementarias.

Fuente: formato de Naturalab.

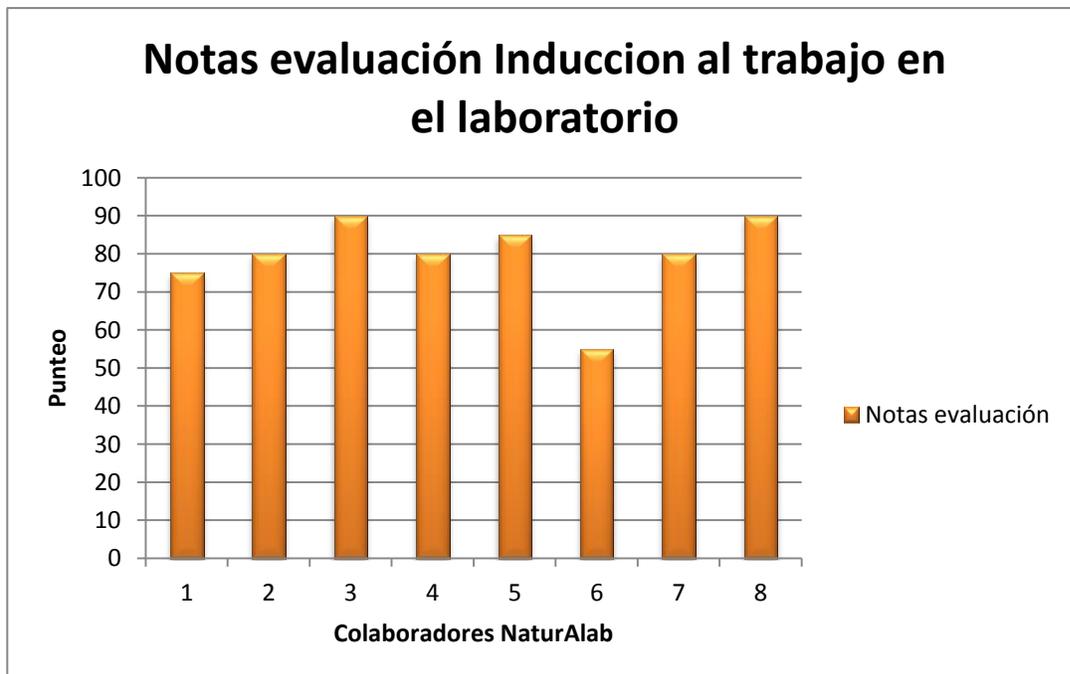
Posteriormente al realizar la calificación de la prueba se obtuvieron los resultados que se resumen en la tabla:

Tabla XLVII. **Resumen evaluación inducción al trabajo en el laboratorio**

Participantes	8
Aprobados	7
Reprobados	1
Nota promedio	79,38
Nota máxima	90
Nota mínima	55

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Notas evaluación inducción al trabajo en el laboratorio**



Fuente: elaboración propia.

Para la evaluación sobre capacitación, análisis de materia orgánica en suelos se creó un examen de dos series donde la primera constaba del procedimiento para realizar el análisis de materia orgánica en suelos por la metodología de Walkley and Black a falta de 19 palabras para completarlo, las cuales debían de ser escritas por el analista y una segunda serie donde se pedía que se escribiera la nomenclatura química de las soluciones utilizadas para realizar el análisis:

Figura 25. **Evaluación sobre inducción análisis de materia orgánica en suelos**

	Evaluación sobre inducción análisis de materia orgánica en suelos
Nombre:	Fecha:
Primera serie (80pts): Escriba sobre la línea las palabras que completan el procedimiento descrito a continuación:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. La muestra de suelo secarla y tamizarla con tamiz_____. 2. Pesar ___ gramos de suelo y colocarlo en cada Erlenmeyers de _____mL. 3. Identificar tres Erlenmeyers de 250 mL: _____, _____, y_____. 4. Adentro de la campana extractora de gases, agregar _____ mL de _____ a todas las muestras. 5. Adentro de la campana extractora de gases, agregar uno por uno a cada Erlenmeyer, _____ mL de _____ grado analítico y agitar manualmente durante 1 minuto, midiendo el tiempo con un timer. 6. Colocar los Erlenmeyers sobre una superficie de asbesto o de madera para evitar pérdida de calor mientras se completa la reacción. 7. Agregar _____ mL de _____ (el _____ aclara la solución lo que permite apreciar el _____). 8. Agregar _____ mL de _____ grado analítico para evitar la interferencia con el Hierro. 9. Agregar _____ gotas de_____. 10. Titular con_____. 	
Segunda serie (20pts): Escriba la formula química de los reactivos y de las soluciones utilizadas en el proceso:	
Dicromato de potasio Sulfato ferroso heptahidratado Difenilamina Ácido fosfórico Ácido sulfúrico	

Fuente: formato de Naturalab.

Posteriormente al realizar la calificación de la prueba se obtuvieron los resultados que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla XLVIII. **Resumen evaluación inducción análisis de materia orgánica en suelos**

Participantes	1
Aprobados	1
Reprobados	0
Nota	85

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar en las tablas resumen de las evaluaciones las capacitaciones fueron consideradas como exitosas, ya que, el 88 % de los colaboradores logro aprobar el examen realizado después de la capacitación. Por lo que se considera que los colaboradores del laboratorio, ya poseen una idea clara de las normas que deben de respetar para realizar el trabajo, los riesgos que corren al realizarlo y también como podrán poner en práctica este conocimiento. Igualmente la capacitación al analista de materia orgánica en suelos fue considerada un éxito, ya que, logro una puntuación de 85 puntos, demostrando que posee el conocimiento teórico aplicable a la realización el trabajo.

4.4. Costos de la propuesta

La inversión realizada por parte de NaturAlab para la realización de las dos capacitaciones realizadas se resume en la siguiente tabla:

Tabla XLIX. **Costos de la propuesta de capacitación**

Tipo	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Capacitadores	Jefe del laboratorio. Especialista químico. Epesista	6,5 horas	Q 94,50 / hora	Q614,25
Documentación	Material de apoyo impreso para entregar a colaboradores del laboratorio.	50 impresiones	Q 0,50	Q 25,00
Material / Físico	Salón para capacitación	1	Q 0,00	Q 0,00
	Pizarrón	1	Q 0,00	Q 0,00
	Sillas	12	Q 0,00	Q 0,00
	Marcadores	3	Q 3,00	Q 9,00
Totales				Q 648,25

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La metodología a utilizarse para realizar el análisis de materia orgánica en suelos es la de combustión húmeda de Walkley & Black, sobre otros como el de ignición, se puede realizar de una manera eficiente y sencilla, para este análisis que es considerado de rutina dentro de NaturAlab, además cumple con 5 de los 6 parámetros estimados para la validación, obteniendo resultados válidos y representativos para el inicio de operaciones con esta metodología, de estos datos se puede concluir que la validación queda establecida y el conjunto de datos será referencial para el análisis de futuras muestras.
2. Se creó la documentación necesaria para realizar la validación de la metodología, la cual incluía formatos para ingreso de resultados, verificaciones de calibraciones, registro de accidentes, gráficos de control. Adicional se creó toda la documentación necesaria para la inducción de los colaboradores del laboratorio como lo son seguridad e higiene en el laboratorio, correcto manejo de sustancias químicas y desechos, exámenes, etc.

3. Para la verificación del cumplimiento de la validación de la metodología de análisis de materia orgánica en suelos se utilizó la técnica de gráficos de control X durante un período de 4 semanas laborales. Quedando establecido el rango de análisis para el control de suelo con una variación que va desde 6,46 a 7,34 en porcentaje de materia orgánica, cualquier dato que se presente fuera de este intervalo se tomará como incorrecto y se aplicarán las técnicas que sean necesarias para establecer el origen de la variación en los datos.

4. El correcto manejo de desechos químicos provee de herramientas para el cuidado de la salud de los analistas, ya que, les enseña buenas prácticas dentro del laboratorio para disminuir el riesgo de un accidente. A la vez el correcto desecho de productos químicos, también genera herramientas para cuidar al medio ambiente de desechos químicos que contaminan, pero que con un poco de tratamiento previo, pueden llegar a ser eliminados sin causar impacto ambiental. En NaturAlab se optó por contratar los servicios de una empresa dedicada exclusivamente al manejo de desechos químicos generados en el laboratorio, pero de igual manera los colaboradores conocen técnicas básicas para desechar estas sustancias de manera que no representen mayor riesgo para el ambiente.

5. Las capacitaciones son un proceso para proporcionar a los colaboradores de algún tipo de habilidad que deberá ser de provecho, para el trabajo también se creó un plan para capacitar a los colaboradores de NaturAlab en temas que se diagnosticaron como importantes, como lo son normativo de trabajo en el laboratorio, seguridad e higiene industrial, manejo de desechos, todo esto para que puedan desempeñar de mejor manera el trabajo. El 85 % de los colaboradores aprobó esta capacitación, por lo cual se considera como un éxito y que los colaboradores tienen una idea firme de cuál es la manera en que deben de realizar el trabajo para minimizar los riesgos existentes tanto para ellos como para el ambiente. Por aparte el analista encargado del análisis de materia orgánica en suelos recibió una inducción especial para realizar de manera correcta el trabajo, donde se abordaron temas como los principios que rigen la metodología y el procedimiento que se debe de seguir para la preparación de soluciones, etc.

RECOMENDACIONES

1. Al jefe del laboratorio: si se desea que NaturAlab posea certificaciones importantes como lo son la OGA y respaldo para los datos con ensayos interlaboratorios con entidades como WEPAL, debe ser implementado un sistema de gestión de calidad basado en los principios de la Norma ISO 17025.
2. Al jefe del laboratorio: continuar realizando el análisis de materia orgánica para muestras de suelo con la metodología de Walkley and Black, ya que, es el que más se acomoda a las necesidades actuales del laboratorio.
3. Al especialista de sistema de gestión de calidad: se debe continuar con las metodologías de control para análisis implantadas, ya que, es la única forma con que se cuenta para asegurar la calidad de los resultados.
4. Al especialista de sistema de gestión de calidad: crear metodologías definidas y establecidas para la creación de formatos para uso del laboratorio y no permitir que cualquier persona realice cambios, ya que, deben llevar una secuencia y una concordancia, para obtener la mejor precisión en toda la parte documental.
5. Al jefe del laboratorio: continuar detectando necesidades en el personal para poder seguir capacitándolos con herramientas que los ayudaran a realizar el trabajo de una manera más eficiente.

6. Al especialista químico: implementar el plan para la reducción de reactivos químicos en el análisis de foliares, ya que, representa un ahorro en costos para Naturlab y ahorro en riesgos para los analistas que realicen esta función.
7. Al jefe del laboratorio: continuar con el contrato realizado con ECOTERMO, ya que, esta es la manera más correcta para el desecho de reactivos químicos sin que se puedan causar daños nocivos en el medio ambiente.
8. Al jefe del laboratorio: instalar 2 sistemas de extracción de polvo en el área de molido, secado y tamizado de muestras, uno para realizar la molienda de tejido vegetal y el otro para realizar la molienda de suelos.

BIBLIOGRAFÍA

1. COMISIÓN GUATEMALTECA DE NORMAS –COGUANOR–, *Directrices para la documentación de sistemas de gestión de calidad*. 2a ed. Guatemala: Ministerio de Economía. 20 p.
2. ——— . *Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*, 2a ed. Guatemala: Ministerio de Economía, 2005. 38 p.
3. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill. 458 p.
4. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total*. 3a ed. México: McGraw-Hill, 2010. 363 p.
5. HENRY Glynn; HEINKE Gary. *Ingeniería ambiental*. 2a ed. México: Prentice Hall, 1999. 498 p.
6. Instituto de la Salud Pública de Chile. *Validación de métodos y determinación de incertidumbre de la medición*. Chile 2010. 67 p.
7. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala. *Guía práctica para el manejo de residuos en el sector público guatemalteco*. Guatemala: MARN, 2009. 57 p.

8. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial*. 11a ed.. México: Alfaomega. 745 p.
9. ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE ESTANDARIZACIÓN, Norma internacional ISO 9001, Suiza: ISO copyright office, 2008. 32 p.
10. PÉREZ RIVIERA, Sergio Fernando, *Manual de seguridad e higiene industrial*, Guatemala: INTECAP 2005. 135 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. estudio de tiempos para la metodología de análisis de materia orgánica en suelos

Calculo de concesiones para el trabajo	
--	--

Instrucciones: Se llenaran los datos personales de cada colaborador, posteriormente se marcara con color amarillo (■) las valoraciones y los suplementos que el colaborador haya demostrado durante el estudio de tiempos, según las definiciones que se explican en la tabla "valoración del ritmo de trabajo" y la tabla "cantidad variable de suplemento", después se realizara la suma de cada una de estas, para tener el valor total de concesiones para cada colaborador.

Valoración del ritmo de trabajo:

Habilidades	Esfuerzos
Habilidad deficiente (malo y torpe)	Esfuerzo deficiente
Empleado nuevo o no adaptado No familiarizado con el trabajo Incierto en el orden debido a las operaciones Titubea entre las operaciones Comete muchos errores Movimientos torpes No coordina mente con manos Falta de confianza en sí mismo Incapaz de razonar por sí mismo No puede interpretar bien instrucciones	Pierde el tiempo claramente Falta de interés en el trabajo Le molestan las sugerencias Trabaja despacio y se muestra perezoso Intenta prolongar el tiempo utilizando métodos inadecuados como: Dar vueltas innecesarias en busca de herramientas o materiales Efectúa más movimientos de los necesarios Mantiene en desorden su lugar de trabajo Efectua su trabajo con una exactitud mayor que la necesaria Utiliza a propósito herramientas equivocadas e inadecuadas
Habilidad regular	Esfuerzo regular
Familiarizado superficialmente con el equipo y el ambiente Inadaptado al trabajo durante largo tiempo Empleado relativamente nuevo Sigue el orden debido de las operaciones sin demasiado titubeo Un tanto torpe e incierto, pero sabe lo que esta haciendo Hasta cierto limite planea de antemano No tiene cofianza plena en si mismo Pierde tiempo a consecuencia de sus desaciertos Puede interpretar instrucciones relativamente bien Produce lo mismo que el empleado de habilidad mala, pero con menos esfuerzo	Las mismas tendencias generales del anterior, pero con menos intensidades Acepta sugerencias con poco agrado Su atención puede desviarse del trabajo Afectado posiblemente por falta de sueño, vida desordenada o preocupaciones Pone algo de empeño en su trabajo Utiliza medios inadecuados tales como: Es medianamente sistemático, pero sigue siempre el mismo orden Trabaja también con demasiada exactitud Hace su trabajo demasiado difícil No emplea las mejores herramientas Aparenta ignorancia sobre el trabajo que hace

Continuación del apéndice 1.

Habilidad promedio (medio)	Esfuerzo promedio
<p>Trabaja con una exactitud razonable Tiene confianza en si mismo Conoce bien su trabajo Sigue un proceso establecido sin titubeos apreciables Conoce sus herramientas y equipos Planea las cosas de antemano Coordina la mente y las manos Interpreta bien las instrucciones Se muestra poco lento en los movimientos Realiza un trabajo satisfactorio.</p>	<p>Trabaja con constancia Mejor que el regular Acepta sugerencias pero no pone en práctica ninguna Parece frenar sus mejores esfuerzos Con respecto al método Tiene una buena distribución de su área de trabajo Planea Trabaja con buen sistema Reduce los movimientos perdidos</p>
Habilidad buena	Esfuerzo bueno
<p>Los titubeos se han eliminado totalmente Francamente mejor que el hombre medio Marcadamente inteligente Posee una buena capacidad de razonamiento Necesita poca vigilancia Trabaja a una marcha constante Bastante rapido en sus movimientos Trabaja correctamente y de acuerdo con las especificaciones Puede instruir a otros menos habiles Movimientos bien coordinados</p>	<p>Pone interés en el trabajo Muy poco o ningún tiempo perdido Trabaja al ritmo más adecuado a su resistencia Consciente de su trabajo Se interesa por los consejos y sugerencias, los pone en practica Constante y confiado Sigue el método establecido Está preparado y tiene en orden su lugar de trabajo</p>
Habilidad excelente	Esfuerzo excelente
<p>Trabaja ritmica y coordinadamente Precision de accion Muestra velocidad y suavidad en la ejecucion Completamente familiarizado con el trabajo No comete equivocaciones Trabaja con exactitud, efectuando pocas mediciones y comprobaciones Obtiene el maximo aprovechamiento de su maquina y herramientas Tiene velocidad sin sacrificar la calidad Tiene plena confianza en esi mismo Posee gran destreza manual natural</p>	<p>Trabaja con rapidez Utiliza el razonamiento tanto como las manos Tiene gran interés en su trabajo Recibe y hace muchas sugerencias Puede mantener esfuerzo por más de unos días Trata de mostrar superioridad Utiliza el mejor equipo y los mejores métodos disponibles Reduce al mínimo los movimientos innecesarios Trabaja sistemáticamente con su mejor habilidad.</p>
Habilisimo	Excesivo
<p>Trabaja como una maquina Es un operador de habilidad excelente que se ha perfeccionado Ha permanecido en su trabajo durante años Naturalmente adaptado al trabajo Sus movimientos son tan rapidos y suaves que son dificiles de seguir No parece tener que pensar lo que esta haciendo Los elementos de la operación se unen de tal manera que son dificiles de reconocer Indudablemente, el mejor de todos.</p>	<p>Tiene un ritmo de trabajo imposible de mantener constantemente Realiza el mejor esfuerzo desde todos los puntos de vista (menos el de la salud)</p>

Continuación del apéndice 1.

Nombre:	Jose Tzalam	Fecha:	mayo de 2013
Género:	Masculino	Edad:	años
Cargo:	Analista materia orgánica en suelos	Área de trabajo:	Preparación de foliares

Valoraciones del trabajo

Habilidad			Esfuerzo			Habilidad: es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador.
A	Habilísimo	+0.15	A	Excesivo	+0.15	
B	Excelente	+0.10	B	Excelente	+0.10	
C	Bueno	+0.05	C	Bueno	+0.05	
D	Medio	0.00	D	Medio	0.00	
E	Regular	-0.05	E	Regular	-0.05	
F	Malo	-0.10	F	Malo	-0.10	
G	Torpe	-0.15	G	Torpe	-0.15	
Condiciones			Consistencia			Condiciones: son aquellas condiciones (luz, ventilación, calor) que afectan únicamente al operario y no aquellas que afectan a la operación.
A	Buena	+0.05	A	Buena	+0.05	
B	Media	0.00	B	Media	0.00	
C	Mala	-0.05	C	Mala	-0.05	
Consistencia: son los valores de tiempo que realiza el operador que se repiten en forma constante o inconsistente.						

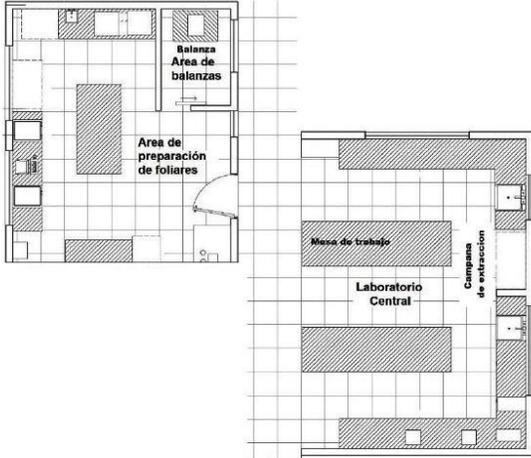
Cantidad variable del suplemento	Hombres	Mujeres
Suplementos constantes		
Suplementos por necesidades personales	5	7
Suplementos basados por fatiga	4	4
Suplementos variables		
Suplemento por trabajar de pie	2	4
Suplemento por postura anormal		
Ligeramente incomoda	0	1
Incomoda (inclinado)	2	3
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7
Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)		
Peso levantado por Kg		
2.5	0	1
05	1	2
10	3	4
20	9	13
25	13	(20kg máx.)
30	17	--

Continuación del apéndice 1.

Mala iluminación		
Ligeramente debajo de la potencia calculada	0	0
Bastante por debajo	2	2
Absolutamente insuficiente	5	5
Concentración intensa		
Trabajos de cierta precisión	0	0
Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
Ruido		
Continuo	0	0
Intermitente y fuerte	2	2
Intermitente y muy fuerte	5	5
Tensión mental		
Proceso bastante complejo	1	1
Proceso complejo o atención	4	4
Dividida entre muchos objetos	8	8
Monotonía		
Trabajo algo monótono	0	0
Trabajo bastante monótono	1	1
Trabajo muy monótono	4	4
Tedio		
Trabajo algo aburrido	0	0
Trabajo aburrido	2	1
Trabajo muy aburrido	5	4

											Suma	
Valoraciones del trabajo	+0.05			+0.05			+0.05			0.00		+0.15
Tolerancias	0.05	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	+0.17

Continuación del apéndice 1.

Calculo de tiempo estándar														
Proceso:	Análisis de % de materia orgánica en suelos	Responsable:	Jose Tzalam											
Área:	Laboratorio central y área de balanzas	Análisis:	Gabriel Oliva											
		Materiales y equipos: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Erlenmeyer de 250 mL ✓ Dispensadores automáticos ✓ Gotero ✓ Papel parafinado ✓ Tabla, lapicero y formato ✓ Balanza de precisión ✓ Campana de extracción de gases ✓ Agitador magnético y magneto 												
		Reactivos: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Ácido sulfúrico ✓ Ácido fosfórico ✓ Solución dicromato de potasio ✓ Solución sulfato ferroso heptahidratado ✓ Solución difenilamina ✓ Agua desmineralizada 												
		Equipos de seguridad: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Bata ✓ Guantes (fuera del área de balanzas) ✓ Gafas de seguridad 												
		Condiciones: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Trabajo de pie ✓ Laboratorio central buenas condiciones. ✓ Área de balanzas Calor (aprox. 28°) Humedad (aprox. 65%) 												
Procedimiento	Tiempos en segundos										Suma	T_{prom}		
Escoger las muestras	90 muestras										180	180		
Llevar las muestras a analizar	90 muestras										60	60		
Identificar el erlenmeyer	20	23	22	21	22	23	23	23	23	22	24	23	1068	22.25
	21	23	23	22	23	21	20	22	22	23	22	21		
	25	21	24	23	20	23	21	22	22	22	23	23		
	23	22	21	23	23	20	22	24	23	22	23	21		
Pesar muestra	44	44	45	45	46	45	46	44	46	44	41	44	2134	44.46
	46	48	44	42	45	46	44	42	44	43	44	46		
	47	44	45	44	45	45	46	44	44	43	42	44		
	44	42	47	44	43	43	44	46	46	44	45	45		

Continuación del apéndice 1.

Llevar las muestras a la campana	90 muestras											60	60	60
Agregar 10 mL de dicromato de potasio	22	21	22	20	20	23	22	23	24	23	22	22	1065	22.19
	21	22	21	22	23	23	23	23	23	24	23	22		
	22	21	23	22	20	22	22	22	24	22	22	23		
	23	23	22	22	21	22	21	23	23	23	22	21		
Agregar 20 mL de ácido sulfúrico	24	22	23	24	22	22	24	23	22	21	24	22	1084	22.58
	23	23	22	23	22	23	22	23	22	23	23	24		
	22	21	23	22	24	22	24	21	23	21	23	23		
	23	22	22	23	24	21	23	22	22	22	21	24		
Agitar muestras manualmente	1 minuto por muestra											60	60	60
Esperar a que la muestra se enfríe	20 minutos por muestra											1200	1200	1200
Agregar 150mL de agua desmineralizada	22	23	22	22	22	23	23	21	22	21	22	22	1061	22.10
	23	23	22	21	22	21	21	23	22	22	22	22		
	23	22	22	21	22	22	21	21	23	22	23	22		
	22	21	22	22	21	23	23	23	23	22	23	23		
Agregar 10 mL de ácido fosfórico	24	23	24	22	22	23	23	22	24	21	22	22	1082	22.54
	23	22	23	23	23	22	21	22	23	23	22	24		
	24	22	23	22	23	23	22	21	21	22	23	22		
	22	22	22	23	23	23	22	23	24	22	22	23		
Agregar 10 gotas de difenilamina	23	22	22	22	23	23	21	23	22	22	21	22	1075	22.40
	22	23	22	22	23	21	21	22	24	22	23	23		
	22	23	24	24	23	22	22	21	22	23	23	22		
	21	22	22	23	22	23	23	24	24	22	21	23		
Trasladar muestras a mesa de trabajo	90 muestras											60	60	60
Titular con sulfato ferroso heptahidratado	133	134	131	133	133	135	130	140	136	137	139	140	6415	133.65
	130	133	135	134	136	128	136	130	132	133	134	127		
	134	135	134	136	132	135	136	127	133	135	133	136		
	135	134	130	129	132	133	134	136	138	133	129	137		
Apuntar dato de mL de sulfato ferroso heptahidratado consumido	22	23	24	22	21	20	22	21	22	23	21	22	1067	22.23
	23	23	23	22	22	21	24	21	20	22	21	22		
	23	22	22	21	24	24	22	21	23	23	24	25		
	23	24	23	22	21	22	24	25	21	20	20	21		
Desechar muestras	33	32	33	34	34	34	33	36	31	33	35	33	1611	33.56
	34	36	34	35	34	33	35	31	35	34	34	35		
	30	33	32	36	32	35	34	35	34	32	36	33		
	33	32	32	34	33	35	34	33	32	35	33	32		

Continuación del apéndice 1.

Calculo del tiempo estándar para análisis de materia orgánica en suelos			
1 minuto = 60 segundos	1 hora = 60 minutos	1 día = 8 horas	28,800 segundos en un día de jornada diurna normal
Tiempo promedio escoger las muestras	180 segundos		
Total	180 segundos		
Tiempo promedio llevar muestras para analizar	60 segundos / 90 muestras		
Total	60 segundos		
Tiempo promedio identificar erlenmeyer	22.25 segundos		
Valoración del trabajo:	+ 0.15	$1 + 0.15 = 1.15$	$22.25 (1.15) = 25.5875$
Tolerancias:	+ 0.17	$1 + 0.17 = 1.17$	$25.5875 (1.17) = 29.93$
Total	29.93 \approx 30 segundos		
Tiempo promedio pesar 0.3 gramos de muestra	44.46 segundos		
Valoración del trabajo:	+ 0.15	$1 + 0.15 = 1.15$	$44.46 (1.15) = 51.129$
Tolerancias:	+ 0.17	$1 + 0.17 = 1.17$	$51.129 (1.17) = 59.82093$
Total	59.82093 \approx 60 segundos		
Tiempo promedio llevar las muestras a la campana de extracción de gases	60 segundos		
Total	60 segundos		
Tiempo promedio agregar 10mL dicromato de potasio	22.19 segundos		
Valoración del trabajo:	+ 0.15	$1 + 0.15 = 1.15$	$22.19 (1.15) = 25.5185$
Tolerancias:	+ 0.17	$1 + 0.17 = 1.17$	$25.5185 (1.17) = 29.856645$
Total	29.856645 \approx 30 segundos		
Tiempo promedio agregar 20mL ácido sulfúrico	22.58 segundos		
Valoración del trabajo:	+ 0.15	$1 + 0.15 = 1.15$	$22.58 (1.15) = 25.967$
Tolerancias:	+ 0.17	$1 + 0.17 = 1.17$	$25.967 (1.17) = 30.38139$
Total	30.38139 \approx 30 segundos		

Continuación del apéndice 1.

Tiempo promedio agitar muestras durante 1 minuto	60 segundos		
Total	60 segundos		
Tiempo promedio esperar a que la muestra se enfríe	1200 segundos		
Total	1200 segundos		
Tiempo promedio agregar 150mL de agua desmineralizada	22.10 segundos		
Valoración del trabajo:	+ 0.15	$1 + 0.15 = 1.15$	$22.10 (1.15) = 25.415$
Tolerancias:	+ 0.17	$1 + 0.17 = 1.17$	$25.415 (1.17) = 29.73555$
Total	$29.73555 \approx 30$ segundos		
Tiempo promedio agregar 10mL de ácido fosfórico	22.54		
Valoración del trabajo:	+ 0.15	$1 + 0.15 = 1.15$	$22.54 (1.15) = 25.921$
Tolerancias:	+ 0.17	$1 + 0.17 = 1.17$	$25.921 (1.17) = 30.32757$
Total	$30.32757 \approx 30$ segundos		
Tiempo promedio agregar 10 gotas de difenilamina	22.40		
Valoración del trabajo:	+ 0.15	$1 + 0.15 = 1.15$	$22.40 (1.15) = 25.76$
Tolerancias:	+ 0.17	$1 + 0.17 = 1.17$	$25.76 (1.17) = 30.1392$
Total	$30.1392 \approx 30$ segundos		
Tiempo promedio trasladar muestras a mesa de trabajo	60 segundos		
Total	60 segundos		
Tiempo promedio titular con sulfato ferroso heptahidratado	133.65 segundos		
Valoración del trabajo:	+ 0.15	$1 + 0.15 = 1.15$	$133.65 (1.15) = 153.6975$
Tolerancias:	+ 0.17	$1 + 0.17 = 1.17$	$153.6975 (1.17) = 179.8260$
Total	$179.8260 \approx 180$ segundos		

Continuación del apéndice 1.

Tiempo promedio apuntar dato de mL de sulfato ferroso heptahidratado consumido	22.23 segundos		
Valoración del trabajo:	+ 0.15	$1 + 0.15 = 1.15$	$22.23 (1.15) = 25.5645$
Tolerancias:	+ 0.17	$1 + 0.17 = 1.17$	$25.5645 (1.17) = 29.910465$
Total	29.910465 \approx 30 segundos		
Tiempo promedio desechar la muestra	33.56 segundos		
Valoración del trabajo:	+ 0.15	$1 + 0.15 = 1.15$	$33.56 (1.15) = 38.594$
Tolerancias:	+ 0.17	$1 + 0.17 = 1.17$	$38.594 (1.17) = 45.155$
Total	45.155 \approx 45 segundos		
Tiempo total = 2215 segundos por muestra			

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Datos para generar gráfica de control para metodología de análisis de materia orgánica en suelos

 NaturAlab <small>Análisis de Suelos y Foliareos</small>			Ingreso de mL de sulfato ferroso heptahidratado consumidos en muestras de control de suelos							
Mes: Abril 2013			Analista: José Tzalam					Página 1 de 2		
mL de sulfato ferroso heptahidratado consumidos										
Muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
Blanco 1	10,25	10,33	9,85	10,22	10,27	10,2	10,18	10,29	10,36	10,25
Blanco 2	10,31	10,26	9,90	10,24	10,34	10,26	10,27	10,34	10,31	10,21
Normalidad	0,97	0,97	1,01	0,98	0,97	0,98	0,98	0,97	0,97	0,98
Control 1	7,21	7,26	6,31	7,26	7,27	7,29	7,19	7,25	7,28	7,14
Control 2	7,16	7,31	6,33	7,14	7,24	7,32	7,18	7,26	7,14	7,18
Control 3	7,23	7,28	6,37	7,23	7,16	7,21	7,15	7,32	7,27	7,16
Control 4	7,26	7,27	6,7	7,25	7,27	7,26	7,23	7,18	7,14	7,26
Control 5	7,24	7,22	6,41	7,18	7,2	7,27	7,28	7,27	7,17	7,28
Control 6	7,29	7,3	6,31	7,28	7,32	7,18	7,14	7,15	7,16	7,18
Control 7	7,11	7,19	6,38	7,19	7,26	7,25	7,16	7,18	7,35	7,27
Control 8	7,19	7,24	6,42	7,32	7,31	7,11	7,19	7,23	7,29	7,32
Control 9	7,28	7,22	6,37	7,16	7,15	7,19	7,29	7,27	7,21	7,25
mL de sulfato ferroso heptahidratado consumidos										
Muestra	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20
Blanco 1	10,29	10,36	10,3	10,24	10,31	10,29	10,25	10,24	10,28	10,34
Blanco 2	10,34	10,29	10,24	10,28	10,36	10,23	10,33	10,19	10,33	10,29
Normalidad	0,97	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,97	0,97
Control 1	7,3	7,17	7,19	7,24	7,26	7,15	7,14	7,23	7,19	7,29
Control 2	7,22	7,21	7,12	7,27	7,29	7,16	7,24	7,17	7,26	7,2
Control 3	7,28	7,14	7,26	7,16	7,25	7,1	7,19	7,28	7,29	7,13
Control 4	7,19	7,25	7,19	7,15	7,21	7,2	7,28	7,15	7,17	7,24
Control 5	7,15	7,13	7,16	7,13	7,19	7,25	7,21	7,2	7,25	7,15
Control 6	7,16	7,19	7,25	7,21	7,13	7,17	7,2	7,19	7,21	7,17
Control 7	7,27	7,1	7,2	7,29	7,19	7,14	7,11	7,25	7,28	7,21
Control 8	7,22	7,15	7,24	7,2	7,17	7,31	7,16	7,13	7,16	7,19
Control 9	7,2	7,29	7,17	7,26	7,24	7,29	7,21	7,12	7,14	7,25

Continuación del apéndice 2.

 NaturAlab <small>Análisis de Suelos y Foliareos</small>		Ingreso del % de materia orgánica en muestras de control de suelos								
Mes: Abril 2013		Analista: José Tzalam							Página 2 de 2	
Utilizando los datos de la página anterior (página 1 de 2), y la siguiente formula, calcular el % de materia orgánica para las muestras de control de suelos. $\% \text{ Materia Organica} = (10\text{mL } K_2Cr_2O_7 - \text{mL } FeSO_4 \cdot 7H_2O * \text{normalidad})2.3$										
% de materia orgánica										
Muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
Control 1	6,87	6,78	8,30	6,68	6,77	6,61	6,83	6,83	6,80	6,95
Control 2	6,98	6,67	8,26	6,95	6,84	6,54	6,85	6,81	7,11	6,86
Control 3	6,82	6,74	8,16	6,74	7,02	6,79	6,92	6,68	6,82	6,90
Control 4	6,76	6,76	7,39	6,70	6,77	6,68	6,74	6,99	7,11	6,68
Control 5	6,80	6,87	8,07	6,86	6,93	6,65	6,62	6,79	7,04	6,63
Control 6	6,69	6,69	8,30	6,63	6,66	6,86	6,94	7,06	7,07	6,86
Control 7	7,09	6,94	8,14	6,83	6,80	6,70	6,89	6,99	6,64	6,65
Control 8	6,91	6,83	8,05	6,54	6,68	7,01	6,83	6,88	6,78	6,54
Control 9	6,71	6,87	8,16	6,90	7,04	6,83	6,60	6,79	6,95	6,70
% de materia orgánica										
Muestra	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20
Control 1	6,72	6,94	6,90	6,77	6,84	6,97	7,04	6,72	6,95	6,75
Control 2	6,90	7,09	7,05	6,70	6,78	6,95	6,82	6,86	6,80	6,95
Control 3	6,77	6,85	6,74	6,95	6,87	7,08	6,93	6,61	6,73	7,10
Control 4	6,97	7,12	6,90	6,97	6,95	6,86	6,73	6,90	7,00	6,86
Control 5	7,06	6,98	6,96	7,02	7,00	6,75	6,88	6,79	6,82	7,06
Control 6	7,03	7,18	6,76	6,84	7,13	6,93	6,91	6,81	6,91	7,01
Control 7	6,79	7,07	6,88	6,66	7,00	6,99	7,11	6,68	6,75	6,92
Control 8	6,90	6,76	6,79	6,86	7,04	6,61	7,00	6,95	7,02	6,97
Control 9	6,95	7,03	6,94	6,73	6,89	6,34	6,88	6,97	7,06	6,83

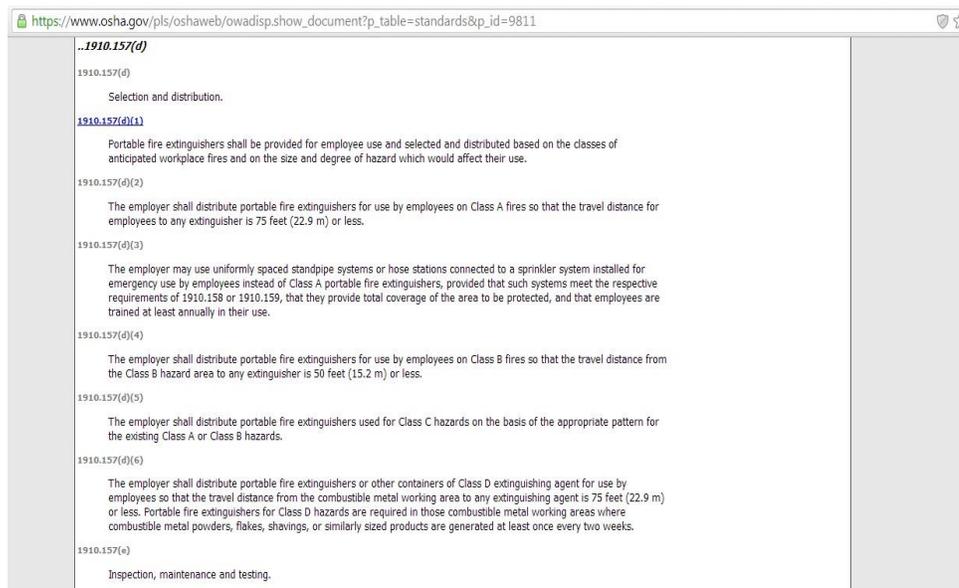
Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Norma OSHA 1910 apartado 29 CFR 1910.157

La Norma 29 CFR 1910.157 de OSHA 1910 estipula que el patrón (a) proporciona extintores contra incendios diseñados para controlar diferentes tipos de incendios, inspecciona, mantiene y verifica los extintores de incendio por lo menos una vez al año e instala, ubica e identifica los extintores de incendio de tal forma que son fáciles de alcanzar.

OSHA (y NFPA) estipulan que los extintores tienen que estar a un mínimo de 50 a 75 pies (15,24 a 22,86 metros) del peligro apropiado (por ej., papel, madera, líquidos inflamables, equipos eléctricos y metales).



https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=standards&p_id=9811

..1910.157(d)

1910.157(d)

Selection and distribution.

1910.157(d)(1)

Portable fire extinguishers shall be provided for employee use and selected and distributed based on the classes of anticipated workplace fires and on the size and degree of hazard which would affect their use.

1910.157(d)(2)

The employer shall distribute portable fire extinguishers for use by employees on Class A fires so that the travel distance for employees to any extinguisher is 75 feet (22.9 m) or less.

1910.157(d)(3)

The employer may use uniformly spaced standpipe systems or hose stations connected to a sprinkler system installed for emergency use by employees instead of Class A portable fire extinguishers, provided that such systems meet the respective requirements of 1910.158 or 1910.159, that they provide total coverage of the area to be protected, and that employees are trained at least annually in their use.

1910.157(d)(4)

The employer shall distribute portable fire extinguishers for use by employees on Class B fires so that the travel distance from the Class B hazard area to any extinguisher is 50 feet (15.2 m) or less.

1910.157(d)(5)

The employer shall distribute portable fire extinguishers used for Class C hazards on the basis of the appropriate pattern for the existing Class A or Class B hazards.

1910.157(d)(6)

The employer shall distribute portable fire extinguishers or other containers of Class D extinguishing agent for use by employees so that the travel distance from the combustible metal working area to any extinguishing agent is 75 feet (22.9 m) or less. Portable fire extinguishers for Class D hazards are required in those combustible metal working areas where combustible metal powders, flakes, shavings, or similarly sized products are generated at least once every two weeks.

1910.157(e)

Inspection, maintenance and testing.

Fuente:

Anexo 4. inciso 5.1 de la norma ISO 17025

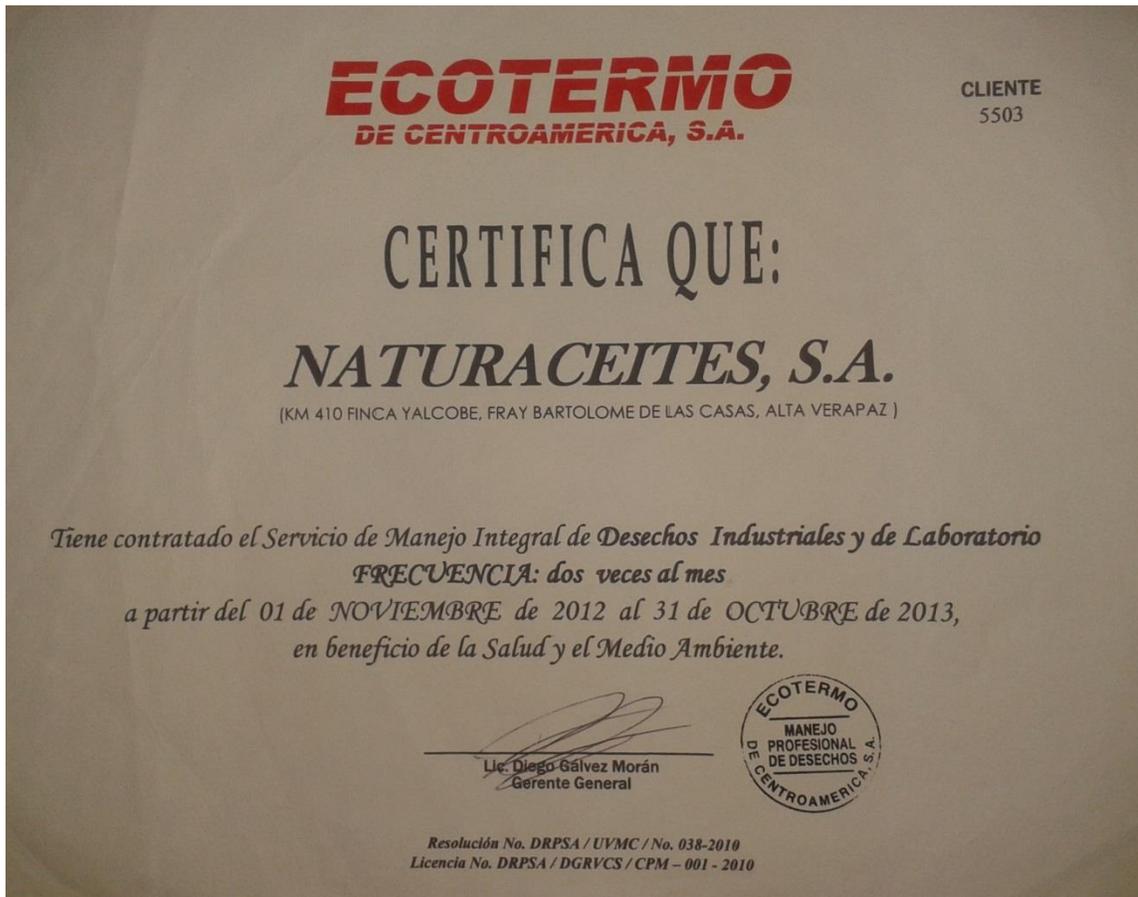
5.1 Generalidades

5.1.1 Muchos factores determinan la exactitud y la confiabilidad de los ensayos o de las calibraciones realizadas por un laboratorio. Los cuales incluyen elementos provenientes de:

- Los factores humanos (5,2)
- Las instalaciones y las condiciones ambientales (5,3)
- Los métodos de ensayo, calibración y la validación de los métodos (5,4)
- Los equipos (5,5)
- La trazabilidad de las mediciones (5,6)
- El muestreo (5,7)
- El manejo de los objetos a ensayar o a calibrar (5,8)

Fuente:

Anexo 5. Contrato ECOTERMO



Fuente:

