



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA
III, ANÁLISIS CUALITATIVO, QUÍMICA IV Y ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA ESCUELA
DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Sergio Alberto Menéndez Morales

Asesorado por la Inga. Lisely de León Arana
y la Inga. Casta Petrona Zeceña Zeceña

Guatemala, julio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA
III, ANÁLISIS CUALITATIVO, QUÍMICA IV Y ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA ESCUELA
DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO ALBERTO MENÉNDEZ MORALES

ASESORADO POR LAS INGAS. LISELY DE LEÓN ARANA
Y CASTA PETRONA ZECEÑA ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, JULIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADORA	Inga. Casta Petrona Zeceña Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
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:

DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA III, ANÁLISIS CUALITATIVO, QUÍMICA IV Y ANÁLISIS CUANTITATIVO, DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 27 de mayo de 2011.



Sergio Alberto Menéndez Morales



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.

Edificio T-5, Ciudad Universitaria, zona 12, Guatemala, Centroamérica
Teléfono directo: (502) 2418-9118 PBX: 2418-8000 extensión 1599 Extensión 86214

Guatemala, 15 de marzo de 2012

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
Director
Escuela Ingeniería Química

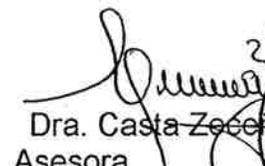
Estimado Ing. Álvarez:

Le saludamos, esperando que sus actividades se lleven a cabo con éxito. El motivo de la presente es para informarle que, en nuestra calidad de asesoras hemos revisado el Informe Final del estudiante de Ingeniería Química, SERGIO ALBERTO MENÉNDEZ MORALES, carnet 200511934 titulado, "DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA III, ANÁLISIS CUALITATIVO, QUÍMICA IV Y ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA".

Y consideramos que está listo para continuar con los procedimientos internos de aprobación de la Escuela de Ingeniería Química.

Sin otro particular, agradeciendo su atención a la presente, nos despedimos,
Atentamente,


Inga Lisely De León, M.Sc.
Asesora


Dra. Casta Zecón
Asesora



ACAAI

Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería



Oficina Verde

FORMANDO INGENIEROS QUÍMICOS EN GUATEMALA Desde 1939



Guatemala, 20 de marzo de 2012
Ref. EI.Q.TG-IF.015.2012

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-284-2011-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **Sergio Alberto Menéndez Morales**

Identificado con número de carné: **2005-11934**

Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA III, ANÁLISIS CUALITATIVO, QUÍMICA IV Y ANÁLISIS CUANTITATIVO, DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por las Ingenieras:

Lisely de León Arana y Casta Zeceña Zeceña

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAR A TODOS"


Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA

C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería
Período 2009 - 2012



ACAAI

Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.107.2012

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **SERGIO ALBERTO MENÉNDEZ MORALES** titulado: "**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA III, ANÁLISIS CUALITATIVO, QUÍMICA IV Y ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**". Prócedé a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.



Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, Julio de 2012

Cc: Archivo
VMMV/ale





Ref. DTG.356.2012

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 Química, al trabajo de graduación titulado: **DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA III, ANÁLISIS CUALITATIVO, QUÍMICA IV Y ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Sergio Alberto Menéndez Morales**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, julio de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme siempre lo que necesito y permitirme vivir este momento.
La Santa Virgen María	Por su intercesión y gran ayuda en todo momento.
Mis padres	Lic. Sergio Menéndez Ruíz, Raquel Morales de Menéndez, por todo su apoyo, cariño y sacrificio.
Mi hermana	Andrea Raquel, por su cariño y apoyo durante esta etapa de mi vida.
Mis abuelos	En especial a Carmen Sánchez, Ricardo Morales (q.e.p.d.), Enriqueta Ruíz (q.e.p.d.) y Oscar Menéndez (q.e.p.d.).
Mis tíos y primos	Por su ayuda, ejemplos y consejos.
Mis amigos y compañeros	Por su apoyo y confianza.
Mis profesores	Por sus enseñanzas, consejos, apoyo y confianza.

AGRADECIMIENTOS A:

Inga. Lisely De León

Por su ayuda, colaboración, confianza, apoyo y dedicación en la elaboración de este trabajo.

Dra. Casta Zeceña

Por su ayuda, colaboración y apoyo en la elaboración de este trabajo.

**Centro Guatemalteco
de Producción Más Limpia**

Por su ayuda, colaboración y apoyo en la elaboración de este trabajo.

Ing. Otto De León

Por sus buenas enseñanzas académicas, laborales y de la vida.

Mis amigos

Erick Castro, Ángel Juárez, Allán Vasquez Gabriel Rosales, Víctor Aceituno, Astrid Carrera, Denise Galindo y Rosangela Juárez.

**La Universidad de San
de Carlos de Guatemala**

En especial a la Escuela de Ingeniería Química, por formarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Agenda 21.....	1
1.2. Desarrollo sostenible.....	2
1.2.1. Declaración de Johannesburgo sobre el desarrollo sostenible.....	2
1.2.2. Proclamación de la década de las Naciones Unidas de la educación para el desarrollo sostenible.....	2
1.3. Producción más Limpia y Sistemas de Gestión Ambiental	3
1.3.1. Sistema de Gestión Ambiental	3
1.3.2. Producción más Limpia	4
1.3.3. Programa Mundial de P+L de la ONUDI	5
1.4. Producción más Limpia en Guatemala y el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia.....	5
1.4.1. Política Nacional de Producción más Limpia mayo (2009).....	6

1.5.	Cooperación del Programa ELE en el Proyecto Piloto del SGA en el Laboratorio de Fisicoquímica Universidad de San Carlos de Guatemala	7
1.6.	Acuerdo de Cooperación USAC-CGP+L.	8
2.	MARCO TEÓRICO	9
2.1.	Sistema de Gestión Ambiental.....	9
2.2.	Producción más Limpia	10
2.2.1.	Indicadores ambientales	11
2.3.	Buenas prácticas ambientales en el laboratorio	12
2.3.1.	Buenas prácticas en la utilización de los recursos.....	12
2.3.1.1.	Almacenaje	12
2.3.1.2.	Uso	13
2.3.1.3.	Materias y productos.....	14
2.3.1.4.	Agua	15
2.3.1.5.	Energía	15
2.3.1.6.	Mantenimiento	16
2.4.	Buenas prácticas en el manejo de residuos	16
2.5.	Residuos peligrosos	17
2.6.	Clasificación de residuos	19
2.6.1.	Grupo I: disolventes halogenados.....	20
2.6.2.	Grupo II: disolventes no halogenados.....	20
2.6.3.	Grupo III: disoluciones acuosas	22
2.6.4.	Grupo IV: ácidos	22
2.6.5.	Grupo V: aceites	23
2.6.6.	Grupo VI: sólidos	23
2.6.7.	Grupo VII: especiales.....	24
2.7.	Etiquetado e identificación de los envases	25

2.8.	Información de los laboratorios de Química III, Análisis Cualitativo, Química IV y Análisis Cuantitativo de la Escuela de Ingeniería Química	26
2.8.1.	Química III	26
2.8.2.	Química IV.....	27
2.8.3.	Análisis Cualitativo	27
2.8.4.	Análisis Cuantitativo	27
2.8.5.	Instalaciones del laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química	27
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	29
3.1.	Variables	29
3.1.1.	Variables independientes	29
3.1.2.	Variable dependiente	31
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	31
3.3.	Recursos humanos disponibles	31
3.3.1.	Estudiante investigador	31
3.3.2.	Asesoras del proyecto	31
3.3.3.	Centro de apoyo del proyecto	32
3.3.4.	Directora de tesis	32
3.3.5.	Director de la Escuela de Ingeniería Química	32
3.3.6.	Estudiantes que utilizan las instalaciones del laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química	32
3.4.	Recursos materiales disponibles	33
3.4.1.	Equipo de medición.....	33
3.4.2.	Equipo adicional	33
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa	33
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	34

3.7.	Tabulación y procesamiento de la información.....	35
3.7.1.	Etapas para la creación del plan de mejora e implementación	35
3.8.	Actividades realizadas para el procesamiento de la información.....	36
3.9.	Análisis estadístico	37
4.	RESULTADOS.....	39
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	65
	CONCLUSIONES	67
	RECOMENDACIONES.....	69
	BIBLIOGRAFÍA	71
	APÉNDICES	73

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Pasos en la Producción más Limpia	34
2.	Etapas de la Producción más Limpia	35
3.	Potenciales de mejora, factores ambientales	43
4.	Potenciales de mejora, calidad del aire	43

TABLAS

I.	Grupo I: disolventes halogenados	20
II.	Grupo II: disolventes no halogenados	21
III.	Variables independientes	29
IV.	Consumo de agua	39
V.	Consumo de papel	40
VI.	Consumo de energía eléctrica	41
VII.	Generación de residuos y desechos	42
VIII.	Plan de acción y mejora	44
IX.	Programa ambiental, línea de acción: agua	46
X.	Programa ambiental, línea de acción: papel.....	48
XI.	Programa ambiental, línea de acción: energía eléctrica	50
XII.	Programa ambiental, línea de acción: residuos y desechos.....	52
XIII.	Programa ambiental, factores ambientales	58
XIV.	Plan de control y monitoreo	60

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
dB	Decibeles
CO₂	Dióxido de carbono
°C	Grados Celsius
Hr%	Humedad relativa
DFI	Índice de fotoionización
kg	Kilogramos
kWh	Kilowatts hora
L	Litros
m³	Metro cúbico
CO	Monóxido de carbono
PPM	Partes por millón
PM₁₀	Partículas menores

% Porcentaje

T Temperatura

GLOSARIO

Corrosivos	Son sustancias que son capaces de causar graves lesiones en los tejidos vivos (humanos) y de atacar a otras sustancias (metales, maderas).
COV	Compuestos orgánicos volátiles, son aquellos que se convierten fácilmente en vapores o gases.
Desechos	Toda materia considerada sobra o resto inservible que queda de algo, después de haberlo consumido.
Disolución acuosa	Se llama disolución (soluto y solvente) porque está formada por dos componentes, se dice acuosa porque el agua la mayoría de veces es el solvente.
Gestión ambiental	Estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al medio ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales.
Gestión de residuos	Es la recolección, transporte, procesamiento, tratamiento, reciclaje o disposición de material de desecho, generalmente producida por la actividad humana, en un esfuerzo por reducir los efectos perjudiciales ocasionados al medio ambiente y en recuperar los recursos del mismo.

Impacto ambiental	Efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente, en sus distintos aspectos.
Indicador ambiental	Cualquier parámetro medible del medio natural que informe sobre el estado de dicho medio o de aspectos relacionados con el.
Inflamable	Que arde con facilidad y desprende llamas inmediatamente.
Medio ambiente	Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinados, que influyen en la vida del ser humano y en las generaciones venideras.
Norma ISO 14000	Es una norma internacionalmente aceptada que expresa cómo establecer un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) efectivo.
Producción más Limpia	Es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia en general, y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente.
Reactivo	Toda sustancia que interactúa con otra en una reacción química que da lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta.

**Residuos
químicos
peligrosos**

Comprenden todos aquellos materiales que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas e inflamables, representan un peligro para la salud humana y el ambiente, cuando son manejados o dispuestos en forma inadecuada.

SGA

Siglas que significan Sistema de Gestión Ambiental; este incluye la estructura organizativa, actividades de planificación, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implantar, realizar, revisar y mantener la política ambiental.

Toxicidad

Es una medida usada para medir el grado tóxico o venenoso de algunos elementos. El estudio de los venenos se conoce como toxicología.

**Vertidos
líquidos**

Descarga de aguas residuales que se realice directa o indirectamente a los cauces mediante canales, desagües o drenajes de agua.

RESUMEN

El trabajo de graduación se enfocó en el desarrollo de un programa ambiental bajo los principios de Producción más Limpia en los laboratorios de los cursos de Química III, Análisis Cualitativo, Química IV y Análisis Cuantitativo de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

Se realizaron mediciones de diversas variables con el fin de determinar los potenciales de mejora en el laboratorio; con dichos potenciales se llegó a obtener un criterio para la mejora de las líneas de acción que lo tuvieran. Se desarrolló un plan de mejora con base en la evaluación de propuestas con criterios económicos y organizacionales. También se desarrolló un programa para cada línea de acción, el cual incluye las actividades que tanto estudiantes y profesores deben realizar para mantener o mejorar los indicadores propuestos, en el plan de control y monitoreo.

La cuantificación se realizó durante las sesiones prácticas programadas semestralmente, en las que cada grupo de estudiantes, realizaba por semana el procedimiento experimental asignado, según objetivos específicos para cada práctica, asignados por el personal docente.

La duración de cada práctica dependía de la organización, investigación y conocimiento por parte de cada grupo de trabajo.

Entre las propuestas de mejora para el laboratorio de Química se tiene: reducir el consumo de agua (para esto se colocarán rótulos del uso adecuado de este recurso); en cuanto al consumo de papel, incluir en todos los instructivos de laboratorios de Química, una normativa para el uso de ambos lados de las hojas, en los reportes, tareas e investigaciones. Para los residuos y desechos que se generan en el laboratorio, se dejó en el programa de esta línea de acción, los lineamientos para que estos tengan una disposición correcta.

OBJETIVOS

General

Desarrollar programas ambientales en los laboratorios de Química III, Análisis Cualitativo, Química IV y Análisis Cuantitativo, de la Escuela de Ingeniería Química, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos

1. Realizar una evaluación preliminar para determinar el potencial de mejora ambiental en el laboratorio.
2. Evaluar las medidas orientadas a la mejora de los procedimientos de trabajo, con base en criterios económicos, ambientales, técnicos y organizacionales, como parte del proceso de reforma curricular que será aprobado por Junta Directiva.
3. Crear un plan de acción, para la implementación de programas de manejo ambiental dentro del laboratorio.
4. Crear un plan de control y monitoreo de los programas ambientales.
5. Apoyar en la concientización de los estudiantes y catedráticos sobre el uso racional de los recursos de la Escuela de Ingeniería Química.

INTRODUCCIÓN

Se realizó el trabajo de graduación con el fin de crear un programa ambiental dentro de los laboratorios de los cursos de Química III, Análisis Cualitativo, Química IV y Análisis Cuantitativo. El programa ambiental va encaminado a que estudiantes y profesores del laboratorio utilicen de forma más eficiente los recursos de agua, papel, energía eléctrica, residuos y desechos. Asimismo, se determinaron factores ambientales para saber si las condiciones en las prácticas estaban de acuerdo con las normas internacionales de *confort*.

Todo esto se realizó durante las prácticas de los laboratorios en el segundo semestre del 2011. Para los residuos y desechos se tomó como base el instructivo del laboratorio donde se indican las cantidades de reactivos que utilizan los estudiantes y con base en esto, se calcularon los productos finales, los cuales fueron clasificados. Se investigó cuál era el mejor tratamiento para los residuos especiales y que estuvieran de acuerdo con las normativas del ministerio de ambiente y recursos naturales.

En los antecedentes se describe cómo a partir del concepto de desarrollo sostenible se generan las ideas de producción más limpia y sistema de gestión ambiental. En el marco teórico se explica en qué consisten las buenas prácticas ambientales en el laboratorio, las buenas prácticas en el manejo de residuos, la clasificación de residuos peligrosos e información sobre los laboratorios de los cursos trabajados. El diseño metodológico indica las variables y los recursos que se utilizaron para las mediciones y creación de los programas ambientales.

1. ANTECEDENTES

1.1. Agenda 21

Del 3 al 14 de junio de 1992 se celebró en Río de Janeiro (Brasil) la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida como “Cumbre de la Tierra”.

En la Conferencia se aprobaron tres acuerdos: el “Programa 21”; la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, para definir los derechos y deberes de los Estados, y la Declaración para apoyar el manejo sostenible. Además, dos instrumentos jurídicamente vinculantes se abrieron a la firma: la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

En la Agenda 21, se establecen acciones detalladas para alcanzar el desarrollo sostenible. Considera aspectos ambientales, económicos y sociales, tales como: la cooperación internacional, la lucha contra la pobreza, demografía, salud humana, recursos humanos y toma de decisiones.

Además, incluye temas referentes a la conservación y gestión de los recursos para el desarrollo, tales como: la atmósfera, los recursos de la tierra, zonas de montaña, agricultura, biodiversidad, océanos y mares, agua dulce, productos químicos tóxicos, desechos peligrosos, desechos sólidos, desechos radiactivos y aguas residuales.

1.2. Desarrollo sostenible

Es aquel desarrollo capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones.

1.2.1. Declaración de Johannesburgo sobre el desarrollo sostenible

Del 2 al 4 de septiembre de 2002, se celebró la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo (Sudáfrica) para reafirmar el compromiso de los representantes de los pueblos del mundo en pro del desarrollo sostenible.

A través de esta declaración, se asume la responsabilidad colectiva de promover y fortalecer, en los planos local, nacional, regional y mundial, el desarrollo económico y social y la protección ambiental, pilares del desarrollo sostenible. Además se confirmó la importancia de la educación para el desarrollo sostenible.

1.2.2. Proclamación de la década de las naciones unidas de la educación para el desarrollo sostenible

A través de la resolución 57/254 aprobada por la asamblea general de las Naciones Unidas el 20 de diciembre de 2002, se decidió proclamar el período de diez años que comenzó el 1 de enero de 2005 la “década de las naciones unidas de la educación para el desarrollo sostenible.”

Se invitó a los gobiernos a considerar esto en sus planes de acción y estrategias en materia de educación, a partir del 2005, teniendo en cuenta el

plan de aplicación internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

1.3. Producción más Limpia y Sistemas de Gestión Ambiental

La Producción más Limpia consiste en la aplicación continua de una estrategia de prevención ambiental a los procesos y a los productos con el fin de reducir riesgos para los seres humanos tanto como para el medio ambiente. Un sistema de gestión ambiental es un proceso cíclico de planificación, implantación, revisión y mejora de los procedimientos y acciones que lleva a cabo una organización de una actividad para garantizar el cumplimiento de sus objetivos ambientales.

1.3.1. Sistema de Gestión Ambiental

En la década de los 90, debido a la problemática ambiental, muchos países comenzaron a implementar sus propias normas ambientales, por lo que se hizo necesario tener un indicador universal que evaluara los esfuerzos de una organización por alcanzar una protección ambiental confiable y adecuada. La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) fue invitada a participar en la Cumbre de la Tierra, organizada por la Conferencia sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, en junio de 1992 en Río de Janeiro (Brasil) y en este evento, la ISO acordó crear normas ambientales internacionales.

Estas normas ambientales internacionales, actualmente conocidas como ISO 14000, establecen herramientas y sistemas enfocados a los procesos de producción de una industria o empresa, para la reducción de los efectos adversos que se generan sobre el medio ambiente.

1.3.2. Producción más Limpia

La misión del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA es cooperar con los gobiernos, autoridades locales y la industria, para que desarrollen y adopten políticas que permitan un progreso más limpio y más seguro, utilizando eficientemente los recursos naturales y teniendo como prioridad el reducir la contaminación y los riesgos para los seres humanos y el ambiente.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), preocupado por la situación medioambiental, emprendió a finales de la década de los ochentas, un proyecto que revolucionó los sistemas de producción y que además está permitiendo en la actualidad satisfacer las necesidades vitales de todos, sin poner en peligro la supervivencia misma de los ecosistemas del planeta; el cual se denominó Producción más Limpia “P+L” concepto introducido por la Oficina de Industria y Medio Ambiente del PNUMA, en 1989.

Indudablemente la implementación de la metodología preventiva de la Producción más Limpia en la industria, es una opción más atractiva que eliminar o mitigar la contaminación ambiental una vez que esta se ha producido, la cual es conocida como “final del tubo o proceso”, ya que por medio de dicha estrategia preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente, se logran importantes beneficios económicos, ambientales y sociales, tanto para la empresa como para la humanidad.

Actualmente, diversos centros tecnológicos, universidades y otras organizaciones han incorporado este enfoque a sus programas de capacitación, siguiendo la tendencia hacia una industria más sustentable.

1.3.3. Programa Mundial de P+L de la ONUDI

El PNUMA y la ONUDI establecieron el programa mundial de P+L, que consistió en la creación de una red de Centros Nacionales de Producción más Limpia en 20 países con economías en transición durante un período de cinco años, para otorgarles apoyo y asegurar la transferencia de P+L.

1.4. Producción más Limpia en Guatemala y el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia

En 1994 se establece la Agenda 21 Guatemala, emanada de la Agenda 21 de la Alianza Centroamericana para el Desarrollo (ALIDES) y del Plan de Acción Ambiental (PAA). Entre sus preceptos fundamentales contempla el fomento de la educación, capacitación y concientización ambiental como componentes básicos para el desarrollo sostenible del país. Asimismo, entre sus objetivos están: la protección y recuperación del patrimonio cultural y natural, la educación ciudadana, la protección y fomento de la salud humana, estableciendo como estrategias la educación ambiental y el compromiso orientado a impulsar la educación y la salud humana.

En el año 1,999 fue creado el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia (CGP+L), con el apoyo de instituciones nacionales tales como Cámara de Industria de Guatemala (CIG), Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA) y de organizaciones internacionales como la Organización de Naciones Unidas del Desarrollo Industrial (ONUUDI), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Agencia de Cooperación Económica de Suiza.

Esta es una institución técnica cuya misión es desarrollar y facilitar servicios, como también fortalecer la capacidad local en la aplicación de Producción más Limpia (P+L), para hacer que las empresas nacionales sean más eficientes, competitivas y compatibles con el medio ambiente.

En el año 2000 se crea el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales como ente rector de la gestión ambiental en Guatemala. Tanto la Ley de Creación (Decreto 96-2000) como el Reglamento Orgánico Interno (Acuerdo Gubernativo 186 - 2001) del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales establecen que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, en coordinación con el Ministerio de Educación deben de diseñar la Política Nacional de Educación Ambiental.

En el año 2005 Guatemala ratificó el Tratado de Libre Comercio entre los Estados Unidos de América, Centroamérica y República Dominicana (CAFTA – DR). Este tratado tiene una característica en particular, ya que contiene un capítulo ambiental en el que se establecen compromisos ambientales que los países signatarios deben cumplir, para permanecer en el tratado. La P+L es definida en este tratado, como una estrategia para lograr la mejora del desempeño ambiental.

1.4.1. Política Nacional de Producción más Limpia (mayo 2009)

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) consideró importante contar con un instrumento de política pública que orientará las acciones de las instituciones del Estado y de los diferentes sectores de la sociedad hacia un desarrollo sostenible.

Por lo cual consideró trascendental impulsar la Política Nacional de Producción más Limpia, la cual se concretizó con la sanción del acuerdo gubernativo 258-210, en septiembre del 2009.

Esto se logró gracias al apoyo del Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia y el financiamiento de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) a través de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD).

En este contexto y en cumplimiento con su papel rector de la temática ambiental del país, el MARN facilita este nuevo instrumento de política pública, para orientar las acciones de las instituciones del Estado y de los diferentes sectores de la sociedad guatemalteca, en la búsqueda de la productividad en armonía con la naturaleza.

1.5. Cooperación del Programa ELE en el Proyecto Piloto del SGA en el Laboratorio de Físicoquímica Universidad de San Carlos de Guatemala

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala a finales del segundo semestre del 2009 firmó una carta compromiso con el Programa de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) de Excelencia Ambiental y Laboral para CAFTA-DR, conocido como el “Programa ELE CAFTA-DR”. Dicho programa es una iniciativa que tiene como principal objetivo apoyar a los países de Centroamérica y República Dominicana, en el cumplimiento de los compromisos ambientales y laborales asumidos en el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos.

El Programa ELE CAFTA-DR en la implementación de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) en empresas piloto, inició actividades en noviembre de 2009.

Para la implementación de la Norma Internacional ISO 14001:2004, como herramienta de educación ambiental en el laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química (EIQ), tal como establece la norma, se integró el equipo de trabajo necesario.

En seguimiento al referido SGA, en enero del 2011, el Decano de la Facultad de Ingeniería, firmó una carta de entendimiento para la segunda fase, en la implementación del SGA en el laboratorio referido, de la Escuela de Ingeniería Química, nombrando al Director de dicha Escuela, como representante del Decano y nombrando a la coordinadora del área de Calidad, Investigación y Vinculación, como la coordinadora para la implementación del Sistema de Gestión Ambiental en la Escuela. Esta fase de inició con actividades macro-escuela, para implementar los SGA en todas las áreas y con actividades micro-escuela, específicamente en el Laboratorio del área de Físico Química.

1.6. Acuerdo de Cooperación USAC-CGP+L

Estas actividades se complementan con el componente de mejoramiento en el desempeño ambiental del sector privado que busca incrementar el uso de tecnologías de Producción más Limpia, componente representado en la carta de compromiso entre La Facultad de Ingeniería y El Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia. Ambas instancias han estado apoyando en la facultad actividades dentro del marco denominado “Proyecto Universidades”.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de Gestión Ambiental

La gestión del medio ambiente se traduce en un conjunto de actividades, medios y técnicas tendentes a conservar los elementos de los ecosistemas y las relaciones ecológicas entre ellos, en especial cuando se producen alteraciones debidas a la acción del hombre.

Siendo un sistema, integra a todos los miembros de la organización en la tarea de cumplir con un objetivo. La labor de gestionar indica que comprende toda la estructura organizacional regida por la alta dirección. Añadiendo el término “ambiental”, se sabe que el objetivo a alcanzar es de protección y mejoramiento del entorno. El principio de los sistemas de gestión ambiental es que las actividades que se realicen en determinado ecosistema puedan ser soportadas por este; es decir, que sean sostenibles.

Las normas ISO 14000 son herramientas para guiar la gestión ambiental de las empresas u organizaciones. La implementación de algunas normas de dicha familia puede ser objeto de certificación/registro o autodeclaración.

Las certificaciones aseguran, a través de un organismo certificador, que un producto, proceso o servicio está conforme con los requisitos especificados. En la norma, se especifican los requisitos que le permiten a una organización, de cualquier tipo o tamaño, desarrollar e implementar su política ambiental, planteándose objetivos que tomen en cuenta la legislación ambiental vigente y sus aspectos ambientales significativos.

2.2. Producción más Limpia

La Producción más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia en general, y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente. (PNUMA) Producción más Limpia puede ser aplicada a los procesos utilizados en cualquier industria, a los productos mismos y a varios servicios ofrecidos en la sociedad.

Es un término muy amplio que abarca lo que algunos países llaman minimización y reducción de desechos, prevención de contaminación y otros nombres parecidos, pero incluye algo más, debido a que el “P+L” hace referencia a un criterio que enfatiza la producción de bienes y servicios con el mínimo impacto ambiental bajo la tecnología actual y límites económicos; además, reconoce que la producción no puede ser absolutamente limpia debido a que la realidad práctica asegura que habrá residuos de algún tipo, de varios procesos y productos obsoletos. Se presentan a continuación conceptos muy importantes de “P+L”.

La metodología que utiliza la Producción más Limpia se agrupa en las siguientes 5 etapas:

- Etapa 1: creación de la base del programa de PmL.
- Etapa 2: preparación del diagnóstico de PmL.
- Etapa 3: diagnóstico (Estudio detallado de las operaciones unitarias (OU) críticas)
- Etapa 4: diagnóstico – Evaluación técnica y económica
- Etapa 5: implementación, seguimiento y evaluación final

Un componente central de este programa es el diagnóstico de PmL, que se lleva a cabo con base en un análisis de las operaciones productivas, con el fin de identificar y seleccionar opciones de PmL técnica y económicamente viables, que se implementan con el propósito de incrementar la eficiencia productiva de la entidad interesada.

El análisis mencionado se realiza basándose en los resultados de un estudio detallado de las operaciones de producción, las de logística y las auxiliares, que incluyen la cuantificación y caracterización de las entradas y salidas de cada operación unitaria.

El fin de este estudio es identificar las causas de los flujos de residuos y pérdidas, plantear opciones de PmL, seleccionar e implementar las opciones factibles, y hacer un seguimiento a los resultados de dicha implementación.

2.2.1. Indicadores ambientales

En términos generales, un indicador es la medida cuantitativa o la observación cualitativa que permite identificar cambios en el tiempo y cuyo propósito es determinar qué tan bien está funcionando un sistema, dando la voz de alerta sobre la existencia de un problema y permitiendo tomar medidas para solucionarlo, una vez se tenga claridad sobre las causas que lo generaron.

En este sentido, los indicadores se convierten en uno de los elementos centrales de un sistema de referencia, ya que permiten, dada su naturaleza, la comparación al interior de la organización (referencia interna) o al exterior de la misma (referencia externa colectiva).

2.3. Buenas prácticas ambientales en el laboratorio

Es necesario que todo laboratorio tenga establecidos programas sobre cómo realizar todas las actividades, para que estas sean lo menos dañinas con el ambiente.

2.3.1. Buenas prácticas en la utilización de los recursos

El buen uso de los recursos tiene un impacto económico y ambiental, por lo que es de vital importancia que la forma de utilizarlos esté debidamente indicado.

2.3.1.1. Almacenaje

- Limitar la cantidad de productos peligrosos en los lugares de trabajo.
- Almacenar los productos y materiales, según criterios de disponibilidad, alterabilidad, compatibilidad y peligrosidad.
- Garantizar que los elementos almacenados puedan ser perfectamente identificados.
- Cerrar herméticamente y etiquetar adecuadamente los recipientes de productos peligrosos para evitar riesgos.
- Observar estrictamente los requisitos de almacenamiento de cada materia o producto.

- Aislar los productos (inflamables, cancerígenos, pestilentes) del resto, almacenándolos según las normas previstas para ello, intercalando productos inertes entre los incompatibles.
- Colocar los productos de forma que cada tipo de peligrosidad ocupe el espacio en vertical, así en el caso de rotura de envases se afectarían únicamente productos de similar peligrosidad.
- Actualizar los listados de materiales y productos almacenados y gestionar las existencias para evitar la caducidad de productos.

2.3.1.2. Uso

- Conocer y aplicar las buenas prácticas medioambientales de laboratorio.
- Evitar la mala utilización y el derroche.
- Buscar, para cada producto, la idoneidad del uso también desde una perspectiva medioambiental y, en su caso, valorar las posibilidades de sustitución.
- Estar al día y proponer métodos alternativos de mejora desde el punto de vista ambiental.
- Elegir entre los métodos y técnicas oficiales los más respetuosos con el medio (que empleen productos menos tóxicos y menos peligrosos, y que consuman menor cantidad de energía o de agua, etc.).

- Acondicionar un contenedor para depositar cada tipo de residuo en función de los requisitos de gestión.

2.3.1.3. Materias y productos

- Comprobar que los productos están correctamente etiquetados, con instrucciones claras de manejo (seguridad y medio ambiente, requisitos de almacenamiento, fechas de caducidad, actuaciones en caso de intoxicación, etc.).
- Leer atentamente y seguir las instrucciones de uso de los productos.
- Cuidar la manipulación de reactivos y productos y también las muestras, para evitar errores que hagan necesaria la repetición del procedimiento y por lo tanto el aumento de residuos.
- Conocer los riesgos y la peligrosidad para el medio ambiente, de los productos químicos empleados.
- Saber identificar y aplicar, en su caso, la normativa de seguridad ambiental aplicable al envasado, etiquetado, almacenado y transporte de materias químicas.
- Identificar los riesgos de contaminación medioambiental derivados de la utilización incorrecta del instrumental y equipos de laboratorio.
- Conocer y practicar los dispositivos utilizados para la prevención de riesgos ambientales en las operaciones del laboratorio.

- Aplicar las reglas de orden y limpieza para evitar riesgos ambientales.
- Emplear, en lo posible, los productos químicos más inocuos y cuidar la dosificación recomendada por el fabricante, para reducir la peligrosidad de los residuos.
- Utilizar los productos hasta agotarlos por completo, de forma que queden vacíos los envases, para evitar contaminación.
- Reutilizar, en lo posible, las materias y también los envases.
- Acondicionar un contenedor para depositar cada tipo de residuo en función de los requisitos de gestión.

2.3.1.4. Agua

- No dejar correr el agua innecesariamente.
- Evitar el despilfarro de agua cerrando bien los grifos.
- Instalar en los grifos dispositivos limitadores de presión, difusores y temporizadores para disminuir el consumo de agua.

2.3.1.5. Energía

- Al calentar emplear recipientes adecuados al tamaño de las placas calefactoras, tapar, cuando sea posible, los recipientes, si la placa calefactora es eléctrica, se puede apagar unos minutos antes de acabar el calentamiento, para aprovechar el calor residual.

- En el uso de frigoríficos, estufas y hornos, cerrar bien las puertas, evitar abrir innecesariamente y evitar introducir productos aún calientes en los frigoríficos.
- Iluminación: aprovechar al máximo la luz natural, acabar las paredes en blanco, colocar temporizadores, emplear lámparas de bajo consumo, si se usan tubos fluorescentes no apagarlos y encenderlos con frecuencia, ya que el mayor consumo se produce en el encendido.

2.3.1.6. Mantenimiento

- Solicitar la limpieza periódica de las lámparas y luminarias.
- Mantener limpias las juntas de las puertas de los frigoríficos, de forma que cierren herméticamente, y solicitar que se limpien al menos una vez al año los serpentines.
- Controlar la acometida de agua para detectar fugas y evitar sobreconsumos de agua por averías y escapes.

2.4. Buenas prácticas en el manejo de residuos

Se contribuye a una gestión ambientalmente correcta de los residuos:

- Utilizando elementos que contengan materiales reciclados como plásticos y papel reciclados.
- Usando productos cuyos envases posean una elevada aptitud para ser reciclados.

- Con un manejo de los residuos que evite daños ambientales y a la salud de las personas.
- Informándose de las características de los residuos y de los requisitos para su correcta gestión.

El cumplimiento de la normativa supone:

- Separar correctamente los residuos.
- Presentar por separado o en recipientes especiales los residuos susceptibles de distintos aprovechamientos o que sean objeto de recogidas específicas.
- Depositar los residuos en los contenedores determinados para ello.
- Seguir las pautas establecidas en el caso de residuos objeto de servicios de recogida especial.

2.5. Residuos peligrosos

Al separar correctamente los residuos se debe:

- Identificar los contenedores con una etiqueta que por legislación debe incorporar.
- Colocar código de residuo.

- Anotar el símbolo correspondiente según sea un producto nocivo, tóxico, inflamable, etc.
- Escribir el nombre, dirección y teléfono del titular de los residuos.
- Colocar fecha de envasado (cuando se tiene el contenedor completo).
- Almacenar los residuos en contenedores adecuados, de un material que no sea afectado por el residuo y resistentes a la manipulación. El plazo máximo de almacenamiento es de seis meses (salvo autorizaciones, por escrito, del Departamento de Medio Ambiente).

Colocar los contenedores de residuos peligrosos:

- En una zona bien ventilada y a cubierto del sol y la lluvia.
- De forma que las consecuencias por algún accidente que pudiera ocurrir sean las mínimas.
- Separados de focos de calor o llamas.
- De manera que no estén juntos productos que puedan reaccionar entre sí.

Dar de alta los residuos en un registro con los siguientes datos:

- Origen de los residuos
- Cantidad, tipo de residuo y código de identificación

- Fecha de cesión de los residuos
- Fecha de inicio y final del almacenamiento

En el traslado al exterior, tanto los residuos peligrosos como los envases que los han contenido y no han sido reutilizados y los materiales (trapos, papeles, ropas) contaminados con estos productos, deben ser entregados para ser gestionados por gestores autorizados.

2.6. Clasificación de residuos

La caracterización, selección e identificación de los residuos es básica en el programa de gestión de residuos, para evitar riesgos debidos a una manipulación, transporte o almacenamiento inseguros. Asimismo, facilita el tratamiento que debe efectuarse para su eliminación.

Como se ha comentado anteriormente, los residuos generados en los laboratorios se pueden diferenciar en residuos no peligrosos (asimilables a urbanos) y residuos químicos peligrosos.

En el caso de los laboratorios ambientales, se han establecido los siguientes grupos de clasificación de los residuos químicos peligrosos, teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas de los mismos, las posibles reacciones de incompatibilidad en caso de mezcla y el tratamiento final de los mismos.

Hay que tener en cuenta que esta clasificación es meramente orientativa y que cada laboratorio debe adaptarla a su situación real.

2.6.1. Grupo I: disolventes halogenados

Se entiende por tales, los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos. Se incluyen en este grupo también las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%. Ejemplos: cloruro de metileno, bromoformo, etc.

Tabla I. Grupo I: disolventes halogenados

FAMILIA DISOLVENTES	DISOLVENTES ESPECÍFICOS
Hidrocarburos alifáticos	Cloroformo, cloruro de metileno, tricloroetileno, tetracloruro de carbono, triclorotrifluoretano, bromometano, iodometano
Hidrocarburos aromáticos	Clorobenceno, diclorobenceno, diclorofeno, bromotolueno, bromobutano, bromotolueno, clorotolueno, hexafluorobenceno, iodobenceno
Alcoholes halogenados	Tricloroetanol, cloropropanol, cloropropanodiol, alcohol, clorobencílico, fluoretanol
Aminas halogenadas	Bromoanilina, clorobencilamina, iodoanilina, dicloroanilina, tricloroanilina
Esteres halogenados	Bromoacetatos, cloroacetatos, cloropropionatos, cloroformatos
Amidas halogenadas	Bromoacetanilida, cloroacetamida, ácido ortoiodohipúrico

Fuente: elaboración propia.

2.6.2. Grupo II: disolventes no halogenados

Se clasifican aquí los líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos.

Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, aromáticos y nitrilos. Es importante, dentro de este grupo, evitar mezclas de disolventes que sean inmiscibles, ya que la aparición de fases diferentes dificulta el tratamiento posterior.

Tabla II. **Grupo II: disolventes no halogenados**

FAMILIA DE DISOLVENTES	DISOLVENTES ESPECÍFICOS
Hidrocarburos cíclicos Derivados de hidrocarburos Alifáticos Hidrocarburos aromáticos	Ciclohexano, metilciclohexano Pentano, hexano, decano, dimetilformamida (DMF), Acetonitrilo Benceno, tolueno, xileno, estireno, cumeno
Alcoholes	Metanol, etanol, isopropanol (IPA), butanol, alcohol, amílico, alcohol alílico, etilenglicoles, polialcoholes
Cetonas	Acetona, metilbutilcetona, propanona, ciclohexilbuilcetona, cetonas aromáticas
Ésteres	Acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de butilo, acetato de amilo, lauratos, succinatos, glutaratos, acrilatos
Aminas alifáticas Aminas aromáticas	Butilamina, metilamina, trietilamina Anilina, toluidina, fenilendiamina, nitroanilina, cloroanilina, metilanilina, fenilpiperacina
Hidrocarburos aromáticos policíclicos	Antraceno, bifenilo, naftaleno, fluoreno, indeno, pireno
Compuestos sulfurados	Tiofenol, etilmercaptano (etanotiol), sulfuro de dialilo, sulfuro de dimetilo, difenilo disulfuro
Otros	Dimetilsulfóxido (DMSO), sulfuro de carbono, dioxano, tetrahidrofurano (THF), sulfato de metilo, sulfato de etilo

Fuente: elaboración propia.

2.6.3. Grupo III: disoluciones acuosas

Este grupo corresponde a las soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Se trata de un grupo muy amplio y por eso es necesario establecer subdivisiones, tal como se indica a continuación. Estas subdivisiones son necesarias, ya sea para evitar reacciones de incompatibilidad o por requerimiento de su tratamiento posterior:

- Soluciones acuosas inorgánicas básicas: hidróxido sódico, hidróxido potásico.
- Soluciones acuosas de metales pesados: níquel, plata, cadmio, selenio.
- Soluciones acuosas de cromo VI.
- Otras soluciones acuosas inorgánicas: sulfatos, fosfatos y cloruros.
- Soluciones acuosas orgánicas o de alta DQO: soluciones acuosas de colorantes.
- Soluciones de fijadores orgánicos: formol, fenol y glutaraldehído.
- Mezclas agua/disolvente: eluyentes de cromatografía, metanol/agua.

2.6.4. Grupo IV: ácidos

Corresponden a este grupo los ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen).

Debe tenerse en cuenta que su mezcla, en función de la composición y la concentración, puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura. Para evitar este riesgo, antes de hacer mezclas de ácidos concentrados en un mismo envase, debe realizarse una prueba con pequeñas cantidades; si no se observa reacción alguna, llevar a cabo la mezcla. En caso contrario, los ácidos se recogerán por separado.

2.6.5. Grupo V: aceites

Este grupo corresponde a los aceites minerales derivados de muestras analizadas, operaciones de mantenimiento, etc. En el caso de que exista sospecha de que los aceites estén contaminados con compuestos bifenilos policíclicos (PCB's), se recomienda recogerlos separadamente, para facilitar su eliminación.

2.6.6. Grupo VI: sólidos

Se clasifican en este grupo los productos químicos en estado sólido de naturaleza orgánica e inorgánica y el material desechable contaminado con productos químicos. No pertenecen a este grupo los reactivos puros obsoletos en estado sólido (grupo VII). Se establecen los siguientes subgrupos de clasificación dentro del grupo de sólidos:

- Sólidos orgánicos: a este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza orgánica o contaminados, con productos químicos orgánicos como, por ejemplo, carbón activo o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.

- Sólidos inorgánicos: son de este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza inorgánica. Por ejemplo, sales de metales pesados.
- Material desechable contaminado: a este grupo pertenece el material contaminado con productos químicos. Pueden establecer subgrupos de clasificación, por la naturaleza del material y la naturaleza del contaminante y teniendo en cuenta los requisitos marcados por el gestor autorizado.

2.6.7. Grupo VII: especiales

A este grupo pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados. Estos productos no deben mezclarse entre sí, ni con residuos de los otros grupos. Ejemplos:

- Comburentes (peróxidos).
- Compuestos pirofóricos (magnesio metálico en polvo).
- Compuestos muy reactivos [ácidos fumantes, cloruros de ácido (cloruro de acetilo), metales alcalinos (sodio, potasio), hidruros (borohidruro sódico, hidruro de litio), compuestos con halógenos activos (bromuro de benzilo), compuestos polimerizables (isocianatos, epóxidos), compuestos peroxidables (éteres), restos de reacción, productos no etiquetados].
- Compuestos muy tóxicos (tetraóxido de osmio, mezcla crómica, cianuros, sulfuros, etc.).

- Compuestos no identificados.

2.7. Etiquetado e identificación de los envases

Todos los residuos y sus recipientes deberán estar identificados (indicación del productor) y correctamente etiquetados (indicación del contenido) de acuerdo con las disposiciones legales de cada país sobre clasificación, envasado y etiquetado. Debe tenerse en cuenta que un residuo es frecuentemente una sustancia o un preparado peligroso, y tiene que estar claramente advertido, para que su manipulación pueda efectuarse en las condiciones de seguridad apropiadas.

La identificación de los residuos químicos peligrosos debe incluir los datos de la empresa productora, el nombre del responsable del residuo y las fechas de inicio y final de llenado del envase. La función del etiquetado es permitir una rápida identificación del residuo, así como informar del riesgo asociado al mismo, tanto al usuario como al gestor, por lo que la etiqueta identificativa, además de los datos anteriores, debería incluir:

- Pictogramas e indicaciones de peligro, de acuerdo con lo dispuesto en la legislación vigente.
- Los riesgos específicos y consejos de prudencia que correspondan.
- Un espacio en blanco donde el productor hará constar el principal componente tóxico o peligroso del residuo (por ejemplo: metanol, metales pesados, cromo, plomo, etc.).

Para facilitar la identificación del residuo, se propone asimismo, la utilización de etiquetas de diferentes colores en función del grupo al que pertenezca el residuo químico peligroso:

- Grupo I: etiqueta de color naranja
- Grupo II: etiqueta de color verde
- Grupo III: etiqueta de color azul
- Grupo IV: etiqueta de color rojo
- Grupo VI: etiqueta de color amarillo
- Grupo VII: etiqueta de color lila

2.8. Información de los laboratorios de Química III, Análisis Cualitativo, Química IV y Análisis Cuantitativo de la Escuela de Ingeniería Química

A continuación se presenta información de los diferentes laboratorios, especificando el curso de que se trate.

2.8.1. Química III

El laboratorio del curso de Química III impartido en el laboratorio, se divide en dos áreas; la primera es una parte teórica en la cual se enseña al estudiante la nomenclatura de química inorgánica y la segunda parte es práctica, la cual cuenta con cuatro prácticas experimentales que tienen el objetivo de enseñar a usar los equipos que se utilizan en el laboratorio.

Corresponde al primer semestre y se hace en siete secciones, de veinte estudiantes en cada una.

2.8.2. Química IV

El curso de Química IV, se desarrolla con ocho prácticas experimentales, basadas en principios aprendidos en la parte teórica del curso. Corresponde al segundo semestre y es impartido en siete secciones de veinte estudiantes en cada una.

2.8.3. Análisis Cualitativo

El laboratorio del curso de Análisis Cualitativo se desarrolla con seis prácticas, cinco de ellas experimentales y una teórica, basadas en principios aprendidos en la parte teórica del curso. Corresponde al tercer semestre y es impartido en siete secciones, de veinticinco estudiantes en cada una.

2.8.4. Análisis Cuantitativo

El curso de Análisis Cuantitativo, se desarrolla en ocho prácticas experimentales, basadas en principios aprendidos en la parte teórica del curso. Corresponde al cuarto semestre y es impartido en siete secciones, de veinticinco estudiantes en cada una.

2.8.5. Instalaciones del laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química

El laboratorio está concebido principalmente como un laboratorio de enseñanza, en el cual se atienden todas las prácticas que corresponden a los cursos de Química III, Química IV, Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo y también los cursos de Química Orgánica I y II, así como Bioquímica y Análisis Instrumental.

Como parte del apoyo a los estudiantes de cierre, el laboratorio también se presta para el desarrollo de los trabajos de graduación de estudiantes que así lo requieran.

Estas instalaciones también son utilizadas para apoyar el trabajo que desarrolla la sección de química industrial perteneciente al Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Facultad de Ingeniería y finalmente participa en el desarrollo de algunos proyectos de investigación.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Se refiere a los valores que se medirán de forma directa o indirecta para establecer los consumos de: energía eléctrica, consumo de papel, consumo de agua, desechos sólidos, etc.

3.1.1. Variables independientes

Son las variables cuyos valores no son afectadas por otras variables. El consumo de energía eléctrica, consumo de papel y consumo de agua, son totalmente independientes entre sí; un cambio en el valor de alguna de estas no modifica en nada el valor de las restantes.

Tabla III. Variables independientes

No.	Variable	Dimensión	Factor potencial		Factor perturbador	
			Constante	Variable	Controlable	No controlable
1	Consumo de energía eléctrica	KWH		x	x	
2	Consumo papel	Kg		x	x	
4	Consumo de agua	L		x	x	

Continuación de la tabla III.

5	Desechos sólidos	Kg		x	x	
6	Desechos líquidos	L		x	x	
7	Residuos químicos líquidos	L		x	x	
8	Residuos Químicos Sólidos	Kg		x	x	
9	Iluminación	Lux		x	x	
10	Temperatura	°C		x		x
11	Humedad relativa	%		x		x
12	Ruido	dB		x		x
13	PM10	mg/m3		x		x
14	CO	PPM		x		x
15	CO2	PPM		x		x
16	DFI	PPM		x		x

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Variable dependiente

Desarrollo de un Programa Ambiental en los laboratorios de los cursos de Química III, Química IV, Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo, de la Escuela de Ingeniería Química.

3.2. Delimitación del campo de estudio

El desarrollo de un programa ambiental se realizará en los laboratorios de Química III, Química IV, Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo, de la Escuela de Ingeniería Química.

3.3. Recursos humanos disponibles

A continuación se presentan los recursos humanos disponibles para la ejecución de la presente investigación.

3.3.1. Estudiante investigador

Sergio Alberto Menéndez Morales

3.3.2. Asesoras del proyecto

- Inga. M.S.c. Lisely De León Arana. Catedrática del curso Seminario de Investigación y coordinadora del Área de Calidad, Investigación y Vinculación de la Escuela de Ingeniería Química.
- Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña. Coordinadora del Área Ambiental de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

3.3.3. Centro de apoyo del proyecto

Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia (CGP+L)

3.3.4. Directora de tesis

Inga. Lisely de León Arana. Catedrática del curso Seminario de Investigación y coordinadora del Área de Calidad, Investigación y Vinculación de la Escuela de Ingeniería Química.

3.3.5. Director de la Escuela de Ingeniería Química

Dr. Williams Guillermo Álvarez Mejía.

3.3.6. Estudiantes que utilizan las instalaciones del laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química

- Estudiantes del Laboratorio de Análisis Cualitativo
- Estudiantes del Laboratorio de Análisis Cuantitativo
- Estudiantes del Laboratorio de Química III
- Estudiantes del Laboratorio de Química IV

3.4. Recursos materiales disponibles

A continuación se presenta un listado de los recursos materiales utilizados.

3.4.1. Equipo de medición

- Higrómetro. Datalogger USB - WK057
- Medidor de Calidad de Aire, EVM SERIES
- Decibelímetro. SPER Scientific 840013
- Luxómetro. SPER Scientific 84006

3.4.2. Equipo adicional

- Beacker de 800 ml
- Balanza
- Computadora
- Impresora
- Cámara fotográfica
- Cronómetro

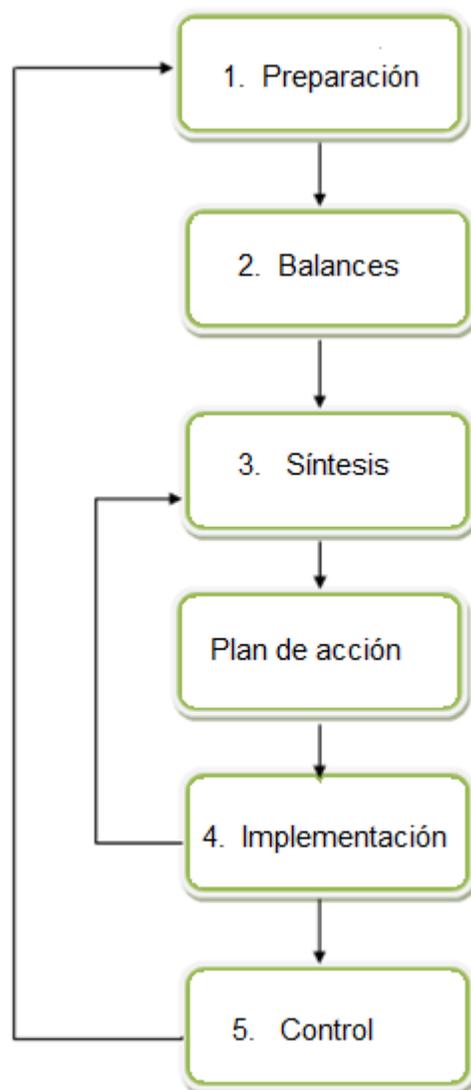
3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa

- Enfoque epistemológico: cualitativo
- Nivel de investigación: descriptivo
- Tipo de investigación: aplicada

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

A continuación se muestran los pasos básicos para recolectar y ordenar la información para aplicar los conceptos de Producción más Limpia.

Figura 1. Pasos en la Producción más Limpia



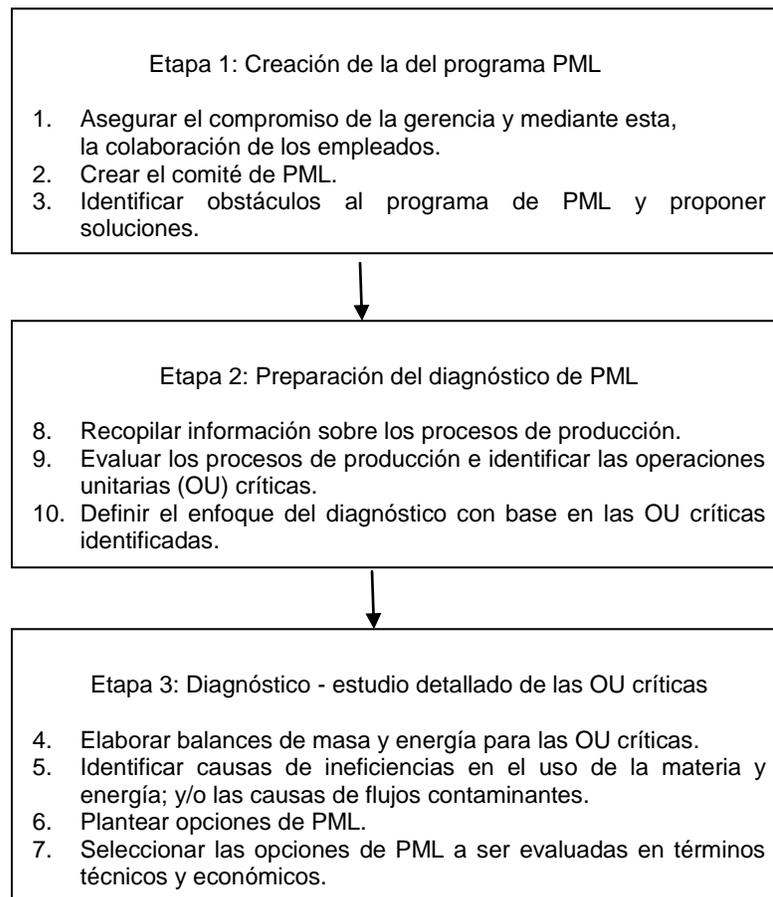
Fuente: elaboración propia.

3.7. Tabulación y procesamiento de la información

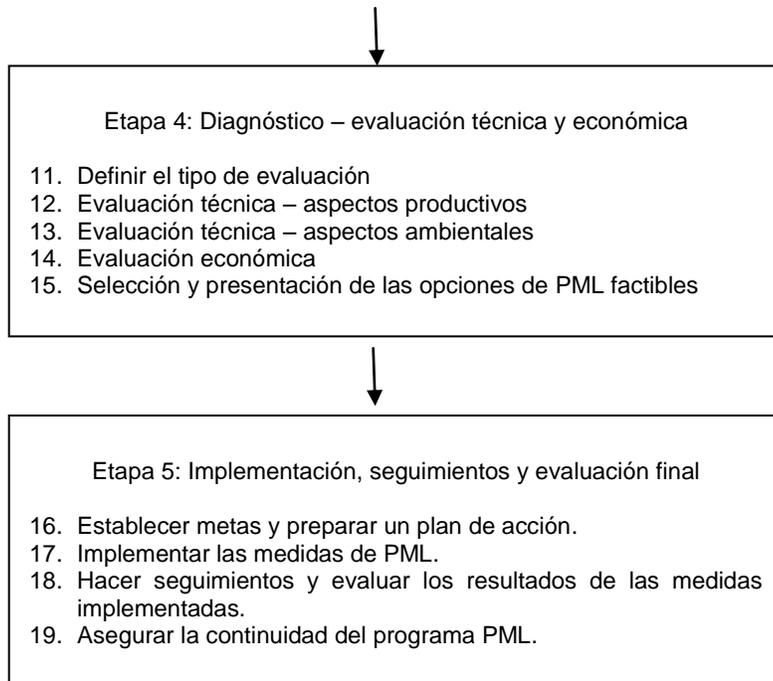
En el informe se incluyen las diversas etapas del plan de mejora e implementación.

3.7.1. Etapas para la creación del plan de mejora e implementación

Figura 2. Etapas de la Producción más Limpia



Continuación de la figura 2.



Fuente: elaboración propia.

3.8. Actividades realizadas para el procesamiento de la información

- Mediciones basadas en las cuatro líneas de acción: agua, papel, energía eléctrica, residuos y desechos en los laboratorios de Química III, Química IV, Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo, de la Escuela de Ingeniería Química.

- Mediciones directas de temperatura, humedad relativa, calidad del aire, ruido e iluminación, con equipo especializado del Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia.
- Observación directa del comportamiento de los estudiantes, en cuanto al manejo de las cuatro líneas de acción, durante la realización de las prácticas en los laboratorios de Química III, Química IV, Análisis Cualitativo y Análisis Cuantitativo, de la Escuela de Ingeniería Química.

3.9. Análisis estadístico

No es aplicable en el proyecto, ya que este es cualitativo.

4. RESULTADOS

Tabla IV. Consumo de agua

Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química	Indicador (L / estudiante por semestre)	Fortalezas	Debilidades
Análisis Cualitativo	22,9400	Los grifos del laboratorio son ahorradores	No hay rótulos sobre el uso adecuado del agua
Análisis Cuantitativo	45,8800		
Química III	13,1100		
Química IV	45,8800		
			No hay un contador de agua en el laboratorio

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Consumo de papel**

Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química	Indicador (Kg /estudiante por semestre)	Indicador (Kg /profesor por semestre)	Fortalezas	Debilidades
Análisis Cualitativo	0,4940	0,7960	Las hojas acumuladas de reportes, tareas e investigaciones, son guardadas por el profesor del laboratorio para su posterior procedimiento de reciclaje	Únicamente el instructivo de Química IV tiene normado que los estudiantes deben utilizar ambos lados de las hojas al entregar investigaciones, reportes y tareas
Análisis Cuantitativo	0,9070	1,0000		
Química III	1,0750	1,0000		
Química IV	0,8430	0,8980		
1 Kg = 221 hojas				

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Consumo de energía eléctrica

Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química	Indicador (KWH/estudiante por semestre)	Fortalezas	Debilidades
Análisis Cualitativo	1,0690	Las lámparas del laboratorio poseen luminaria ahorradora	No hay rótulos sobre el uso adecuado de la energía eléctrica
Análisis Cuantitativo	2,6700		
Química III	0,8870		
Química IV	1,8960		

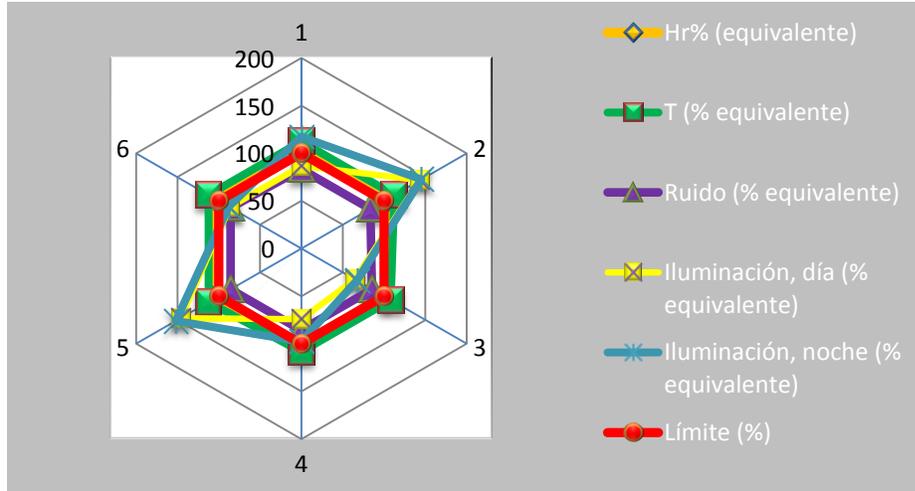
Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Generación de residuos y desechos**

Análisis Cualitativo	
Residuos químicos líquidos (L / estudiante x semestre)	0.3063
Residuos químicos sólidos (Kg / estudiante x semestre)	0.0000
Desechos líquidos (L / estudiante x semestre)	0,0400
Desechos sólidos (Kg / estudiante x semestre)	0,1148
Análisis Cuantitativo	
Residuos químicos líquidos (L / estudiante x semestre)	0,1802
Residuos químicos sólidos (Kg / estudiante x semestre)	0,0010
Desechos líquidos (L / estudiante x semestre)	0,0442
Desechos sólidos (Kg / estudiante x semestre)	0,2247
Química III	
Residuos químicos líquidos (L / estudiante x semestre)	0,0460
Residuos químicos sólidos (Kg / estudiante x semestre)	0,0002
Desechos líquidos (L / estudiante x semestre)	0,0400
Desechos sólidos (Kg / estudiante x semestre)	0,1750
Química IV	
Residuos químicos líquidos (L / estudiante x semestre)	0,2670
Residuos químicos sólidos (Kg / estudiante x semestre)	0,0040
Desechos líquidos (L / estudiante x semestre)	0,2150
Desechos sólidos (Kg / estudiante x semestre)	0,2020

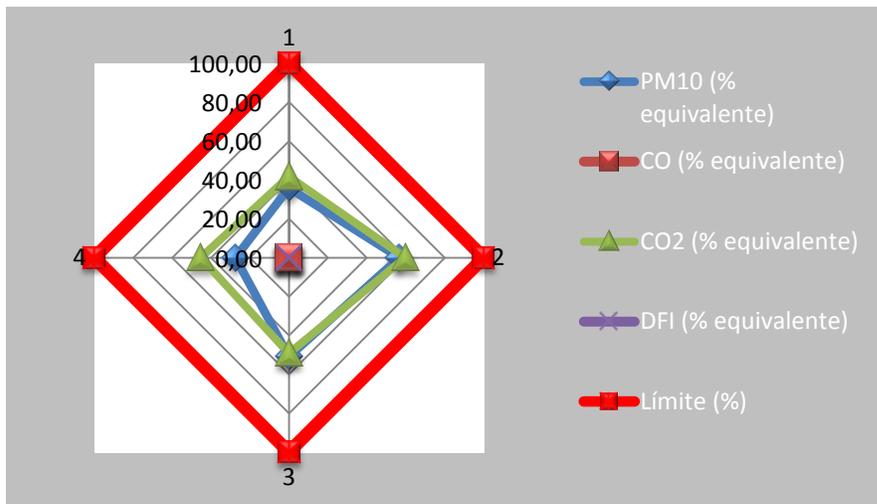
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Potenciales de mejora, factores ambientales**



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. **Potenciales de mejora, calidad del aire**



Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Plan de acción y mejora

Objetivo	Indicador	Propuestas de mejora	Metas	Tareas	Responsable de tareas	Tiempo	Recursos necesarios	Financiación	Indicador seguimiento	Responsable seguimiento
Línea de acción 1: Agua										
Evaluar las medidas orientadas a la mejora de los procedimientos de trabajo, con base en criterios económicos, ambientales, técnicos y organizacionales.	L/estudiante -Semestre	Instalación de un contador de agua para el Laboratorio	Reducir el consumo de agua un 5% (Química III: 13.11 L a 12.45 L; Química IV: 45.88 L a 43.59 L; Análisis Cualitativo: 22.94 L a 21.79 L; Análisis Cuantitativo: 45.88 L a 43.59 L) al finalizar el segundo semestre del 2012	a) Cotización de contadores de agua	Tesistas de programas ambientales en los laboratorios de ESIQ	Octubre 2,011	Teléfono, internet, Ferretería Lewonski			
				b) Instalación de contadores de agua	Personal de Mantenimiento de Ingeniería	Primer semestre 2,012	Laboratorio de Química, Contador, Tubería, Accesorios	Q395 C/contador de 1/2", Q300 accesorios Total Q.695.00	Obtención de indicadores de consumo de agua en el laboratorio de Química	
	Instalación de rótulos de concientización en el consumo de agua	a) Cotización de rótulos del uso adecuado del agua	Tesistas de programas ambientales en los laboratorios de ESIQ	Enero 2,012	Teléfono, internet, Comunicación Visual					
		b) Instalación de rótulos del uso adecuado del agua	Personal de Mantenimiento de Ingeniería	Primer semestre 2,012	LBQ, Rótulos en PVC de 3.0 mm de grosor y vinil Impreso, Accesorios	Rótulos Q39.00 c/u. 3 rótulos; Total Q.117.00	Reducción del consumo de agua en el laboratorio de Química			

Objetivo	Indicador	Propuestas de mejora	Metas	Tareas	Responsable de tareas	Tiempo	Recursos necesarios	Financiación	Indicador seguimiento	Responsable seguimiento
Línea de acción 2: Energía eléctrica										
Evaluar las medidas orientadas a la mejora de los procedimientos de trabajo, con base en criterios económicos, ambientales, técnicos y organizacionales.	KWH / estudiante x semestre	Instalación de rótulos de concientización en el consumo de agua	Mantener los indicadores actuales: Química III: 0.887; Química IV: 1.896; Análisis Cualitativo: 1.069; Análisis Cuantitativo: 2.67	a) Cotización de rótulos del uso adecuado de la energía eléctrica	Tesistas de programas ambientales en los laboratorios de ESIQ	Enero 2,012	Teléfono, internet, Comunicación Visual			
				b) Instalación de rótulos del uso adecuado de la energía eléctrica	Personal de Mantenimiento de Ingeniería	Segundo semestre 2,012	Rótulos en PVC de 3.0 mm de grosor y vinil impreso, accesorios	Rótulos Q39.00 c/u. 3 rótulos; Total Q.117.00		

Continuación de la tabla VIII.

Objetivo	Indicador	Propuestas de mejora	Metas	Tareas	Responsable de tareas	Tiempo	Recursos necesarios	Financiación	Indicador seguimiento	Responsable seguimiento
Línea de Acción 3: Papel										
Evaluar las medidas orientadas a la mejora de los procedimientos de trabajo, con base en criterios económicos, ambientales, técnicos y organizacionales.	Kg/estudiante-Semestre	Reglamentar el uso de ambos lados de las hojas en todos los instructivos de los cursos del laboratorio de Química	Reducir en un 10% (Química 3: 1.075Kg a 0.9675Kg; Química 4: de 0.843Kg a 0.759Kg; Análisis Cualitativo: 0.494Kg a 0.444Kg; Análisis Cuantitativo: 0.907Kg a 0.816) el consumo de papel al finalizar el 2012	a) Modificar los instructivos actuales, para que incluyan la nueva normativa	Coordinador del Área de Química	2,012	Computadora		Reducción del consumo de papel	Profesores del laboratorio

Objetivo	Indicador	Propuestas de mejora	Metas	Tareas	Responsable de tareas	Tiempo	Recursos necesarios	Financiación	Indicador seguimiento	Responsable seguimiento
Línea de Acción 4: Residuos y desechos										
Evaluar las medidas orientadas a la mejora de los procedimientos de trabajo, con base en criterios económicos, ambientales, técnicos y organizacionales.	Residuos líquidos: L/ estudiante - semestre y sólidos: Kg/ estudiante - semestre	Disponer correctamente de todos los residuos químicos que se generan en el laboratorio	Disposición correcta de todos los residuos químicos en el laboratorio. Mantener los indicadores actuales	a) Cuantificar los residuos químicos que se generan en las prácticas de laboratorio b) Cotizar la disposición final de los residuos químicos que no pueden ser tratados en el laboratorio	a) Estudiante investigador b) estudiante investigador	a) febrero 2012 b) febrero 2012 c) 2012	computadora, internet, teléfono	Biotrash, Disposición de residuos químicos Q.1625.00	Documentación de residuos químicos dispuestos por Biotrash	

Continuación de la tabla VIII.

Objetivo	Indicador	Propuestas de mejora	Metas	Tareas	Responsable de tareas	Tiempo	Recursos necesarios	Financiación	Indicador seguimiento	Responsable seguimiento
Factores ambientales										
Evaluar las medidas orientadas a la mejora de los procedimientos de trabajo, con base en criterios económicos, ambientales, técnicos y organizacionales.	Temperatura y % de humedad relativa	Lograr que la temperatura y % de humedad relativa en el laboratorio de Química este en los parámetros aceptables	Reducir el parámetro de Temperatura a un rango aceptable (entre 20 °C y 24 °C; 30% a 65%) al finalizar el segundo semestre del 2012	a) Encender los ventiladores y extractores al iniciar la práctica y mantenerlos en funcionamiento hasta la finalización	Profesor del laboratorio	Todos los semestres	Ventiladores y extractores		Temperatura y % humedad relativa en el rango aceptable	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Programa ambiental, línea de acción: agua**

LINEA DE ACCIÓN: AGUA		
Nombre de la unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA		Hoja No. <u>1</u> de <u>2</u>
OBJETIVOS		
· Reducir el consumo de agua en el laboratorio de Química		
· Formar hábitos en los profesores y estudiantes para el uso eficiente del agua.		
· Desarrollar el procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de agua.		
· Monitorear la reducción del consumo de agua.		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Inducción sobre el uso adecuado del agua	Profesores del laboratorio	Incluir en la sesión informativa una sección sobre el uso adecuado del agua dentro del laboratorio.
Lavado de manos	Estudiantes	Lavarse las manos únicamente cuando sea necesario y hacerlo de una forma eficiente.
Lavado de cristalería	Estudiantes	Lavar la cristalería únicamente cuando sea necesario y hacerlo de una forma eficiente.

Continuación de la tabla IX.

Buenas prácticas en la utilización del agua	Estudiantes	Buenos hábitos al utilizar agua: El agua utilizada en las prácticas, utilizarla para calentar en baño de María
Determinación del indicador ambiental del consumo de agua	Profesor del laboratorio	Determinar el indicador ambiental del consumo de agua con el procedimiento PALQI01.
Monitoreo de la reducción del indicador del consumo de agua	Profesor del laboratorio	Determinar el indicador ambiental del consumo de agua al inicio del semestre, al finalizar la primera fase de prácticas, al iniciar la segunda fase de prácticas, y al terminar el semestre; registrar los datos en el plan de control y monitoreo PALQI-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
Acciones para la no conformidad	Profesor del laboratorio	Si el indicador ambiental conlleva a una no conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.
LINEA DE ACCIÓN: AGUA		
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA		Hoja No. 2 de 2
Procedimiento PALQI01		
<p>Registrar el valor del consumo de agua directamente del hidrómetro (m³), al iniciar la práctica</p> <p>Registrar el valor del consumo de agua directamente del hidrómetro (m³), al finalizar la práctica</p> <p>Restar el valor del inciso a) al valor del inciso b)</p> <p>Convertir el valor del inciso c) a litros (L)</p> <p>Determinar el tiempo de duración de la práctica</p> <p>Dividir el valor del inciso d) por el valor del inciso e)</p> <p>Multiplicar el valor del inciso f) por el número de prácticas y por el total de horas en cada práctica</p> <p>Dividir el valor del inciso g) entre el número de alumnos de la sección</p>		
Fórmula para calcular el indicador del consumo de agua:		
$\text{ICA} = \frac{\text{L}}{\text{H}} \times 1000$		
<p>En donde</p> <p>ICA = Indicador del consumo de agua en el laboratorio</p> <p>L = litros</p>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Programa ambiental, línea de acción: papel

LÍNEA DE ACCIÓN: PAPEL		
Nombre de la unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA		Hoja No. <u>1</u> de <u>2</u>
OBJETIVOS		
· Reducir el consumo de papel en el laboratorio de Química		
· Formar hábitos en los profesores y estudiantes para el uso eficiente del papel.		
· Desarrollar el procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de papel.		
· Monitorear la reducción del consumo de papel		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Inducción sobre el uso adecuado del papel	Profesor de laboratorio	Indicar en la sesión informativa que los estudiantes deben utilizar el papel como lo indica la sección "Detalles Físicos del Reporte", página 6, del instructivo del laboratorio.
Cumplir con las indicaciones que se detallan en la sección "Detalles Físicos del Reporte", página 6, del instructivo del laboratorio del curso de Química	Estudiante	Utilizar de la forma más eficiente el papel, al realizar reportes de laboratorio, tareas e investigaciones.
Verificar el cumplimiento de las indicaciones que se detallan en la sección "Detalles Físicos del Reporte", página 6, del instructivo del laboratorio del curso de Química	Profesor de laboratorio	Verificar que los estudiantes utilicen de la forma más eficiente el papel, al realizar reportes de laboratorio, tareas e investigaciones
Recolección y almacenado del papel	Profesor del laboratorio	Guardar papel generado por los reportes, reportes, exámenes corto, exámenes de fase; así como las hojas utilizadas para control de asistencia, y hojas de calificaciones de los estudiantes
Determinación del indicador ambiental de papel	Profesor de laboratorio	Determinar el indicador ambiental con el procedimiento PALQI02 y registrar los datos en el plan de control y monitoreo PALQI-PM.
Monitoreo del indicador del consumo de papel	Profesor de laboratorio	Verificar que el indicador ambiental lleve a una conformidad.
Acciones para la no conformidad	Profesor de laboratorio	Si el indicador ambiental conlleva a una NO conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla X.

Reciclaje de papel	Profesor de laboratorio	Realizar los procedimientos indicados por el centro de acopio de la Oficina Verde.
--------------------	-------------------------	--

LÍNEA DE ACCIÓN: PAPEL	
Nombre de la unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA	Hoja No. 2 de 2
Procedimiento PALQI02	
<p>a) Pesar las tareas, reportes, investigaciones y hojas utilizadas por el profesor para cada práctica de laboratorio al finalizar el semestre.</p> <p>b) Registrar la masa correspondiente de papel en Kg.</p> <p>c) Dividir el resultado del inciso b) entre el número de estudiantes que inició el curso de laboratorio</p>	
Fórmula para calcular el indicador del consumo de papel:	
$ICP = \frac{Kg}{\text{estudiante} \times \text{semestre}}$	
<p>ICP = Indicador de consumo de papel en el laboratorio</p> <p>*Kg = kilogramos</p>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Programa ambiental, línea de acción: energía eléctrica

LÍNEA DE ACCIÓN: ENERGÍA ELÉTRICA		
Nombre de la unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA		Hoja No. <u> 1 de 2 </u>
OBJETIVOS:		
Forma hábitos en los profesores y estudiantes para el uso eficiente de la energía eléctrica		
Disminuir el consumo de energía eléctrica		
Desarrollar un procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de energía eléctrica		
Monitorear el consumo de energía eléctrica.		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Inducción sobre el uso adecuado de la energía eléctrica	Profesores del laboratorio	Incluir en la sesión informativa una sección sobre el uso adecuado de la energía eléctrica dentro del laboratorio.
Buenas prácticas en la iluminación	Profesor del laboratorio	Encender la luz únicamente durante la realización de la práctica.
		Verificar que las ventanas se mantengan limpias.
		Verificar que las lámparas funcionen correctamente y se mantengan limpias.
Buenas prácticas en el uso de equipo	Profesor del laboratorio	Encender los ventiladores y extractores únicamente durante la realización de la práctica.
	Estudiante	Apagar y desconectar el siguiente equipo: balanzas, planchas y la campana de extracción, al terminar su funcionamiento
	Estudiante	No abrir constantemente e innecesariamente, la puerta del refrigerador.
Determinación del indicador ambiental del consumo de energía eléctrica	Profesor del laboratorio	Determinar el indicador ambiental del consumo de energía eléctrica con el procedimiento PALQI03.
Monitoreo de la reducción del indicador del consumo de energía eléctrica	Profesor del laboratorio	Determinar el indicador ambiental del consumo de energía eléctrica al inicio del semestre, al finalizar la primera fase de prácticas, al iniciar la segunda fase de prácticas, y al terminar el semestre, registrar los datos en el plan de control y monitoreo PALQI-PM, y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
Acciones para la no conformidad	Profesor del laboratorio	Si el indicador calculado conlleva a una no conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla XI.

Nombre de la unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA	Hoja No. 2 de 2
PALQI03: procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de energía eléctrica	
<p>Para medir el consumo de energía eléctrica, se debe realizar un inventario de todos los equipos que consumen energía eléctrica dentro del laboratorio, con sus respectivas especificaciones, luego se debe hacer un monitoreo en las secciones; para calcular el tiempo en que los equipos están encendidos por práctica, por último, el consumo total se divide por el número de estudiantes atendidos por semestre.</p> $Potencia = \frac{V \times I}{1000}$ <p>En donde: Potencia= Potencia del equipo (Kw) V= Voltaje del equipo (Volts) I= Corriente (Amperio)</p> $KWh = V \times I \times T$ <p>En donde: KWh= Kilowatt por hora V= Voltaje del equipo (Volts) I= Corriente (Amperio) T= Tiempo en que el equipo está en funcionamiento (h)</p> $IEE = \frac{KWh}{Estudiantes \times semestre} \quad (\text{Ecuación No. 3})$ <p>En donde: IEE= Indicador del consumo de energía eléctrica en el laboratorio KWh= Kilowatt hora Estudiante x semestre= Número de estudiantes atendidos por semestre.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Programa ambiental, línea de acción: residuos y desechos

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA		Hoja No._1_de_6
OBJETIVOS		
· Reducir la generación de residuos químicos y desechos en el laboratorio.		
· Establecer los roles de los estudiantes y profesores en el tratamiento de los residuos químicos.		
· Almacenar y tratar adecuadamente los residuos químicos		
· Desarrollar un procedimiento para la obtención del indicador ambiental de residuos y desechos.		
· Monitorear la generación de residuos y desechos.		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Inducción sobre el uso adecuado de los reactivos y materiales del laboratorio.	Profesores del laboratorio	Incluir en la sesión informativa una sección sobre el uso adecuado de los reactivos y materiales dentro del laboratorio.
Cumplir con el "procedimiento" establecido en cada práctica del instructivo del laboratorio del curso de Química	Estudiante	Utilizar como máximo el valor establecido en los procedimientos para el uso de reactivos dentro del laboratorio de Química
Verificar el cumplimiento del "procedimiento" establecido en cada práctica del instructivo del laboratorio del curso de química.	Profesor del laboratorio	Verificar que los estudiantes utilicen como máximo el valor establecido en los procedimientos para el uso de reactivos dentro del laboratorio de Química.
Clasificación de los residuos químicos	Profesor del laboratorio	Verificar que los residuos químicos sean depositados en los recipientes correctos y que estos estén debidamente identificados. Apartar los que necesitan un tratamiento especial y los residuos químicos que se pueden tratar fácilmente.
Tratamiento de los residuos químicos	Estudiante	Darle tratamiento a los residuos químicos generados en el laboratorio que se puedan tratar fácilmente, revisar la tabla adjunta PALQI04-TA.
Aceptación de donaciones de reactivos en los laboratorios de química.	Coordinador del área de Química	Determinar la necesidad de los reactivos donados y que estos no se encuentren vencidos, utilizar el formato PA-ESIQ-01-FDD, verificando que se cumplan los lineamientos de la Normativa de Aceptación de Donaciones de la Escuela de Ingeniería Química.
Manejo de residuos químicos producidos por trabajos de graduación de estudiantes dentro de las instalaciones del laboratorio.	Coordinador de Química, tesista y asesor de trabajo de graduación	Seguir el procedimiento "Manejo de desechos generados por Trabajos de Graduación" utilizando los formatos para etiquetado e identificación de desechos PAESIQ-003-FID y formato de solvencia de desechos PAESIQ-002-FSD.
RESIDUOS QUÍMICOS DE LA TABLA: PALQI04-TA		
Medición del pH de los residuos químicos	Estudiante	a) Medir el pH de los residuos químicos acumulados en la práctica por mesa de trabajo y establecer si es una solución ácida (pH < 6.5) o básica (pH > 7.5).

Continuación de la tabla XII.

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA		Hoja No. 2 de 6
Neutralización	Estudiante	a) Preparar la solución de HCl o NaOH, de acuerdo con la concentración que se necesite, revisar si ya existen soluciones de HCl o NaOH que puedan ser reutilizadas. b) agregar HCl o NaOH dependiendo el caso hasta lograr un pH dentro del rango neutro ($6.5 \leq \text{pH} \leq 7.5$)
Diluir	Estudiante	Diluir la solución y descargarla al desagüe.
Supervisar el tratamiento de los residuos químicos	Profesor del laboratorio	Supervisar que los estudiantes utilicen los procedimientos adecuados para tratar los residuos químicos generados en el laboratorio que se puedan tratar fácilmente, revisar la tabla adjunta PALQI04-TA.
RESIDUOS QUÍMICOS DE LA TABLA: PALQI04-TB		
Disposición final de los residuos químicos que necesitan un tratamiento especial	Profesor del laboratorio	Almacenar los recipientes con los residuos químicos que necesitan un tratamiento especial, revisar tabla PALQI04-TB en un lugar designado por el coordinador del laboratorio, para su posterior recolección por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales.
Recolección de los residuos químicos especiales	Personal Biotrash	Recolección de los residuos químicos especiales por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales, al finalizar cada semestre académico.
DESECHOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS		
Identificación de recipientes para desechos sólidos	Profesor del laboratorio	Asegurarse que los recipientes de desechos (papel, guantes, vidrio, y orgánicos) se encuentren debidamente identificados
Clasificación de los desechos	Estudiantes	Depositar los desechos en el recipiente respectivo (papel, vidrio, y orgánicos.)
Verificar la clasificación de los desechos	Profesor del laboratorio	Verificar que los estudiantes depositen los desechos en el recipiente respectivo.

Continuación de la tabla XII.

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA		Hoja No. 3 de 6
Disposición de los desechos	Practicante de la oficina verde	Verificar que la disposición final de los desechos del laboratorio sea en los recipientes respectivos.
Indicador de residuos químicos, desechos sólidos y líquidos		
Determinación del indicador ambiental de la generación de residuos y desechos.	Auxiliar de la sección	Determinar el indicador ambiental de la generación de residuos y desechos con el procedimiento PALQI04.
Monitoreo de la reducción del indicador ambiental de la generación de residuos y desechos	Profesor del laboratorio	Determinar el indicador ambiental de la generación de residuos y desechos al finalizar las fases de las prácticas, registrar los datos en el plan de control y monitoreo PALQI-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
Acciones para la no conformidad	Profesor del laboratorio	Si el indicador calculado conlleva a una no conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.
PALFQ04: Procedimiento para la obtención del indicador ambiental de la generación de residuos y desechos		
LÍQUIDOS		
<p>Registrar el volumen de residuos químicos líquidos que son tratados y desechados en el laboratorio por práctica.</p> <p>Registrar el volumen de los residuos químicos líquidos que son almacenados en la bodega por práctica.</p> <p>Sumar el volumen obtenido en los incisos anteriores y transformar esta cantidad en litros (L).</p> <p>Dividir el resultado del tercer inciso dentro del número de estudiantes.</p>		
$IRQL = \frac{L}{\text{Estudiante} \times \text{Semestre}}$		
<p>En donde:</p> <p>IRQL= Indicador de residuos químicos/ desechos líquidos</p> <p>L=Litros</p>		

Continuación de la tabla XII.

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS	
Nombre de la unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA	Hoja No. <u>4</u> de <u>6</u>
SÓLIDOS:	
<p>Registrar el peso de residuos químicos sólidos que son tratados y desechados en el laboratorio por práctica.</p> <p>Registrar el peso de los residuos químicos sólidos que son almacenados en la bodega por práctica</p> <p>Sumar el peso obtenido en los incisos anteriores y transformar esta cantidad en kilogramos (Kg)</p> <p>Dividir el resultado del tercer inciso dentro del número de estudiantes.</p>	
<p>Fórmula para calcular el indicador de la generación de residuos químicos sólidos y desechos sólidos:</p>	
$IRQS = \frac{Kg}{estudiante \times semestre}$	
<p>IRQS = Indicador de residuos químicos/desechos sólidos</p> <p>Kg= Kilogramos</p>	

Continuación de la tabla XII.

LÍNEA DE ACCION: RESÍDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA		Hoja No. 5_de_6
PALQI04-TA: Residuos químicos que se pueden tratar en el laboratorio		
Residuos químicos	Clasificación	Tratamiento
Acetona	II	Reutilizar
Ácido acético	IV	Neutralizar, Medir pH, diluir, desechar.
Ácido clorhídrico	IV	Neutralizar, Medir pH, diluir, desechar.
Ácido sulfúrico	IV	Neutralizar, Medir pH, diluir, desechar.
Mezcla de agua y etanol	II	Diluir, desechar.
EDTA	IV	Neutralizar, Medir pH, diluir, desechar.
Solución de ácido cítrico	IV	Neutralizar, Medir Ph, diluir, desechar.
Ftalato ácido de potasio	IV	Neutralizar, Medir pH, diluir, desechar.
Mezcla de agua, sacarosa y cloruro de sodio.	III	Diluir, desechar.
Ácido fosfórico	IV	Neutralizar, Medir pH, diluir, desechar.
Cloruro de amonio	III	Neutralizar, Medir pH, diluir, desechar.
Disolución de hidróxido de sodio	III	Reutilizar para neutralizar en otras prácticas.
Disolución de cloruro de potasio.	III	Diluir, desechar.
Mezcla de disoluciones de HCl y NaOH	III/IV	Diluir, desechar.
Mezcla de disoluciones de HCl, NaOH y NaHCO ₃	III/IV	Neutralizar, Medir pH, diluir, desechar.
Mezcla de disoluciones de HCl, NaOH y Na ₂ CO ₃	III/IV	Neutralizar, Medir pH, diluir, desechar.
Solución burrer ácido acético-acetato de sodio	VII	Neutralizar, Medir pH, diluir, desechar.

Continuación de la tabla XII.

LÍNEA DE ACCION: RESÍDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA		Hoja No. 6_de_6
PALQI-TB: Residuos químicos que necesitan un tratamiento especial		
Residuos químicos	Clasificación	Tratamiento
Disolución acuosa de sulfato de bario	III	Recolección y almacenaje por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales
Mezcla: sulfato de sodio y cloruro de bario	III	Recolección y almacenaje por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales.
Disolución acuosa de nitrato de plata	III	Recolección y almacenaje por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales.
Disolución acuosa de sulfato de cobre, zinc y HCl	III	Recolección y almacenaje por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales.
Mezcla de hipoclorito de sodio, yoduro de potasio, ácido acético y tiosulfato de sodio	VII	Recolección y almacenaje por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales.
Masa de cobre y zinc	VII	Recolección y almacenaje por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales.
Mezcla de AgNO ₃ , HNO ₃ y KSCN	VII	Recolección y almacenaje por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales.
Masa de sulfato de tetraamino cobre	VI	Recolección y almacenaje por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales.
Sulfato de sodio y cloruro de bario	VII	Recolección y almacenaje por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Programa ambiental, factores ambientales

FACTORES AMBIENTALES		
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA		Hoja No. 1 de 2
OBJETIVOS		
· Reducir la temperatura y el porcentaje de humedad relativa en el laboratorio.		
· Mantener el rango de calidad del aire, nivel de ruido y de iluminación.		
· Desarrollar procedimientos para la obtención de factores ambientales.		
· Verificar el cumplimiento de los factores ambientales según normas internacionales después de implementado el programa ambiental.		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Utilización de ventiladores y extractores	Profesor del laboratorio	Verificar que estén en funcionamiento los ventiladores y extractores del Laboratorio desde el inicio hasta el final de la práctica.
Determinación del factor ambiental	Estudiante-practicante designado por la Oficina Verde	Determinar el factor ambiental con el procedimiento PALQI05, registrar los datos en el plan de control y monitoreo PALQI-PM.
Monitoreo del factor ambiental	Estudiante-practicante designado por la Oficina Verde	Verificar que el factor ambiental esté dentro del rango adecuado según las normas indicadas en el procedimiento PALQI05. Entregar el plan de control y monitoreo al profesor del laboratorio.
Acciones para la no conformidad	Profesor del Laboratorio	Si el factor ambiental conlleva a una no conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.
Procedimiento PALQI05		
Temperatura y % humedad relativa		
<p>Solicitar el higrómetro Datalogger USB - WK057 al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia</p> <p>Colocar el equipo en seis puntos diferentes dentro del laboratorio</p> <p>Registrar la hora de inicio de la medición</p> <p>Por cada punto donde se colocó el equipo, darle un tiempo de 5min. aproximadamente</p> <p>Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia indicándole al técnico el horario en que se utilizó el equipo.</p> <p>Leer las gráficas asociadas a las horas o al tiempo de medición en función de la temperatura y la humedad relativa</p> <p>Comparar los datos obtenidos con las normas internacionales</p>		
Norma ANSI/ASHRAE 62.12004 establece que el rango estándar de valores del parámetro de humedad relativa recomendado para recintos cerrados, se debe encontrar entre 30% a 65%. La Norma ASHRAE 1991 establece que la temperatura de confort para recintos cerrados debe estar entre 20°C a 2 °C		

Continuación de la tabla XIII.

FACTORES AMBIENTALES	
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE QUÍMICA	Hoja No. <u>2</u> de <u>2</u>
Nivel de ruido	
<p>Solicitar el decibelímetro, SPER Scientific 840013 al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia Hacer la medición en seis puntos diferentes dentro del laboratorio y anotar los valores. Registrar la hora de inicio de la medición Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia Comparar los datos obtenidos con las normas internacionales</p>	
<p>Legislación colombiana, valores límites permisibles para el ruido continuo resoluciones 8321 y 1792, expedidas por Ministerio de Salud y los Ministerios de Trabajo y Seguridad Social. Para 3 horas el valor límite es de 97 dB</p>	
Nivel de iluminación	
<p>Solicitar el luxómetro SPER Scientific 84006 al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia Hacer la medición en seis puntos diferentes dentro del laboratorio y registrar los valores. Registrar la hora de inicio de la medición Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia Comparar los datos obtenidos con las normas internacionales</p>	
<p>Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2005, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Distinción moderada de detalles, niveles mínimos de iluminación: 300 lux</p>	
Calidad del aire	
<p>Solicitar el Medidor de Calidad de Aire, EVM SERIES al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia Colocar el equipo en dos puntos diferentes dentro del laboratorio Registrar la hora de inicio de la medición Por cada punto donde se colocó el equipo, darle un tiempo de 45 min. Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia indicándole al técnico el horario en que se utilizó el equipo Leer los valores asociadas a las horas o al tiempo de medición en función de PM10, CO (ppm), CO2 (ppm) y DFI Comparar los datos obtenidos con las normas internacionales</p>	
<p>Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1193, PM₁₀, aceptable ≤ 120 microgramos/ m³; CO PEL-TWA (OSHA), aceptable ≤ 120 ppm; CO2 ASHRAE ESTANDAR 62-1989, aceptable ≤ 1000 ppm; DFI NORMA 1910.1000 (OSHA) Y ACGIH (1989-1990)</p>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Plan de control y monitoreo

Línea de acción: agua							
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Observaciones	Acciones para superar la no conformidad
Reducir el indicador de consumo de agua (L /estudiante x semestre) un 5% Química III: 13.11 a 12.45; Química IV: 45.88 a 43.59; Análisis Cualitativo: 22.94 a 21.79; Análisis Cuantitativo: 45.88 a 43.59				Si	No		
				Si	No		
				Si	No		
				Si	No		
Línea de acción: papel							
Reducir el indicador de consumo de papel (Kg / estudiante. x semestre) un 10% Química III: 1.075 a 0.9675 Química IV: 0.843 a 0.759; Análisis Cualitativo: 0.494 a 0.444 Análisis Cuantitativo: 0.90 a 0.816				Si	No		
				Si	No		
				Si	No		
				Si	No		

Continuación de la tabla XIV.

Línea de Acción: energía eléctrica							
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Observaciones	Acciones para la no conformidad
Mantener los indicadores actuales (KWH / estudiante. X semestre): Química III: 0.887 Química IV: 1.896 Análisis Cualitativo: 1.069 Análisis Cuantitativo: 2.67				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		
Línea de acción: residuos y desechos							
Mantener los indicadores actuales				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		

Continuación de la tabla XIV.

Factores ambientales							
Ruido							
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Observaciones	Acciones para superar la no conformidad
Legislación colombiana, valores límites permisibles para el ruido continuo resoluciones 8321 y 1792, Para 3 horas, el valor límite es de 97 dB				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		
Iluminación							
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Observaciones	Acciones para superar la no conformidad
Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2005, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Distinción moderada de detalles, niveles mínimos de iluminación: 300 lux				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		

Continuación de la tabla XIV.

%Hr							
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Observaciones	Acciones para superar la no conformidad
Norma ANSI/ASHRAE 62.12004 establece que el rango estándar de valores del parámetro de Humedad Relativa recomendada o para recintos cerrados, se debe encontrar entre 30% a 65%.				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		
Temperatura							
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Observaciones	Acciones para superar la no conformidad
La Norma ASHRAE 1991 establece que la temperatura de confort para recintos cerrados debe estar entre 20°C a 24°C				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		
				Sí	No		

Continuación de la tabla XIV.

Calidad del aire						
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Acciones para superar la no conformidad
Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1193, PM ₁₀ , aceptable ≤ 120 microgramos/m ³ ; CO PEL-TWA (OSHA), aceptable ≤ 120 ppm; CO ₂ ASHRAE ESTANDAR 62-1989, aceptable ≤ 1000 ppm; DFI NORMA 1910.1000 (OSHA) Y ACGIH (1989-1990)				Sí	No	
				Sí	No	
				Sí	No	
				Sí	No	

Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se determinó después de la etapa de diagnóstico, que se pueden hacer mejoras en las cuatro líneas de acción para los laboratorios de Química III, Análisis Cualitativo, Química IV y Análisis Cuantitativo de la Escuela de Ingeniería Química. Para el agua, no se cuenta con un hidrómetro que permita cuantificar de forma exacta su consumo en los laboratorios, tampoco se cuenta con rótulos del uso adecuado de la misma. En el caso del papel, no se cuenta con una normativa en todos los laboratorios que establezca que los estudiantes deben utilizar las hojas de ambos lados al realizar sus reportes, tareas e investigaciones.

En cuanto a la energía eléctrica, no se cuenta con rótulos que indiquen el uso adecuado de esta. Para los residuos químicos, se encontró que los que contienen metales pesados no tienen una disposición final con una empresa que se encargue del proceso de encapsulamiento y que finalmente los entierre en un lugar autorizado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

También se determinaron los siguientes factores ambientales: calidad del aire, temperatura, humedad relativa, nivel de iluminación y nivel de ruido. Para los laboratorios de los cursos que se trabajaron, se encontró que se debe mejorar en la temperatura y humedad relativa, ya que estos quedaron fuera del rango aceptable para la norma mexicana que establece que la temperatura debe estar entre 20 °C y 24 °C; y para la humedad relativa estar en un rango entre 30% y 65%.

Se realizó un plan de acción y mejora para los laboratorios de los cursos mencionados, el cual contempla con detalle las medidas que se deben implementar para resolver lo detectado en la etapa de diagnóstico, con base en criterios económicos, ambientales, técnicos y organizacionales. Se describen las actividades que se deben de hacer, quiénes lo deben de hacer y el costo que esto representa para la Escuela de Ingeniería Química.

Se desarrollaron programas ambientales para las distintas líneas de acción, así como para los factores ambientales, dejando establecido lo que tanto estudiantes y profesores deben de hacer para utilizar de la forma más eficiente los recursos, y cumplir con las metas del plan de control y monitoreo.

El plan de control y monitoreo hecho para los laboratorios de los cursos, servirá como herramienta de registro para los indicadores del consumo de agua, papel, energía eléctrica y la línea de residuos y desechos. Con esta herramienta se verificará si se está llevando a una conformidad o no. Y con base en esto, el profesor de laboratorio pueda tomar medidas para cumplir con dicha conformidad y también para pensar en una mejora continua.

CONCLUSIONES

1. El diagnóstico realizado en las líneas de acción y factores ambientales, mostró que se pueden reducir el índice de consumo de papel, la temperatura y humedad relativa, para que esté dentro del rango de *confort* y la disposición de los residuos químicos especiales, debe estar a cargo de una empresa autorizada por el MARN.
2. Se determinó y cotizó el proceso de tratamiento de residuos químicos especiales que no se pueden tratar en el laboratorio, con una empresa especialista y cuyo proceso está autorizado por el MARN.
3. Se crearon los programas ambientales para cada una de las líneas de acción en el laboratorio y así establecer la función específica del coordinador, profesor y estudiante, que deben cumplir para garantizar el uso responsable de los recursos.
4. Se desarrolló un plan de control y monitoreo que asegure la mejora continua en el laboratorio de Química y el compromiso de todos los involucrados.

RECOMENDACIONES

1. Buscar alternativas para las prácticas que generen residuos químicos especiales, que necesitan tratamiento de una empresa autorizada por el MARN.
2. Cambiar de tecnología de iluminación T-8 a LED, para disminuir el consumo de energía eléctrica y las emisiones de dióxido de carbono.
3. Agregar un ventilador y un extractor más dentro del laboratorio para asegurar las condiciones ambientales ideales de trabajo.
4. Evaluar la posibilidad de que los estudiantes entreguen parte de sus reportes, tareas e investigaciones en digital para reducir el consumo de papel.

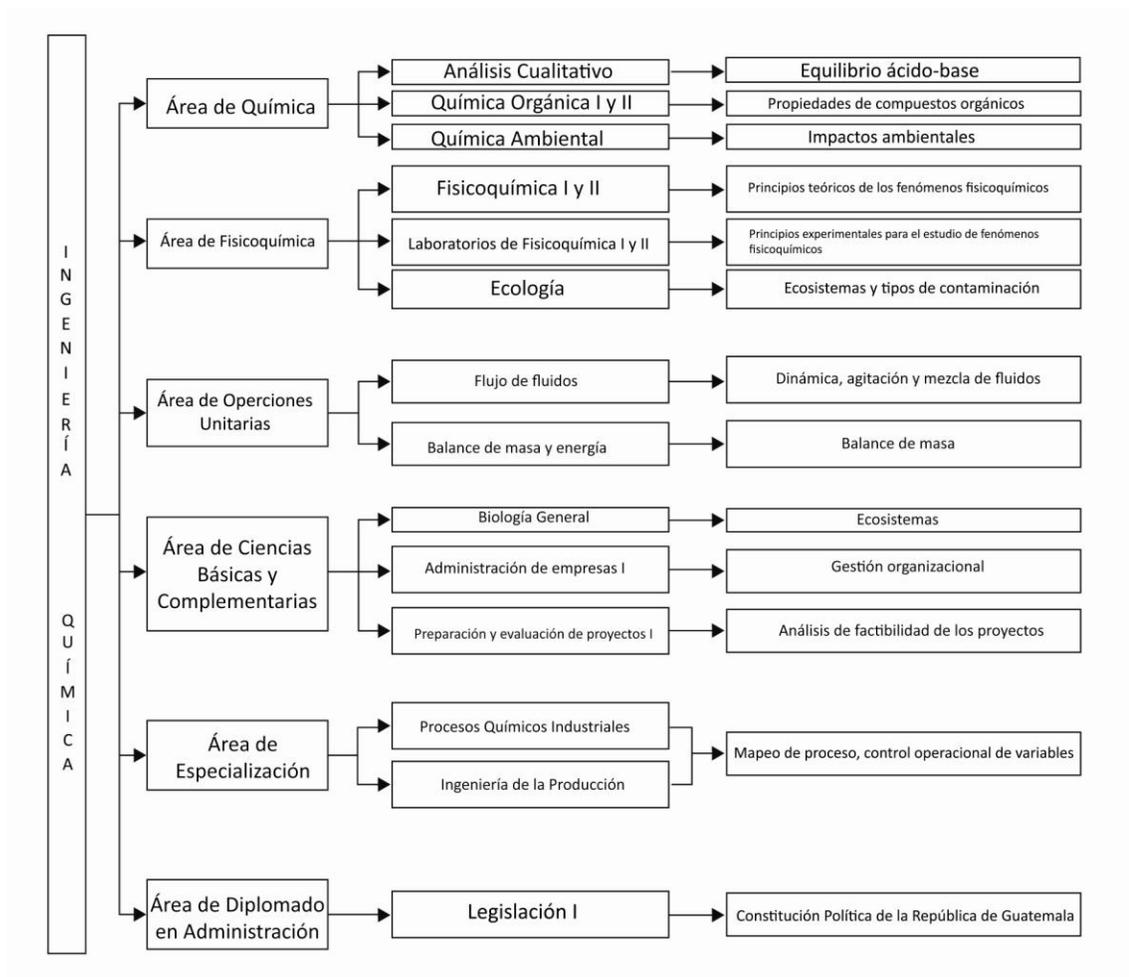
BIBLIOGRAFÍA

1. ALARCÓN, Javier. *Norma oficial nom-025-stps-2008, condiciones de iluminación en los centros de trabajo*. [en línea]. <http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5076393&fecha=30/12/2008>. [Consulta: septiembre de 2011].
2. ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO. *Niveles de Ruido Protocolo, Laboratorio de condiciones de trabajo*. Edición 2007-1. [en línea]. <<http://copernico.escuelaing.edu.co/lpinilla/www/protocols/YSI/PROTOCOLO%20DE%20RUIDO1.pdf>> [Consulta: septiembre de 2011].
3. GARCÍA, Walter Aníbal. *Actualización del Protocolo de Seguridad en los Laboratorios de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, e acuerdo a Normativos dictados por la Sociedad Americana de Química*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 225 p.
4. MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. *Política Nacional de Producción más Limpia, Acuerdo Gubernativo No 258-2010. Septiembre 2010*. [en línea]. <<http://www.marn.gob.gt/documentos/novedades/pp+l.pdf>>. [Consulta: abril de 2011].

5. RUBIO, Ernesto. *Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SS A1-1993*. México: 26 de septiembre de 2005. [en línea]. Secretaría de trabajo y previsión social. <<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom25ssa193.html>>. [Consulta: septiembre de 2011].

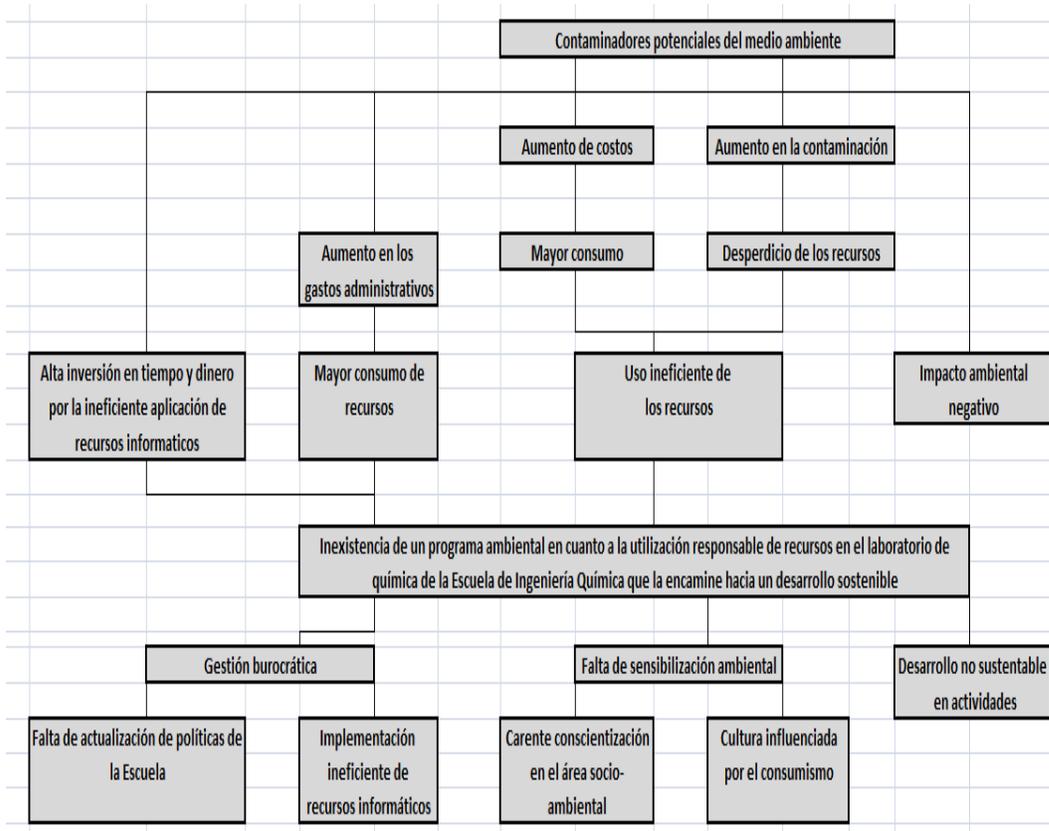
APÉNDICES

Apéndice 1. **Tabla de requisitos académicos**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa o árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Manual de normas para la aceptación de donaciones
programa ambiental ESIQ**

A. Declaración del propósito de la normativa para la aceptación de donaciones

La finalidad de la normativa para la aceptación de donaciones a la Escuela de Ingeniería Química, consiste en regular la aceptación de donaciones y ofrecer orientación a coordinadores, profesores, estudiantes y donantes en la realización de donaciones.

La aceptación de todas las donaciones se considerará de conformidad con las normas establecidas en el presente documento. El alcance de esta normativa está limitado por la aceptación o no de las donaciones propuestas, y no tiene como finalidad la disposición de activos de propiedad de la Escuela, ni el reconocimiento a los donantes.

B. Definición de donación

Se define como donación la transferencia voluntaria de activos a la Escuela por parte de una persona o una organización. Las donaciones pueden ser equipo de laboratorio, reactivos de laboratorio, material pedagógico o bienes personales. La Escuela podrá aceptar o rechazar cualquier donación.

Se indican a continuación las características que definen una donación:

- Toda donación deberá efectuarse con intenciones filantrópicas.
- La donación es una transferencia irrevocable de activos.

- En general, las donaciones no están sujetas a un intercambio de consideraciones u otras obligaciones contractuales entre la Escuela y el donante.
- No se le suministrarán al donante documentos contables formales; sin embargo, corresponde y es conveniente suministrarle un informe general sobre el destino y repercusión de su donación.
- Una donación no se considerará ejecutada hasta haber sido aceptada por la Escuela.

C. Tipos de donaciones aceptables

- **Equipo de laboratorio**

La donación de equipo de laboratorio comprende todo aquel aparato tecnológico que pueda ser utilizado para ayudar a la enseñanza pedagógica, el cual debe encontrarse en buen estado. Para ello el coordinador del área debe evaluar si la donación se encuentra en estado obsoleto o no, si es necesario o puede ser útil en las prácticas de laboratorio y si no representa un peligro conservarlo dentro de las instalaciones del laboratorio (Ejemplo: equipos que sean fuente de radiación).

La persona que recibe la donación deberá presentar un reporte donde se indique el uso que se le va a dar al equipo aceptado, evidenciando su necesidad o punto de mejora pedagógica.

El cual se lo presentará al Coordinador del Área de la unidad donde se realizará la donación; este decidirá si se acepta o no. Si la donación es aceptada se llenara el formato PAESIQ-001-FDD

- **Reactivos de laboratorio**

Quienes deseen donar reactivos a los laboratorios de la Escuela deberán presentar su propuesta de donación por escrito. La propuesta incluirá la descripción de los reactivos que se propone donar, constancia de su propiedad, la fecha de adquisición y su respectiva fecha de vencimiento. La persona que recibe la donación deberá presentar un reporte donde se indique el uso que se le va a dar a los reactivos aceptados, evidenciando su necesidad y explicando detalladamente en qué prácticas del laboratorio los va a utilizar o el fin que les va a dar a los reactivos. Este se lo presentará al Coordinador del Área de la unidad donde se realizará la donación y este decidirá si se acepta o no. Si la donación es aceptada se llenará el Formato PAESIQ-001-FDD.

- **Material pedagógico**

Comprende toda aquella donación de material didáctico que reúne medios y recursos que facilitan la enseñanza y el aprendizaje. Se debe evaluar que estas donaciones puedan utilizarse dentro del ambiente educativo para facilitar la adquisición de conceptos, habilidades, actitudes y destrezas. Cabe destacar, que además de los libros pueden constituir un material didáctico: las películas, los discos, los programas de computación.

La persona que recibe la donación deberá presentar un reporte donde se indique el fin que le dará a la donación y evidenciar de qué manera la adquisición contribuirá como apoyo al mejoramiento didáctico, docente o pedagógico. Dicho reporte se lo presentará al Coordinador del Área de la unidad donde se realizará la donación y este decidirá si se acepta o no. Si la donación es aceptada, se llenará el formato PAESIQ-001-FDD.

D. Objetos de propiedad personal

Estas donaciones son complicadas y pueden acarrear riesgos y gastos adicionales tanto al donante como a la Escuela. Estas normas tienen el propósito de asegurar que la unidad tome decisiones prudentes respecto de la aceptación de este tipo de donaciones, de modo que esta logre el máximo beneficio para sus programas. La donación puede ser de tipo tecnológico, mobiliario y equipo, libros, cristalería y material de apoyo. La persona que recibe la donación deberá presentar un reporte donde se indique el uso que se le va a dar a lo aceptado, evidenciando su necesidad pedagógica y explicando detalladamente en dónde lo utilizará. Este se lo presentará al Coordinador del Área de la unidad donde se realizará la donación, quien decidirá si se acepta o no. Si la donación es aceptada se llenará el formato PAESIQ-001-FDD.

E. Comité para la aceptación de donación

Este será variable para cada donación realizada, dependiendo del área a la cual se realice la donación y la persona que la recibe, quien será la encargada de darle seguimiento a la donación.

Estará conformado por tres personas:

- Persona que recibe la donación (Estudiante, Profesor o Tesista)

- Coordinador(a) de Área en la que se realizará la donación:
 - Coordinador de Área de Fisicoquímica
 - Coordinador de Área de Química
 - Coordinador de Área de Operaciones Unitarias
 - Coordinador de Área Complementaria

- Director(a) de Escuela de Ingeniería Química

F. Procedimiento para la aceptación de la donación

El comité de aceptación de donaciones tendrá como finalidad evaluar si es viable y necesario el ingreso de la donación a la Escuela de Ingeniería Química. Además de que no representará un gasto o peligro a la Escuela. La persona que recibe la donación será el contacto entre el donante y la Escuela. Este será el encargado de evidenciar en un informe las fortalezas y áreas de oportunidad de mejora, que representará la donación. Lo presentará al Coordinador del Área donde se desea realizar la donación.

El Coordinador del Área en donde realizará la donación, se encargará de evaluar si la donación es necesaria dentro de su área y decidirá si se acepta o no. El Director de Escuela de Ingeniería Química dará su visto bueno a la aceptación de la donación en el formato PAESIQ-001-FDD con su sello y firma, documentando el formato original y proporcionándole una copia al resto del comité y al donante.

G. Fecha de puesta en vigencia de las normas

Las normas para la aceptación de donaciones se adoptaron el ____ de ____ de 2012 y entraron en vigencia en dicha fecha, siendo autorizadas por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería de La Universidad de San Carlos de Guatemala. Todos los convenios de donaciones se deberán regir por las normas para la aceptación de donaciones en vigencia, a la fecha en que sea aceptada la donación original.

Apéndice 4. Formato declaración de donaciones

FORMATO DECLARACIÓN DE DONACIONES (PAESIQ-001-FDD)	
	Hoja No. _1_ de _1
Nombre de la unidad a la que realiza la donación:	
Área de la unidad a la que se realiza la donación:	
Nombre del coordinador del area de la unidad a la que se realiza la donación:	
Firma del coordinador de la unidad a la que se realiza la donación de enterado:	
Sr. (a) Director Escuela de Ingeniería Química (ESIQ)	
Con base a lo establecido en el Normativo 48994. Declaro la (s) donación (es) que voy a realizar. Además, lo(a) estoy remitiendo a usted para que la institución disponga lo que corresponda.	
Nombre de la empresa o institución donante:	
Nombre de persona que lo envía:	
Firma de la persona que lo envía:	
Tipo de donación :	

Continuación apéndice 4

Motivo de donación:	
Valor estimado(Q) :	
Estado de la donación:	
Fecha de vencimiento:	
Nombre de la persona que lo recibe en ESIQ:	
Firma de la persona que lo recibe en ESIQ:	
Puesto y cargo de la persona que lo recibe en ESIQ:	

Fuente: elaboración propia.