



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

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS
DE FISICOQUÍMICA 1 y 2, DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Rosángela María Juárez Escobar

Asesorada por la Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña y

M.Sc. Inga. Lisely De León Arana

Guatemala, mayo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE
FISICOQUÍMICA 1 y 2, 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

ROSÁNGELA MARÍA JUÁREZ ESCOBAR

ASESORADA POR LA DRA. CASTA PETRONA ZECEÑA ZECEÑA Y
M.SC. INGA. LISELY DE LEÓN ARANA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, MAYO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	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 Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADOR	Ing. Federico Guillermo Salazar Rodríguez
EXAMINADORA	Inga. Hilda Piedad Palma de Martini
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 FISICOQUÍMICA 1 y 2, 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 26 de abril de 2011.



Rosángela María Juárez Escobar



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 de la estudiante de Ingeniería Química, Rosángela María Juárez Escobar, carné 2006-14776, titulado, **“Desarrollo de un Programa Ambiental en los Laboratorios de Fisicoquímica 1 y 2, 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. Kiselj De León,
Asesora



Dra. Gastal Zecena
Asesora



ACAAI

Asociación de Asesoras de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala



Oficina Verde

FORMANDO INGENIEROS QUÍMICOS EN GUATEMALA Desde 1939



Guatemala, 20 de marzo de 2012
 Ref. EI.Q.TG-IF.013.2012

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

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-285-2011-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 la estudiante universitaria: **Rosángela María Juárez Escobar**

Identificada con número de carné: **2006-14776**

Previo a optar al título de INGENIERA QUÍMICA.

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:

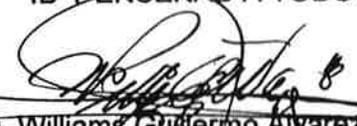
DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE FISCOQUÍMICA 1 Y 2, DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

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 ENSEÑAD 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
 Periodo 2009 - 2012



ACAAI

Agencia Centroamericana de Acreditación de
 Programas de Arquitectura y de Ingeniería



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 de la estudiante, **RÓSÁNGELA MARÍA JUÁREZ ESCOBAR** titulado: "**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE FISICOQUÍMICA 1 Y 2, DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.


Ing. Williams Guillermo Alvarez Mejía; C.Dr.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, mayo de 2012

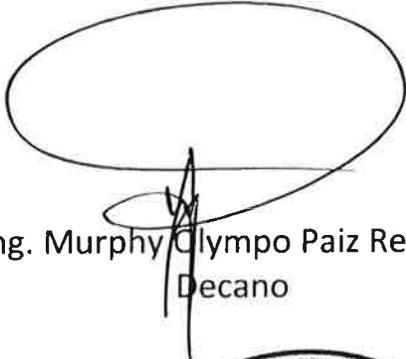


Cc: Archivo
WGAM/ale



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 FISICOQUÍMICA 1 Y 2, DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Rosángela María Juárez Escobar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 28 de mayo de 2012.



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la luz que guía mi vida y por darme la sabiduría.
Mis padres	Manfredo Juárez y Nory de Juárez por ser mi fuente de inspiración, mi ejemplo a seguir y por todo su apoyo incondicional, los quiero.
Mis hermanos	Ronald y Mey por todo su cariño y confianza que siempre me han dado y por estar conmigo en todo momento, los quiero.
Mi sobrino	Por alegrarme la vida.
Mis abuelas	Por sus sabios consejos y cariño.
Mis primos	Porque han estado conmigo en las buenas y malas y siempre me han apoyado.
Mis tíos y a toda mi familia	Por ser muy especiales y estar siempre pendientes de mí.
Mis amigos	Por su amistad y todos los momentos compartidos.
Mi novio	Por tu cariño, tu apoyo y lo feliz que me haces.

**Mis amigos de la
Universidad**

Por brindarme su amistad y conocimientos.

**Todos aquellos que
se han adelantado**

Por cuidarme y acompañarme siempre en espíritu.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de
San Carlos de Guatemala**

Por ser mi casa de estudios.

La Facultad de Ingeniería

Por brindarme todo el recurso físico y humano para obtener la mejor educación.

**La Escuela de
Ingeniería Química**

Por mi formación académica.

Mis asesoras

Por sus conocimientos y tiempo brindado.

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.....	1
1.2.1. Declaración de Johannesburgo sobre el desarrollo sostenible.....	1
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.	2
1.3.1. Sistema de gestión ambiental.....	3
1.3.2. Producción más Limpia.....	3
1.3.3. Programa mundial de P+L de la ONUDI.....	4
1.3.4. Producción más Limpia en Guatemala y el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia.....	4
1.3.5. Política nacional de Producción más Limpia (mayo 2009).....	5
1.3.6. Cooperación del programa ELE en el	

	Proyecto Piloto del SGA en el Laboratorio de Fisicoquímica Universidad de San Carlos de Guatemala.....	5
1.3.7.	TDG: Desarrollo de un Sistema de Gestión Ambiental de acuerdo con la Norma ISO 14001:2004 como herramienta de educación ambiental en el Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala.....	6
1.3.8.	Acuerdo de cooperación USAC-CGP+L.....	7
2.	MARCO TEÓRICO.....	9
2.1.	Sistema de gestión ambiental.....	9
2.2.	Producción más Limpia.....	10
2.3.	Indicadores ambientales.....	12
2.4.	Buenas prácticas ambientales en el laboratorio.....	13
2.4.1.	Buenas prácticas en la utilización de los recursos.....	14
2.4.2.	Buenas prácticas en el manejo de los residuos	19
2.4.2.1.	Residuos peligrosos.....	20
2.4.2.2.	Residuos asimilables urbanos.....	22
2.4.2.3.	Vertidos líquidos.....	22
2.4.3.	Clasificación de los residuos.....	24
2.5.	Laboratorio de Fisicoquímica.....	30
2.5.1.	Campo de la Fisicoquímica.....	30
2.5.2.	El Laboratorio de Fisicoquímica.....	30
3.	MARCO METODOLÓGICO.....	33
3.1.	Variables.....	33

3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	34
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	34
3.4.	Recursos materiales disponibles.....	35
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa.....	36
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	36
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	37
3.8.	Análisis estadístico.....	39
3.9.	Plan de análisis de resultados.....	39
3.9.1.	Modelos para obtener los indicadores.....	40
3.9.2.	Programas a utilizar para el análisis de datos..	43
4.	RESULTADOS.....	45
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	75
	CONCLUSIONES.....	77
	RECOMENDACIONES.....	79
	BIBLIOGRAFÍA.....	81
	APÉNDICES.....	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Símbolos de peligrosidad	20
2.	Disolventes halogenados	25
3.	Disolventes no halogenados	26
4.	Metodología de PML	36
5.	Etapas para la obtención de los indicadores ambientales	37
6.	Generación de residuos químicos en el Laboratorio de Fisicoquímica 1.....	48
7.	Generación de residuos químicos en el Laboratorio de Fisicoquímica.....	49
8.	Factores ambientales Laboratorio de Fisicoquímica 1: temperatura, porcentaje de humedad relativa, ruido e iluminación	50
9.	Factores ambientales Laboratorio de Fisicoquímica 1: calidad del aire (CO ₂ , CO, DFI Y PM ₁₀)	50
10.	Factores ambientales Laboratorio de Fisicoquímica 2: temperatura, porcentaje de humedad relativa, ruido e iluminación.....	51
11.	Factores ambientales Laboratorio de Fisicoquímica 2: calidad del aire (CO ₂ , CO, DFI Y PM ₁₀)	51

TABLAS

I.	Variables independientes.....	33
----	-------------------------------	----

II.	Indicador del consumo de agua en el Laboratorio de Físicoquímica.....	45
III.	Indicador del consumo de papel en el Laboratorio de Físicoquímica.....	46
IV.	Indicador del consumo de energía eléctrica en el Laboratorio de Físicoquímica.....	47
V.	Indicador de la generación de residuos químicos en el Laboratorio de Físicoquímica 1.....	48
VI.	Indicador de la generación de residuos químicos en el Laboratorio de Físicoquímica 2.....	49
VII.	Plan de acción y mejora para el LFQ	52
VIII.	Programa ambiental del agua.....	55
IX.	Programa ambiental del papel.....	57
X.	Programa ambiental de energía eléctrica.....	59
XI.	Programa ambiental de residuos y desechos.....	61
XII.	Clasificación de residuos químicos	65
XIII.	Programa ambiental de factores ambientales.....	68
XIV	EIQ-PALFQ-PM plan de control y monitoreo.....	71

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
dB	Decibeles
CO₂	Dióxido de carbono
°C	Grados Celcius
DFI	Índice de fotoionización
kg	Kilogramos
kWh	Kilovatio por hora
L	Litros
CO	Monóxido de carbono
ppm	Partes por millón
PM₁₀	Partículas menores de 10 microgramos
%	Porcentaje

GLOSARIO

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.
Corrosivos	Se denominan en general a aquellas sustancias que son capaces de causar graves lesiones en los tejidos vivos (humanos) y de atacar a otras sustancias (metales o maderas).
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles, a veces llamados VOC (por sus siglas en inglés), o COV (por sus siglas en español), 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 o trabajado.
Disoluciones acuosas	Se llama disolución (soluteo y solvente) porque está formado por dos componentes, se dice acuosa porque el agua la mayoría de veces es el solvente.

Gestión ambiental	Estrategia 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 ambiente y en recuperar los recursos del mismo.
Impacto ambiental	Efecto que produce una determinada acción humana sobre el ambiente en sus distintos aspectos.
Indicadores ambientales	Cualquier parámetro medible del ambiente natural que informe del estado de dicho ambiente o de aspectos relacionados con él.
Inflamable	Que arde con facilidad y desprende llamas inmediatamente.
Normas ISO 14000	La 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 reduce los riesgos para los seres humanos y el ambiente.
Reactivos	Toda sustancia que interactúa con otra en una reacción química que da lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta, denominadas productos de reacción o simplemente productos.
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	Sus siglas significan Sistema de Gestión Ambiental este incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los 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 realiza directa o indirectamente a los cauces mediante canales, desagües o drenajes de agua.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se realizó un programa ambiental bajo los principios de la Producción más Limpia en el Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Se realizaron mediciones en cuatro líneas de acción: consumo de agua, consumo de papel, consumo energético, residuos y desechos, también se determinaron factores ambientales: calidad del aire, nivel de iluminación, nivel de ruido, temperatura y porcentaje de humedad relativa. Con base en el diagnóstico realizado se obtuvieron indicadores ambientales que permiten conocer el impacto ambiental que el laboratorio está generando, por lo tanto, se plantearon propuestas para desarrollar un plan de acción y mejora del laboratorio que contiene un presupuesto que permita implementarlo.

Posteriormente, se desarrolló un programa ambiental con base en el plan de acción y mejora, en el cual quedará indicado cada uno de los roles que los involucrados del Laboratorio de Fisicoquímica deberán cumplir para satisfacer las propuestas generadas para reducir el impacto ambiental. Además, se realizó un plan de control y monitoreo para asegurar la mejora continua en el laboratorio. Se apoyo en la concientización de los estudiantes y profesores sobre el uso adecuado de los recursos de la Escuela de Ingeniería Química.

OBJETIVOS

General

Desarrollar un Programa Ambiental en los Laboratorios de Fisicoquímica 1 y 2 de la Escuela de Ingeniería Química.

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.
3. Crear un plan de acción para la implementación del programa ambiental dentro del laboratorio, como parte de la reforma curricular que será aprobada por la junta directiva.
4. Crear un plan de control y monitoreo del programa ambiental.
5. Apoyar en la concientización a los estudiantes y catedráticos en el uso racional de los recursos de la Escuela de Ingeniería Química.

INTRODUCCIÓN

Un programa ambiental es un conjunto de actividades que busca evaluar el impacto de los procedimientos que se realizan en un lugar específico, identificando áreas de oportunidad de mejora para reducir los efectos negativos sobre el ambiente.

Durante el desarrollo de este trabajo de graduación, se busca realizar un programa ambiental que incluya acciones que busquen minimizar los impactos ambientales y sociales del Laboratorio de Físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química, basados en la evaluación y diagnóstico de la problemática; estableciendo un plan de acción y mejora para prevenir, mitigar y controlar posibles efectos ambientales negativos; incluyendo un plan de control y monitoreo y actividades de concientización.

Enfocando en el programa ambiental el aprovechamiento eficiente de los recursos, con el fin de favorecer en el Laboratorio de Físicoquímica la adquisición de buenos hábitos y prácticas.

Este proyecto es uno de los pilares que respaldarán la implementación de un Sistema de Gestión Ambiental en la Escuela de Ingeniería Química, contribuyendo a lograr una escuela sustentable, con responsabilidad social y ambiental.

1. ANTECEDENTES

1.1. Agenda 21

En la Agenda 21, se establecen acciones detalladas para alcanzar el desarrollo sostenible. Considera aspectos ambientales, económicos y sociales, tales como: la cooperación internacional, 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: atmósfera, los recursos de la tierra, zonas de la montaña, agricultura, biodiversidad, océanos y mares, agua dulce, productos químicos tóxicos, desechos peligrosos, desechos sólidos, desechos radiactivos y aguas residuales.

1.2. Desarrollo sostenible

Este tema se manifestó por medio de la cumbre mundial celebrada en Johannesburgo, luego se proclamó la década de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible.

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 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, desarrollo social y la protección ambiental, pilares del 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

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.

1.3.1. Sistema de gestión ambiental

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) fue invitada a participar a la Cumbre de la Tierra, organizada por la conferencia sobre el 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 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 Producción más Limpia en la industria, es una opción más factible y rentable que eliminar o mitigar la contaminación ambiental una vez que esta se ha producido; ya que por medio de dicha estrategia preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios con el 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.

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.

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

En 1999 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, 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 consideradas con el Ambiente.

1.3.5. 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 orientara 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).

1.3.6. Cooperación del programa ELE en el Proyecto Piloto del SGA en el Laboratorio de Fisicoquímica 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 Físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química (EIQ), para lo cual, 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.

1.3.7. TDG: Desarrollo de un Sistema De Gestión Ambiental de Acuerdo a la Norma ISO 14001:2004 como herramienta de educación ambiental en el Laboratorio de Físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Los encargados del Laboratorio de Físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química, han realizado acciones conjuntamente con el trabajo de graduación de América Salome González sobre un sistema de gestión ambiental de acuerdo con la norma ISO 14001:2004 como herramienta de educación ambiental.

En este trabajo realizado se incluyen varios aspectos, entre ellos, está la elaboración de un manual de SGA y la creación de una política ambiental. Así también, la elaboración de procedimientos de Gestión ambiental los cuales incluyen:

Identificación de aspectos ambientales (AA), determinación de significancia de los AA, en donde ellos identificaron 10 aspectos ambientales significativos (AAS) según su criterio, únicamente se hace referencia a los listados de los requisitos y otros requisitos aplicables. Identificación de requisitos legales y otros requisitos (Listado de documentos de referencia), capacitación, entrenamiento y sensibilización del personal del laboratorio, comunicación, control de documentos, gestión de las no conformidades y toma de acciones correctivas y preventivas, auditorías internas, evaluación del cumplimiento, preparación y respuesta ante emergencias; medición y seguimiento (tabla de requisitos y procedimientos).

Entre los aspectos que también incluyen están los formatos de registros (control de documentos, mediciones y seguimiento, las no conformidades, acciones correctivas o preventivas). Otro aspecto muy importante es la creación de procedimientos para los OMPA's Objetivos, Metas y Programas Ambientales.

1.3.8. Acuerdo de cooperación USAC-CGP+L

La Facultad de Ingeniería y El Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia, firmaron un convenio dentro del marco denominado Proyecto Universidades, con el fin de desarrollar e implementar actividades encaminadas a la temática de Oficina Verde y Producción más Limpia.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de gestión ambiental

La gestión del 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.

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 pueden 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.

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

Etapas 1. Creación de la base del programa de PML.

Etapas 2. Preparación del diagnóstico de PML.

Etapas 3. Diagnóstico - Estudio detallado de las operaciones unitarias 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 con base en los resultados de un estudio detallado de las operaciones de producción, las de logística y las auxiliares, que incluye la cuantificación y caracterización de las entradas y salidas de cada operación unitaria. El fin de este estudio es de 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.

Entre las entradas y salidas mencionadas en el párrafo anterior, está incluido el consumo y la pérdida de energía que ocurre en las operaciones unitarias y auxiliares de la planta. Dado que existe una cierta correlación entre el consumo de energía y la cantidad de residuos que se genera, es beneficioso combinar los objetivos de la prevención de la contaminación y los de la eficiencia energética en el programa de PML, enfocado a incrementar la eficiencia de las operaciones unitarias.

Si bien el diagnóstico de PML es una herramienta técnica utilizada para evaluar y mejorar la eficiencia de las operaciones de una planta, sus beneficios, como resultado de una intervención temporal, no son significativos sin el respaldo del programa de PML.

La existencia de este programa implica un compromiso y una organización permanente y a largo plazo dentro de la entidad interesada. La creación de tal programa asegura la provisión, por una parte, de la infraestructura y recursos técnicos, administrativos y financieros para implementar con éxito las medidas recomendadas de PML; y, por otra, la continuidad a largo plazo de las prácticas de PML en la empresa, con o sin la intervención de recursos humanos externos de apoyo.

Más aún, el programa de PML es una base sólida, a partir de la cual la entidad interesada puede implementar y mantener un sistema de gestión ambiental, si es que no lo ha implementado aún.

2.3. 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 referenciación, ya que permiten, dada su naturaleza, la comparación al interior de la organización (referenciación interna) o al exterior de la misma (referenciación externa colectiva). Sin embargo, para que un indicador cumpla este objetivo de manera efectiva, debe poseer, entre otras, las siguientes características:

- **Relevante:** debe ser importante o clave para los propósitos que se buscan.

- Entendible: no debe dar lugar a ambigüedades o mal interpretaciones que puedan desvirtuar su análisis.
- Basado en información confiable: la precisión del indicador debe ser suficiente para tomar la decisión adecuada.
- Transparente/verificable: su cálculo debe estar adecuadamente soportado y ser documentado para su seguimiento y trazabilidad.
- Basado en información específica con relación al lugar y el tiempo: debe ser asociado a hechos reales que faciliten su análisis.

Los indicadores ambientales pueden ser clasificados en tres grandes grupos:

- Indicadores de desempeño: miden la eficiencia y el desempeño ambiental de las operaciones o procesos dentro de la organización.
- Indicadores de gestión: miden los esfuerzos de la gerencia para influenciar el desempeño ambiental de la organización.
- Indicadores de condición ambiental: proporcionan información acerca de las condiciones del ambiente en el ámbito local, regional o global.

2.4. Buenas prácticas ambientales en el laboratorio

Las buenas prácticas ambientales en el laboratorio se subdividen en diferentes categorías que se describen en las siguientes secciones.

2.4.1. Buenas prácticas en la utilización de los recursos

- 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, e intercalar 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.

- Uso:
 - Conocer y aplicar las buenas prácticas ambientales de laboratorio.
 - Evitar la mala utilización y el derroche.
 - Buscar, para cada producto, la idoneidad del uso también desde una perspectiva ambiental 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, etcétera.
 - Acondicionar un contenedor para depositar cada tipo de residuo en función de los requisitos de gestión.
 - Equipos e instrumentos de laboratorio.
 - Observar escrupulosamente las especificaciones técnicas y datos del fabricante, sobre instalación, uso y mantenimiento de los equipos e instrumentos del laboratorio.
 - Calibrar cuidadosamente los equipos para evitar fallos que produzcan residuos.

- Tener en funcionamiento los equipos el tiempo imprescindible evitará la emisión de ruido.
- Materias y productos.
- Comprobar que los productos están correctamente etiquetados, con instrucciones claras de manejo seguridad y ambiente, requisitos de almacenamiento, fechas de caducidad, actuaciones en caso de intoxicación, etcétera.
- 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 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 ambiental 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.
-
- 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.
 - 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.
- Climatización, agua caliente: regular los termostatos a la temperatura necesaria en cada caso.
- Mantenimiento:
 - Mantener los equipos e instrumentos de laboratorio siguiendo escrupulosamente las especificaciones técnicas y datos del fabricante, para optimizar el consumo de materias, agua y energía, minimizar la emisión de gases de los CFC (gases refrigerantes que destruyen la capa de ozono) y evitar la producción de residuos.
 - 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.

2.4.2. Buenas prácticas en el manejo de los residuos

Se contribuye a una gestión ambientalmente correcta de los residuos:

- Utilizando elementos que contengan materiales reciclados como plásticos y papel reciclado.
- Utilizando productos cuyos envases posean una elevada aptitud para ser reciclados.
- Rechazando los materiales que se transforman en residuos tóxicos o peligrosos al final de su uso, como los elementos organoclorados (PVC, CFC).
- 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.
- Cumpliendo la normativa lo que 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.

2.4.2.1. Residuos peligrosos

Separar correctamente los residuos.

- Identificar los contenedores con una etiqueta que por legislación debe incorporar:
 - Código de residuo.
 - Símbolo correspondiente según sea un producto nocivo, tóxico, inflamable, etcétera.

Figura 1. Símbolos de peligrosidad



Fuente: <<http://www.conacyt.gob.sv/manual.pdf>>. [Consulta: en noviembre de 2011].

- Nombre, dirección y teléfono del titular de los residuos.
- Fecha de envasado (cuando se tiene el contenedor completo).
- 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.

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 Ambiente).

- Colocar los contenedores de residuos peligrosos:
 - En una zona bien ventilada y cubierto del sol y la lluvia.
 - De forma que las consecuencias de algún accidente que pudiera ocurrir fueran 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 (la de entrega a un gestor).
- 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.

2.4.2.2. Residuos asimilables urbanos

Estos residuos son objeto de recogida domiciliaria para lo que se depositarán en los contenedores o se observarán las normas que en cada caso determine la mancomunidad de conformidad con la normativa legal vigente.

2.4.2.3. Vertidos líquidos

- Para los vertidos que por sus características no causan efectos perjudiciales en colectores y estaciones depuradoras, ni riesgos para el personal de mantenimiento de la red, ni alteran los procesos de depuración biológica de las aguas residuales, conviene solicitar a la entidad titular del colector la autorización de vertido a las redes de saneamiento públicas.

- En el caso de que los vertidos generados sobrepasen los límites establecidos de contaminantes, se deben efectuar en las instalaciones de la actividad los pretratamientos necesarios para garantizar las limitaciones establecidas.
- Se deben instalar los dispositivos necesarios para toma de muestras y para medir el caudal de vertido.
- Está prohibido verter a la red de colectores públicos:
 - Materias que impidan el correcto funcionamiento o el mantenimiento de los colectores.
 - Sólidos, líquidos o gases combustibles, inflamables o explosivos y tampoco irritantes, corrosivos o tóxicos.
 - Microorganismos nocivos o residuos reactivos de forma que se infrinjan las reglamentaciones establecidas al respecto.

Reducir los vertidos:

- Realizando los procesos cuidadosamente para evitar errores y repeticiones.
- Estableciendo medidas para corregir situaciones de derrame.
- Evitando la necesidad de limpieza.

- Eligiendo los agentes de limpieza que permitan reducir la contaminación por vertido tanto en volumen como en peligrosidad.
- Recogiendo los vertidos, segregándolos en origen, realizando pretratamientos antes de verterlos o entregándolos a gestores autorizados.
- Reducir, en lo posible las emisiones.
- COV: reducir las emisiones manteniendo cerrados los recipientes de los disolventes y usando las campanas extractoras adecuadamente.
- CFC: reduciendo el uso del aire acondicionado, manteniendo adecuadamente los equipos de refrigeración que los contengan y evitando el uso de aerosoles.
- Ruido: empleando equipos y utensilios menos ruidosos y manteniéndolos desconectados cuando no se estén utilizando.

2.4.3. Clasificación de los residuos

La caracterización, selección e identificación de los residuos es básica en el programa de gestión de residuos, para evitar riesgos debido 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.

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, etcétera.

Figura 2. **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, fluoroetanol
Aminas halogenadas	Bromoanilina, clorobencilamina, iodoanilina, dicloroanilina, tricloroanilina
Esteres halogenados	Bromoacetatos, cloroacetatos, cloropropionatos, cloroformiatos
Amidas halogenadas	Bromoacetanilida, cloroacetamida, ac ortoiodohipúrico

Fuente: <<http://www.conacyt.gob.sv/manual.pdf>>. [Consulta: en noviembre de 2011].

Figura 3. **Disolventes no halogenados**

FAMILIA DE DISOLVENTES	DISOLVENTES ESPECÍFICOS
Hidrocarburos cíclicos	Ciclohexano, metilciclohexano
Derivados de hidrocarburos alifáticos	Pentano, hexano, decano, dimetilformamida (DMF), acetonitrilo
Hidrocarburos aromáticos	Benceno, tolueno, xileno, estireno, cumeno,
Alcoholes	Metanol, etanol, isopropanol (IPA), butanol, alcohol amílico, alcohol alílico, etilenglicoles, polialcoholes
Cetonas	Acetona, metilbutilcetona, propanona, ciclohexilbutilcetona, cetonas aromáticas
Esteres	Acetato de metilo, acetato de etilo, acetato de butilo, acetato de amilo, lauratos, succinatos, glutaratos, acrilatos
Aminas alifáticas	Butilamina, metilamina, trietilamina
Resinas no halogenadas	
Aminas aromáticas	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: <<http://www.conacyt.gob.sv/manual.pdf>>. [Consulta: en noviembre de 2011].

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, hidrocarburos 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.

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: soluciones acuosas básicas: hidróxido sódico e hidróxido potásico.
- Soluciones acuosas de metales pesados: níquel, plata, cadmio y 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 y metanol/agua.

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 y, si no se observa reacción alguna, llevar a cabo la mezcla. En caso contrario, los ácidos se recogerán por separado.

Grupo V: aceites

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

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 contaminado con productos químicos orgánicos como, por ejemplo, carbón activo o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.

- Sólidos inorgánicos: a 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. En este grupo se 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.

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) y compuestos no identificados.
- 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, etcétera).

2.5. Laboratorio de Fisicoquímica

En esta sección se define el estudio que abarca la Fisicoquímica como ciencia y se describe el Laboratorio de Fisicoquímica con el que cuenta la escuela de Ingeniería Química.

2.5.1. Campo de la Fisicoquímica

La Fisicoquímica es una rama de la ciencia que aplica los métodos de la física a la resolución de problemas químicos. Incluye estudios cualitativos y cuantitativos, de tipo experimental y teórico, acerca de los principios generales que determinan el comportamiento de la materia, en particular la transformación de una sustancia en otra. Aunque los fisicoquímicos emplean diversos métodos de la física, los aplican a estructuras y procesos químicos.

La Fisicoquímica abarca la estructura de la materia en equilibrio y los procesos de cambio químico. Sus temas principales son la Termodinámica, la Química Cuántica y la Cinética Química.

2.5.2. El Laboratorio de Fisicoquímica

En la escuela de Ingeniería Química el Laboratorio de Fisicoquímica cuenta con equipos, reactivos y cristalería adecuada para actividades experimentales de Fisicoquímica donde los alumnos debidamente organizados y acreditados, participan en rondas de aplicación de conocimientos teóricos y logran mediante el uso de herramientas matemáticas apropiadas, interpretar la validez de los resultados experimentales.

Las actividades que se realizan en el Laboratorio Físicoquímica de son las que se programan en los cursos correspondientes. Cada curso se desarrolla en el Laboratorio de Físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química. Durante el desarrollo del curso se realizan prácticas experimentales sobre fenómenos físicoquímicos que requieren herramientas teóricas para la resolución de los problemas que cada experiencia demanda.

En cada práctica el estudiante aplicará de forma ordenada, las leyes estudiadas y conocidas en el curso Físicoquímica 1 y 2 dependiendo el caso, qué rigen los fenómenos y qué los hacen evidentes. Aplicará los lineamientos establecidos en los instructivos y con iniciativa propia deriva otros.

El análisis y la interpretación objetiva de los resultados experimentales, le permitirá escribir informes técnicos, extraer conclusiones y elaborar recomendaciones. Al final del curso, el estudiante se encontrará preparado para hacer una presentación formal de los resultados del proceso a manera de informe académico.

En un área útil y exclusiva de 40 metros cuadrados que se ubica en el edificio T5 de la Facultad de Ingeniería, se tienen instaladas mesas de trabajo, equipos de medición, equipos de análisis y el suministro de energía eléctrica y agua.

Se cuenta también con anaqueles con reactivos debidamente clasificados y un área de administración educativa donde los profesores desarrollan actividades de orientación y evaluación del proceso de enseñanza aprendizaje.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Se describen las variables independientes y las dependientes del marco metodológico.

Tabla I. Variables independientes

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

Continuación de la tabla I.

10	Temperatura	°C		x		x
11	Humedad relativa	%		x		x
12	Ruido	dB		x		x
13	PM ₁₀	mg/m ³		x		x
14	CO	PPM		x		x
15	CO ₂	PPM		x		x
16	DFI	PPM		x		x

Fuente: elaboración propia.

Variable dependiente: desarrollo de un programa ambiental

3.2. Delimitación del campo de estudio

El Programa Ambiental se desarrollará en el Laboratorio de Físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química.

3.3. Recursos humanos disponibles

Estudiante investigador: Rosángela María Juárez Escobar.

Asesoras del proyecto

Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña. Coordinadora del Área Ambiental de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

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.

Centro de apoyo del proyecto
Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia (CGP+L)

Director de la escuela de Ingeniería Química
Dr. Williams Guillermo Álvarez Mejía.

Profesores y auxiliares del Laboratorio de Físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química.

Estudiantes que utilicen las instalaciones del Laboratorio de Físicoquímica

3.4. Recursos materiales disponibles

Equipo de medición

- Higrómetro, Datalogger USB - WK057
- Medidor de calidad de aire, EVM SERIES
- Decibelímetro, SPER Scientific 840013
- Luxómetro, SPER Scientific 84006

Equipo adicional

- Beacker de 500 ml
- Balanza
- Cámara fotográfica

3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa

Enfoque epistemológico: cualitativo

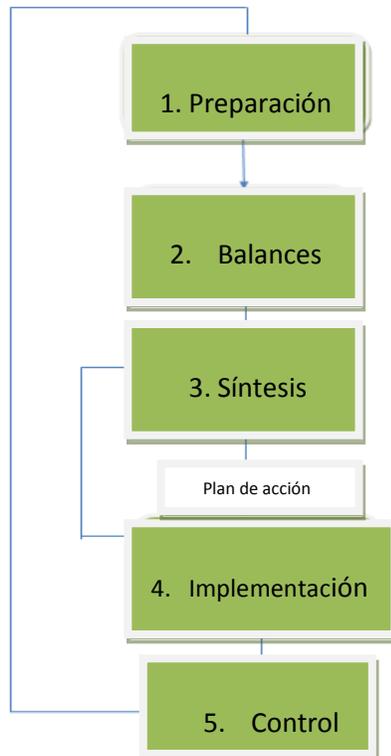
Nivel de investigación: descriptivo

Tipo de investigación: aplicada

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

Para la recolección de la información se utiliza la siguiente metodología: preparación, balances, síntesis, por lo que se genera un plan de acción, luego la implementación y control.

Figura 4. Metodología de PML

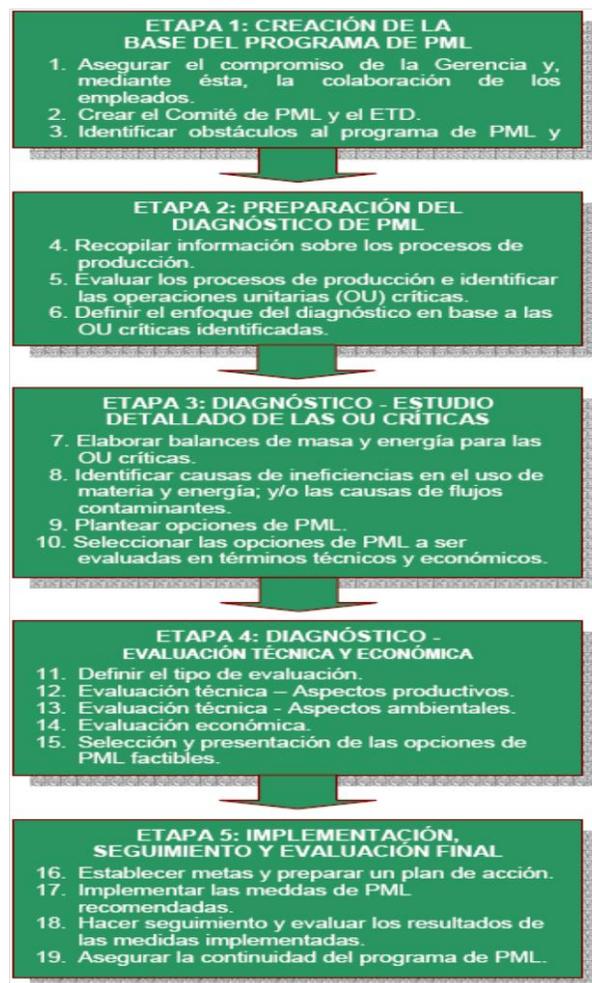


Fuente: elaboración propia.

3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Las etapas son cinco: creación de la base del programa de PML, preparación del diagnóstico de PML, diagnóstico - estudio detallado de las operaciones unitarias críticas, diagnóstico- evaluación técnica y económica, implementación, seguimiento y evaluación final.

Figura 5. Etapas para la obtención de los indicadores ambientales



Fuente: <<http://www.cpts.org/pdf/DESARRPROGPML.pdf>>. [Consulta: en noviembre de 2011].

- Asegurar el compromiso con la Escuela de Ingeniería Química y la colaboración de los catedráticos, auxiliares y estudiantes del Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química.
- Identificar obstáculos al programa de manejo ambiental.
- Recopilar información sobre cada una de las prácticas realizadas en el Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química.
- Evaluar cada una de las prácticas e identificar las críticas.
- Plantear opciones para el programa ambiental.
- Seleccionar opciones a ser evaluadas técnica y económicamente.
- Evaluar técnicamente aspectos productivos y ambientales.
- Evaluar económicamente.
- Seleccionar y presentar las opciones del programa ambiental factibles.
- Establecer metas y preparar un plan de acción.
- Asegurar la continuidad del programa ambiental.

Actividades realizadas para el procesamiento de la información

- Mediciones basadas en las cuatro líneas de acción: agua, papel, energía eléctrica y residuos y desechos en el Laboratorio de Fisicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química.
- Mediciones directas de los factores ambientales: temperatura, porcentaje de humedad relativa, calidad de aire, nivel de ruido y nivel de iluminación, con equipo especializado del Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia.
- Observación directa del comportamiento de los estudiantes, en cuanto al manejo de recursos, residuos y desechos durante la realización de las prácticas en el Laboratorio de Fisicoquímica.

3.8. Análisis estadístico

El análisis estadístico en el presente trabajo de graduación no es aplicable debido a que el proyecto es de tipo cualitativo y no es un proyecto de tipo cuantitativo.

3.9. Plan de análisis de los resultados

En el análisis de los resultados se tienen modelos para obtener los indicadores ambientales del consumo de agua, papel, energía eléctrica, residuos químicos y desechos.

3.9.1. Modelos para obtener los indicadores ambientales

Estos modelos están basados en las cuatro líneas guías:

- Indicador del consumo de agua

Para determinar el caudal, se mide el flujo volumétrico de los grifos del laboratorio y el tiempo promedio que los estudiantes los utilizan. Este caudal se multiplica por el número de secciones y se divide por el número de estudiantes.

$$ICA = \frac{L}{\text{Estudiante } \times \text{ semestre}}$$

En donde

ICA= Indicador de Consumo de Agua en el laboratorio

L= litros

- Indicador del consumo de papel

Para calcular la cantidad de papel en kg, se pesan los reportes, tareas e investigaciones de los estudiantes para las prácticas en un semestre académico.

$$ICP = \frac{Kg}{\text{Estudiante } \times \text{ semestre}}$$

En donde

ICP = Indicador del Consumo de Papel

Kg= kg de papel

- Indicador del consumo de energía eléctrica

Para medir el consumo de energía eléctrica, se realizará un inventario de todos los equipos que necesitan energía eléctrica para su funcionamiento dentro del laboratorio, se revisarán las especificaciones y luego se hará el monitoreo en las secciones para calcular el tiempo que los equipos estén encendidos por cada práctica y luego este valor se divide por el número de estudiantes.

$$kWh = kW \times T$$

En donde

kWh= kiloWatt hora

kW = kiloWatt

T= tiempo en que el equipo está en funcionamiento en horas (h)

$$IEE = \frac{kWh}{\text{Estudiante} \times \text{semestre}}$$

En donde

IEE= Indicador del consumo de Energía Eléctrica

kw= kilowatt

- Indicador de residuos químicos y desechos

Para estimar la cantidad de residuos químicos líquidos, se determinan las cantidades de reactivos en litros (L) que se utilizan y los productos resultantes en litros (L) con base en el instructivo.

$$IRQL = \frac{L}{\text{Estudiante } \times \text{Semestre}}$$

En donde

IRQL= Indicador de Residuos Químicos Líquidos

Para estimar la cantidad de residuos químicos sólidos, se determinan las cantidades de reactivos en kilogramos (kg) que se utilizan y los productos resultantes en kilogramos (kg) con base en el instructivo.

$$IRQS = \frac{kg}{\text{Estudiante } \times \text{Semestre}}$$

En donde

IRQS= Indicador de Residuos Químicos Sólidos

Para estimar la cantidad de desechos líquidos, se determinan las cantidades de líquidos que no son residuos químicos en litros (L) que se utilizan y las mezclas resultantes en litros (L) con base en el instructivo.

$$IDL = \frac{L}{\text{Estudiante } \times \text{Semestre}}$$

En donde

IDL= Indicador de Desechos Líquidos

Para estimar la cantidad de desechos sólidos, se determinan las cantidades de desechos generadas por los estudiantes en kilogramos (kg) con base en el instructivo y consulta con los profesores del laboratorio.

$$IDS = \frac{kg}{Estudiante \times Semestre}$$

En donde

IDS= Indicador de Desechos Sólidos

3.9.2. Programas a utilizar para el análisis de datos

- Microsoft Word 2007: software que permite el procesamiento de textos y la integración con tablas de datos y gráficas.
- Microsoft Office Excel 2007: software que facilita la tabulación de datos, así como, la representación de los resultados en gráficos individuales o comparativos.
- Microsoft Office PowerPoint 2007: software que permite la creación de presentaciones a través de diapositivas dinámicas.

4. RESULTADOS

Diagnóstico de las cuatro líneas de acción: agua, papel, energía eléctrica, residuos y desechos.

Tabla II. **Indicador del consumo de agua en el Laboratorio de Fisicoquímica**

	L/Estudiante- semestre	L/sección- semestre	Fortalezas	Debilidades
LFQ1	21,87	1 093,45	El grifo cuenta con aireador.	El LFQ no cuenta con un contador de agua para monitorear el consumo de este recurso dentro del laboratorio.
LFQ2	24,68	1 234,18	El grifo cuenta con aireador.	El LFQ no cuenta con un contador de agua para monitorear el consumo de este recurso dentro del laboratorio.
Total consumo de agua en el LFQ (L/LFQ-semestre)				2 327,63

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Indicador del consumo de papel en el Laboratorio de Físicoquímica**

	Kg/ LFQ- semestre	Hojas/ LFQ- semestre	Fortalezas	Debilidades
papel/ profesor- semestre	0,91	201	Los estudiantes utilizan las dos caras de las hojas al realizar los reportes, el manual del curso es electrónico, el papel se recicla al final del semestre.	No se utilizan papel 100% reciclado.
papel/ estudiante- semestre	0,49	110	Los estudiantes utilizan las dos caras de las hojas al realizar los reportes, el manual del curso es electrónico, el papel se recicla al final del semestre.	No se utilizan papel 100% reciclado.
Total kg de Papel/ LFQ- semestre	54,5			

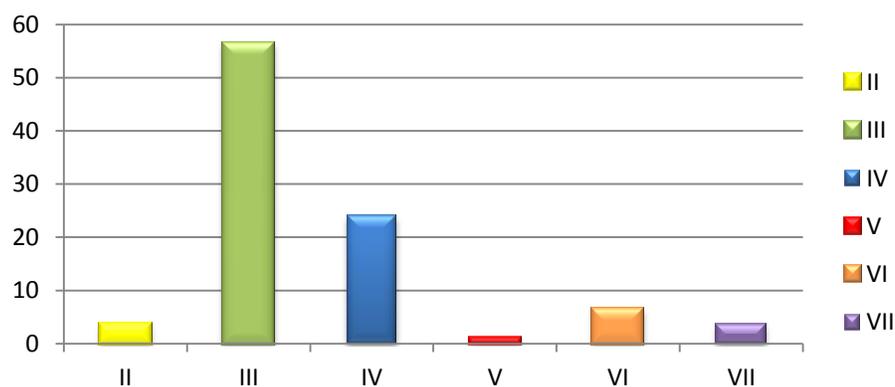
Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Indicador del consumo de energía eléctrica en el Laboratorio de Fisicoquímica**

	KWH/Estudiante-Semestre	KWH/sección- semestre	Fortalezas	Debilidades
LFQ1	7,18	459,20	Existen rótulos de concientización en el uso de los equipos que consumen energía eléctrica.	No todas las lámparas con las que cuenta el LFQ están en sus óptimas condiciones, algunos equipos utilizan más energía de la establecida por su antigüedad.
LFQ2	7,94	507,84	Existen rótulos de concientización en el uso de los equipos que consumen energía eléctrica.	No todas las lámparas con las que cuenta el LFQ están en sus óptimas condiciones, algunos equipos utilizan más energía de la establecida por su antigüedad.
Total Consumo de EE en el LFQ (kwh/LFQ- semestre)		967,04		

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Generación de residuos químicos en el Laboratorio de Físicoquímica 1**



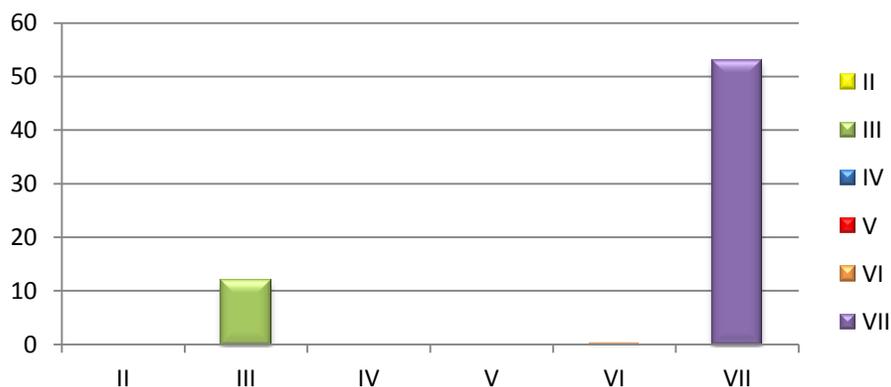
Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Indicador de la generación de residuos químicos en el Laboratorio de Físicoquímica 1**

Clasificación de residuos químicos	Clasificación de residuos químicos	Cantidad	Indicador	Fortalezas	Debilidades
Nombre	Grupo	L o kg	L o kg/ estudiante- semestre	Los residuos químicos a los que se les puede dar tratamiento en el laboratorio son neutralizados, diluidos y luego descargados en el desagüe, algunos son reutilizados para otras actividades.	Los residuos químicos que necesitan un tratamiento especial no se tratan de una manera adecuada: soluciones con metales pesados son diluidas y luego descargadas al desagüe y soluciones que contiene halógenos o sustancias peligrosas son enterradas en lugares inapropiados, o incineradas de una manera incorrecta.
Disolventes no halogenados	II	3,6	0,072		
Disoluciones acuosas	III	56,4	1,128		
Ácidos	IV	24	0,48		
Aceites	V	0,96	0,019		
Sólidos (kg)	VI	6,44	0,129		
Especiales	VII	3,7	0,074		

Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Generación de residuos químicos en el Laboratorio de Físicoquímica 2**



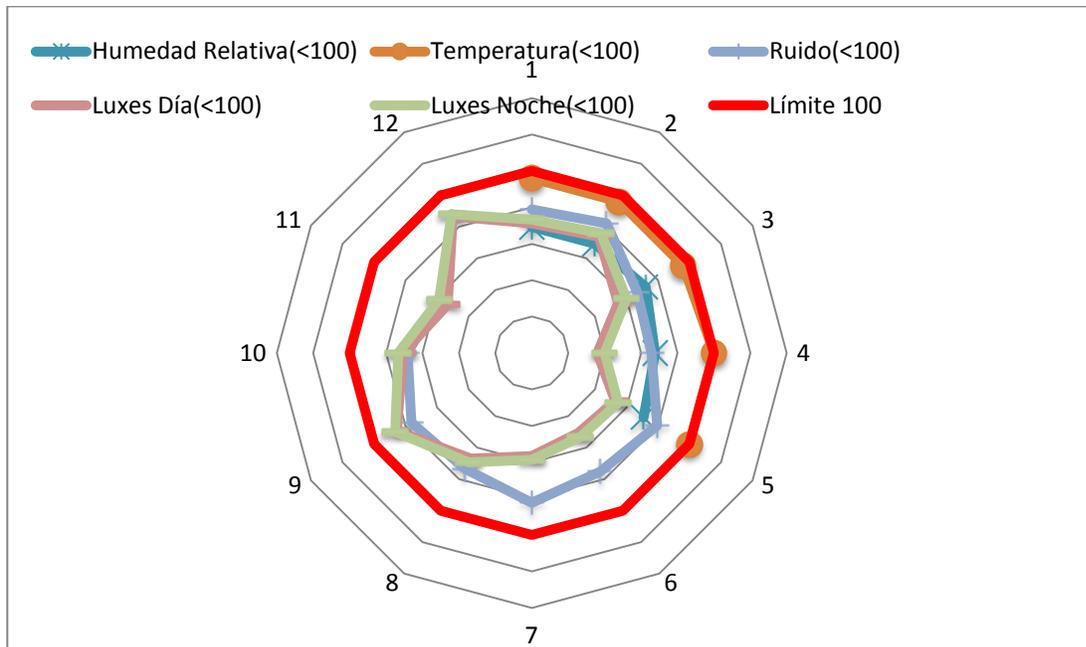
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Indicador de la generación de residuos químicos en el Laboratorio de Físicoquímica 2**

Clasificación de residuos químicos	Clasificación de residuos químicos	Cantidad	Indicador	Fortalezas	Debilidades
Nombre	Grupo	L o kg	L o kg/ estudiante- semestre	Los residuos químicos a los que se les puede dar tratamiento en el laboratorio son neutralizados, diluidos y luego descargados en el desagüe, algunos son reutilizados para otras actividades.	Los residuos químicos que necesitan un tratamiento especial no se tratan de una manera adecuada: soluciones con metales pesados son diluidas y luego descargadas al desagüe y soluciones que contiene halógenos o sustancias peligrosas son enterradas en lugares inapropiados, o incineradas de una manera incorrecta.
Disolventes no halogenados	II	0	0		
Disoluciones acuosas	III	12	0,24		
Ácidos	IV	0	0		
Aceites	V	0	0		
Sólidos (kg)	VI	0,24	0,005		
Especiales	VII	53,03	1,06		

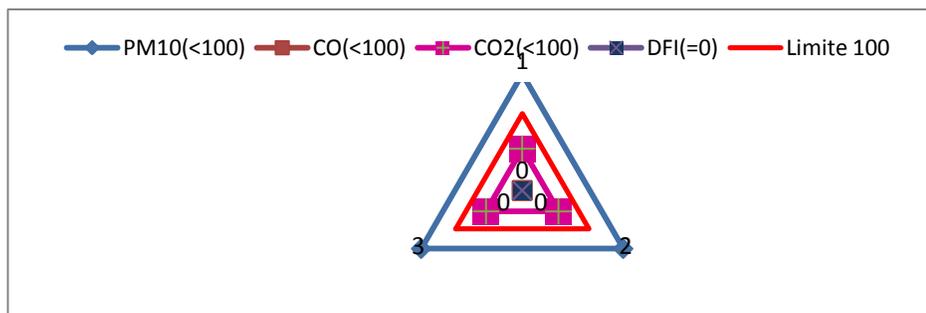
Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Factores ambientales Laboratorio de Físicoquímica 1: temperatura, porcentaje de humedad relativa, ruido e iluminación



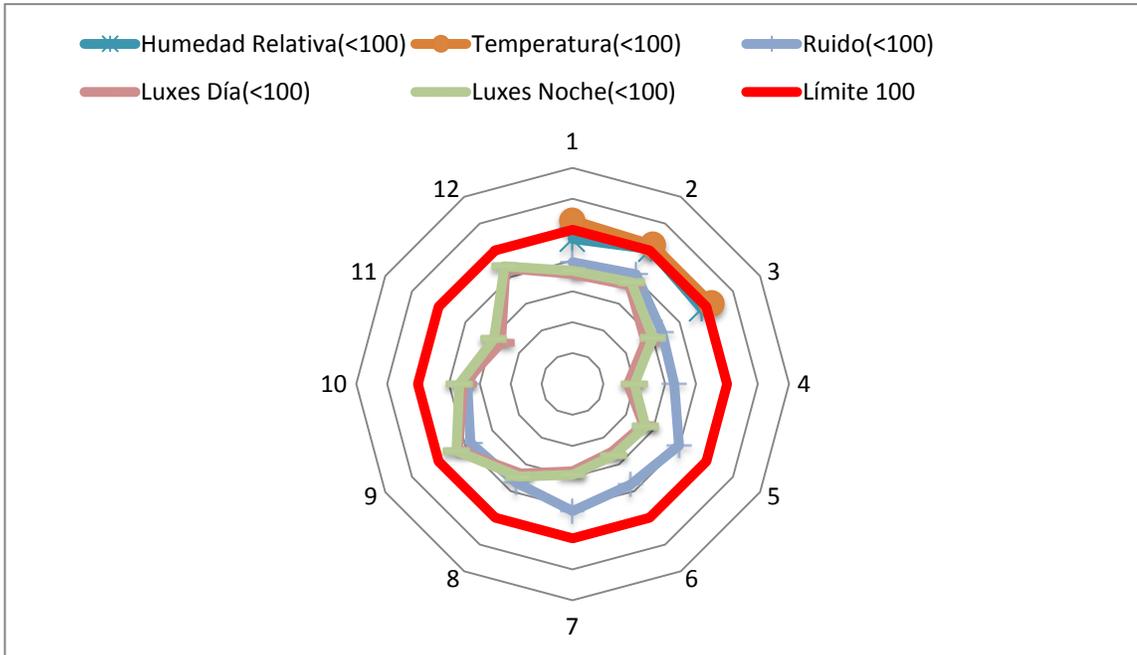
Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Factores ambientales Laboratorio de Físicoquímica 1: calidad del aire (CO₂, CO, DFI, PM₁₀)



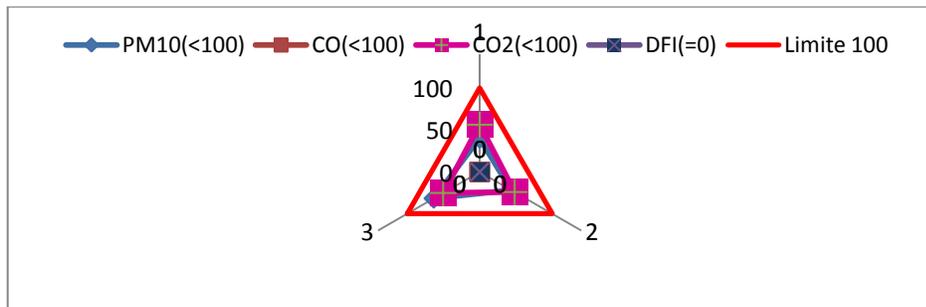
Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Factores ambientales Laboratorio de Físicoquímica 2: temperatura, porcentaje de humedad relativa, ruido e iluminación**



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Factores ambientales Laboratorio de Físicoquímica 2: calidad del aire (CO₂, CO, DFI, PM₁₀)**



Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Plan de acción y mejora para el LFQ

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 DE LOS PROFESORES, AUXILIARES Y ESTUDIANTES EN BASE A CRITERIOS ECONÓMICOS	L/Estudiante-Semestre	Instalación de contadores de agua en el LFQ	Reducir el consumo de agua un 5% LFQ1: 21,87L/estudiante- semestre reducirlo a 20,78L/estudiante- semestre, LFQ2: 24,68L/estudiante- semestre reducirlo a 23,45L/estudiante- semestre, 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		Reducir el consumo de agua en el LFQ	
				b) Instalación de contadores de agua	Personal de mantenimiento de ingeniería	Primer semestre 2,012	LFQ, contador, tubería, accesorios	Q 400,00 C/contador de 1/2", Q 300,00 accesorios	Facilitar la obtención de indicadores de consumo de agua en el LFQ	
		Instalación de rótulos de concientización en el consumo de agua		a) Cotización de rótulos de concientización en el consumo de agua	Tesistas de programas ambientales en los laboratorios de ESIQ	Enero 2,012	Teléfono, internet, comunicación visual		Reducir el consumo de agua en el LFQ	
				b) Instalación de rótulos de concientización en el consumo de agua	Personal de mantenimiento de Ingeniería	Primer semestre 2,012	LFQ, rótulos en PVC de 3,0 mm de grosor y vinil Impreso Empresa Comunicación Visual S.A., Accesorios,	Rótulos de 11" X 8 1/2" Q 40,00 c/u x 2: Q 80,00	Reducir el consumo de agua en el LFQ	
Línea de acción 2: energía eléctrica										
	kWh / Estudiante-Semestre	Cambio en la tecnología de la luminaria en el LFQ de lámparas T12 a T8	Reducir el consumo de energía eléctrica en el LFQ1: 7,18 kWh/ Estudiante- semestre a 5,74 kWh / Estudiante- semestre y en el LFQ2: 7,94 kWh / Estudiante- semestre	a) Reunión para incluir a los laboratorios en el proyecto del cambio de tecnología de luminaria en la Facultad	Tesistas de programas ambientales en los laboratorios de ESIQ con el Ing. Murphy Paiz	Noviembre 2,011	Salón de decanatura		Inclusión de los laboratorios al proyecto de cambio de luminaria en la facultad	

Continuación de la tabla VII.

COS, AMBIENTALES, TÉCNICOS Y ORGANIZACIONALES			a 6,35 kWh/estudiante- semestre al finalizar el segundo semestre del 2012	b) Instalación de lámparas T8 en el LFQ	Empresa encargada de la instalación de la luminaria	Diciembre 2,011	6 Lámparas T8 de 4 candelas c/u para el LFQ,		Reducción del consumo de energía eléctrica, reducir las emisiones de CO2 al ambiente, mejorar la calidad de iluminación en el LFQ		
	Línea de acción 3: Papel										
	kg*/Estudiante - Semestre	Utilizar papel 100% reciclado	Incrementar un 50% el consumo de papel (100% reciclado) al finalizar el 2012	a) Incluir en el instructivo la recomendación que los alumnos de preferencia utilicen papel reciclado	Coordinador, Catedráticos o Auxiliares del LFQ		2,012	Manuales, computadora		Reducción del consumo de papel virgen en el LFQ	Personal del LFQ
	*1kg: 221 hojas tamaño carta 80 gr										
	Factores ambientales										
	PM10	Mejorar la calidad de aire en el LFQ	Reducir el parámetro de PM10 a un rango aceptable (de 0.182 a ≤ 0.12) al finalizar el segundo semestre del 2012	a) Encender los extractores del laboratorio al tarar los reactivos y preparar las soluciones	Auxiliar de la sección		Todos los semestres	Extractores de Gases		Disminuir las PM ₁₀ en el LFQ o llevarlas al valor permitido según la norma	Auxiliar de la sección
	Línea de acción 4: Residuos químicos y desechos sólidos y líquidos										
	Residuos Líquidos: L/Estudiante - Semestre y Sólidos: kg/Estudiante - semestre	Clasificación de Los RQ y desechos sólidos y líquidos en el LFQ	Reducir los residuos químicos a 0 L y 0 kg al finalizar el segundo semestre del 2012	a) Clasificar los residuos químicos y desechos sólidos y líquidos luego de terminadas las practicas	Auxiliar del LFQ, estudiantes del LFQ		Todos los semestres	RQ, DS, DL, recipientes adecuados,		RQ, DS, DL clasificados	Auxiliar del LFQ, estudiantes del LFQ.
		Manejo y tratamiento adecuado de los residuos químicos		a) Elaborar un programa ambiental para la línea de acción de	Investigadora : Rosángela Juárez	Enero y febrero 2,012	Computadora, manuales, tesis, bibliografía , RQ, DS,	Manual del manejo y tratamiento de los residuos químicos			

Continuación de la tabla VII.

				residuos y desechos para el manejo y tratamiento de los residuos químicos que se generan en el LFQ					generan en el LFQ		
		Manejo y Tratamiento adecuado de residuos químicos especiales.		a) Contactar a empresas encargadas del tratamiento de residuos químicos especiales.	Investigadora : Rosángela Juárez	Enero y febrero 2,012	Teléfono, computadora, internet		Contacto con las empresas encargadas del tratamiento de RQ especiales		
				b) Cotizar los servicios del tratamiento de RQ especiales	Investigadora : Rosángela Juárez	Enero y febrero 2,012	Teléfono, computadora, internet, RQ Especiales		Cotización sobre el tratamiento de RQ especiales		
				c) Manejo adecuado de los RQ especiales	Auxiliares del LFQ	Todos los semestres	Recipientes adecuados para los RQ especiales		Clasificación de los RQ especiales	Auxiliares del LFQ	
				d) Recolección de los RQ especiales	Empresas Encargadas (biotrash)	Todos los semestres	Accesorios de las empresas encargadas (biotrash)	Q 1 500/ LFQ - semestre	Tratamiento de los RQ especiales	Empresas Encargada (biotrash)	
Presupuesto total Para el Laboratorio de Físicoquímica								Q 2 280 primera inversión			
Presupuesto total Para el Laboratorio de Físicoquímica								Q 1 500 inversión semestral para el tratamiento de Residuos Químicos especiales			

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Programa ambiental del agua

LÍNEA DE ACCIÓN: AGUA		
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISCOQUÍMICA		Hoja No. <u>1</u> de <u>2</u>
OBJETIVOS:		
· Reducir el consumo de agua en el laboratorio de fisicoquímica.		
· Formar hábitos en los profesores y estudiantes para el uso eficiente del agua.		
· Desarrollar un procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de agua.		
· Monitorear el consumo de agua.		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
INDUCCIÓN SOBRE EL USO ADECUADO DEL AGUA	PROFESORES	Incluir en la sesión informativa, una sección sobre el uso adecuado del agua dentro del laboratorio.
LAVADO DE MANOS	ESTUDIANTE	Lavarse las manos únicamente cuando sea necesario y hacerlo de una forma eficiente.
LAVADO DE CRISTALERÍA	ESTUDIANTE	Lavar la cristalería únicamente cuando sea necesario y de una manera eficiente, utilizando la mínima cantidad de agua posible.
BUENAS PRÁCTICAS EN LA UTILIZACIÓN DEL AGUA	ESTUDIANTE	Buenos hábitos al utilizar agua: El agua utilizada en las prácticas para calentar en baño maría. Reutilizar el agua que se utiliza en los equipos de condensación en las practica de Equilibrio de Propiedades Coligativas del LFQ1 y la práctica de Equilibrio de fases binario: liquido-vapor del LFQ2 para lavar la cristalería.
DETERMINACIÓN DEL INDICADOR AMBIENTAL DEL CONSUMO DE AGUA	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Determinar el indicador ambiental del consumo de agua con el procedimiento EIQ-PALFQ-001.
MONITOREO DE LA REDUCCIÓN DEL INDICADOR DEL CONSUMO DE AGUA	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	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 EIQ-PALFQ-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
ACCIONES PARA LA NO CONFORMIDAD	PROFESOR Y AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Si el indicador calculado conlleva a una NO conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla VIII.

LÍNEA DE ACCIÓN: AGUA	
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA	Hoja No. 2 de 2
EIQ-PALFQ-001: Procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de agua:	
<ul style="list-style-type: none"> a) Registrar el valor del consumo de agua directamente del hidrómetro (m³) al iniciar la práctica b) Registrar el valor del consumo de agua directamente del hidrómetro (m³) al finalizar la práctica c) Restar el valor del inciso a) al valor del inciso b) d) Convertir el valor del inciso c) a litros (L) e) Determinar el tiempo de duración de la practica f) Dividir el valor del inciso d) por el valor del inciso e) g) Multiplicar el valor del inciso f) por el numero de prácticas de cada fase h) Dividir el valor del inciso g) entre el número de alumnos de la sección 	
Fórmula para calcular el indicador del consumo de agua:	
$ICA = \frac{L}{Estudiante * semestre}$	
<p>En donde</p> <p>ICA= Indicador del Consumo de Agua en el Laboratorio</p> <p>L= litros</p>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Programa ambiental del papel

LÍNEA DE ACCIÓN: PAPEL		
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA		Hoja No. 1 de 2
OBJETIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> · Reducir el consumo de papel en el laboratorio de Físicoquímica · Formar hábitos en los profesores y estudiantes para el uso eficiente del papel. · Desarrollar un procedimiento para el indicador ambiental del consumo de papel. · Monitorear el consumo de papel 		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
INDUCCIÓN SOBRE EL USO ADECUADO DEL PAPEL	PROFESOR	Indicar en la sesión informativa que los estudiantes deben utilizar el papel de la forma más eficiente.
CUMPLIR CON LAS "INDICACIONES" QUE SE DETALLAN EN LAS SECCIONES (3.1Pre-Reportes, 3.4Reporte, 4.1Informe Técnico, 5.Investigaciones, 7.Examen Final) DEL MANUAL DEL ESTUDIANTE DEL LFQ1 Y LFQ2	ESTUDIANTE	Utilizar de la forma más eficiente el papel, al realizar pre-reportes, reportes, Informe Técnico, Investigaciones, Examen final, utilizar ambas caras de las hojas, con gancho y sin folder.
VERIFICAR EL CUMPLIMIENTO DE LAS "INDICACIONES" QUE SE DETALLAN EN LAS SECCIONES (3.1Pre-Reportes, 3.4Reporte, 4.1Informe Técnico, 5.Investigaciones, 7.Examen Final) DEL MANUAL DEL ESTUDIANTE DEL LFQ1 Y LFQ2	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Verificar que los estudiantes utilicen de la forma más eficiente el papel, al realizar pre-reportes, reportes, Informe Técnico, Investigaciones, Examen final, utilizar ambas caras de las hojas, con gancho y sin folder.
REALIZACIÓN DE EXÁMENES	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Al realizar exámenes comprimir los enunciados de manera que de una hoja salgan varios enunciados.
RECOLECCIÓN Y ALMACENADO DEL PAPEL	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Guardar en la bodega el papel generado por los pre-reportes, reportes, exámenes cortos, Informe técnico, Examen final e investigaciones; así como las hojas utilizadas para control de asistencia, y hojas de calificaciones de los estudiantes.
DETERMINACIÓN DEL INDICADOR AMBIENTAL DE PAPEL	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Determinar el indicador ambiental del consumo de papel con el procedimiento EIQ-PALFQ-002.
RECICLAJE DE PAPEL	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Al finalizar el semestre llevar el papel reciclado al centro de acopio de la oficina verde de la facultad.
MONITOREO DE LA REDUCCIÓN DEL INDICADOR DEL CONSUMO DE PAPEL	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Determinar el indicador ambiental del consumo de papel al finalizar el semestre, registrar los datos en el plan de control y monitoreo EIQ-PALFQ-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
ACCIONES PARA LA NO CONFORMIDAD	PROFESOR Y AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Si el indicador calculado conlleva a una NO conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla IX.

LÍNEA DE ACCIÓN: PAPEL	
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA	Hoja No. 2 de 2
EIQ- PALFQ-002: Procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de papel	
<p>a) Pesar las tareas, reportes, investigaciones y hojas utilizadas por el profesor y estudiantes de todo el semestre.</p> <p>b) Anotar el peso correspondiente de papel en kg</p> <p>e) Dividir el resultado del inciso b) entre el número de estudiantes</p>	
Fórmula para calcular el indicador del consumo de papel:	
$ICP = \frac{Kg}{estudiante * semestre}$	
<p>ICP = Indicador de consumo de papel *Kg = kilogramos</p> <p>*1Kg= 221Hojas Tamaño Carta de 80 gr</p>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Programa ambiental de energía eléctrica

LÍNEA DE ACCIÓN: ENERGÍA ELÉCTRICA		
Nombre de la unidad: LABORATORIO DE FISCOQUÍMICA		Hoja No. _1_ de _2_
OBJETIVOS:		
<ul style="list-style-type: none"> • 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	Incluir en la sesión informativa una sección sobre el uso adecuado de la energía eléctrica dentro del laboratorio.
BUENAS PRÁCTICAS EN LA ILUMINACIÓN	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	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 Y AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Apagar y desconectar la computadora e impresora cuando no se esté utilizando.
	ESTUDIANTE	Encender los ventiladores y extractores únicamente en la realización de la práctica.
		Apagar y desconectar el siguiente equipo: balanzas, planchas, el espectrofotómetro, el agitador, la campana de extracción, la bomba al terminar su funcionamiento.
ESTUDIANTE	No abrir constantemente e innecesariamente la puerta del refrigerador.	
	ESTUDIANTE	
DETERMINACIÓN DEL INDICADOR AMBIENTAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Determinar el indicador ambiental del consumo de energía eléctrica con el procedimiento EIQ-PALFQ-003.
MONITOREO DE LA REDUCCIÓN DEL INDICADOR DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	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 EIQ-PALFQ-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
ACCIONES PARA LA NO CONFORMIDAD	PROFESORES Y AUXILIARES DEL LFQ	Si el indicador calculado conlleva a una NO conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla X.

Nombre de la unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA	Hoja No. _2_de_2_
EIQ-PALFQ-003: Procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de energía eléctrica	
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.	
$Potencia = \frac{V \times I}{1\ 000}$	
En donde	
Potencia= Potencia del equipo (kw)	
V= Voltaje del Equipo (Volts)	
I= Corriente (Amperio)	
$kWh = V \times I \times T$	
En donde	
kWh= kilowatt por hora	
V= Voltaje del Equipo (Volts)	
I= Corriente (Amperio)	
T= Tiempo en que el equipo está en funcionamiento (h)	
$IEE = \frac{kWh}{Estudiante * semestre}$	
En donde	
IEE= Indicador del consumo de energía eléctrica en el laboratorio	
kWh= kilowatt hora	
No. Estudiante x semestre= número de estudiantes atendidos por semestre.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Programa ambiental de residuos y desechos

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA		Hoja No. <u>1</u> de <u>4</u>
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 LFQ	PROFESOR	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 MANUAL DEL ESTUDIANTE DEL LFQ1 Y LFQ2, Y CON LA SECCIÓN 3.3 Desarrollo de la practica "Manejo de Recursos"	ESTUDIANTE	Utilizar como máximo el valor establecido en los procedimientos para el uso de reactivos dentro del LFQ.
VERIFICAR EL CUMPLIMIENTO DEL "PROCEDIMIENTO" ESTABLECIDO EN CADA PRÁCTICA DEL MANUAL DEL ESTUDIANTE DEL LFQ1 Y LFQ2 Y CON LA SECCIÓN 3.3 Desarrollo de la practica "Manejo de Recursos"	AUXILIAR DEL LA SECCIÓN	Verificar que los estudiantes utilicen como máximo el valor establecido en los procedimientos para el uso de reactivos dentro del LFQ.
CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS	PROFESOR DE LA SECCIÓN	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 EIQ-PALFQ-004-TA.
RESIDUOS QUÍMICOS DE LA TABLA: EIQ-PALFQ-004-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 XI.

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA		Hoja No. 2 de 4
NEUTRALIZACIÓN	ESTUDIANTE	a) Preparar la solución de HCl o NaOH, de acuerdo a 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	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	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 EIQ-PALFQ-004-TA.
RESIDUOS QUÍMICOS DE LA TABLA: EIQ-PALFQ.004-TB		
DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS QUE NECESITAN UN TRATAMIENTO ESPECIAL	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Almacenar los recipientes con los residuos químicos que necesitan un tratamiento especial revisar tabla EIQ-PALFQ-004-TB en un lugar designado por el coordinador del LFQ para su posterior recolección por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales.
RECOLECCIÓN DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS ESPECIALES	COORDINADOR DEL LFQ/ 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	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Verificar que los estudiantes depositen los desechos en el recipiente respectivo.

Continuación de la tabla XI.

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA		Hoja No. _3_de_4
DISPOSICIÓN DE LOS DESECHOS	PRACTICANTE DE LA OFICINA VERDE	Verificar que la disposición final de los desechos del laboratorio sea en los recipientes respectivos.
Otros procedimientos para los residuos y desechos		
REGULACIÓN DE DONACIONES	COORDINADOR DEL LFQ	Regular la aceptación de reactivos químicos por donación Normativa de Aceptación de Donaciones EIQ-PALFQ-004-FDD.
ETIQUETADO Y CLASIFICACIÓN	ESTUDIANTE INVESTIGADOR	Identificar desechos Líquidos y Sólidos según un procedimiento de etiquetado y clasificación EIQ-PALFQ-004-FID.
TRATAMIENTO DE RESIDUOS GENERADOS POR TDG	ESTUDIANTE INVESTIGADOR	Procedimiento para el tratamiento de desechos sólidos y líquidos generados por trabajos de graduación dentro del Laboratorio EIQ-PALFQ-004-FSD.
Indicador de residuos químicos, desechos sólidos y desechos 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 EIQ-PALFQ-004.
MONITOREO DE LA REDUCCIÓN DEL INDICADOR AMBIENTAL DE LA GENERACIÓN RESIDUOS Y DESECHOS	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Determinar el indicador ambiental de la generación de residuos y desechos al finalizar las fases de las practicas, registrar los datos en el plan de control y monitoreo y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
ACCIONES PARA LA NO CONFORMIDAD	PROFESOR Y AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Si el indicador calculado conlleva a una NO conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla XI.

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS	
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA	Hoja No. 4 de 4
EIQ-PALFQ-004: Procedimiento para la obtención del indicador ambiental de la generación de residuos y desechos:	
LÍQUIDOS:	
a) Anotar el volumen de residuos químicos líquidos que son tratados y desechados en el laboratorio por práctica. b) Anotar el volumen de los residuos químicos líquidos que son almacenados en la bodega por práctica. c) Sumar el volumen obtenido en los incisos a) y b) y transformar esta cantidad en litros (L). d) Dividir el resultado del inciso c) dentro del número de estudiantes.	
Fórmula para calcular el indicador de la generación de residuos químicos líquidos y desechos líquidos:	
$IRQL = \frac{L}{\text{Estudiante} \times \text{Semestre}}$	
En donde IRQL= Indicador de Residuos Químicos/Desechos Líquidos L=Litros	
SÓLIDOS:	
a) Anotar el peso de residuos químicos sólidos que son tratados y desechados en el laboratorio por práctica. b) Anotar el peso de los residuos químicos sólidos que son almacenados en la bodega por práctica. c) Sumar el peso obtenido en los incisos a) y b) y transformar esta cantidad en kilogramos (kg). d) Dividir el resultado del inciso c) dentro del número de estudiantes.	
Fórmula para calcular el indicador de la generación de residuos químicos y desechos sólidos:	
$IRQS = \frac{kg}{\text{estudiante} \times \text{semestre}}$	
IRQS = Indicador de residuos químicos/Desechos sólidos kg= kilogramos	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. Clasificación de residuos químicos

TABLAS PARA LA LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISCOQUÍMICA		Hoja No. 1_de_3
EIQ-PALFQ-004-TA: Tabla residuos químicos que se pueden tratar en el laboratorio		
RESIDUOS QUÍMICOS DEL LABORATORIO DE FISCOQUÍMICA 1		
Residuos químicos	Clasificación	Tratamiento
Acetona	II	Reutilizar.
Aceite de cocina	V	Reutilizar.
Disolución de cloruro de potasio	III	Diluir al infinito y desechar.
Mezcla de agua y ácido acético	IV	Neutralizar, medir Ph, diluir y desechar.
Mezcla de agua y etanol	II	Diluir, desechar.
Mezcla de agua y ácido sulfúrico	IV	Neutralizar, medir Ph, diluir y desechar.
Mezcla de agua y ácido cítrico	IV	Neutralizar, medir Ph, diluir y desechar.
Acetona	II	Reutilizar.
Mezcla de agua, sacarosa y cloruro de sodio	III	Diluir y desechar.
Papel celofán	VI	Reciclar o desechar.
Mezcla de agua y ácido acético.	IV	Neutralizar, medir Ph, diluir y desechar.
Papel filtro con carbón activado mojado con solución de ácido acético	VIA	Desechar.
Disolución de hidróxido de sodio	III	Reutilizar para neutralizar o en otras practicas
Disolución de cloruro de potasio	III	Diluir y desechar.
Mezcla de disoluciones de HCl y NaOH.	III/IV	Neutralizar, medir Ph, diluir y desechar.
Disolución de hidróxido de sodio	III	Reutilizar para neutralizar o en otras prácticas
Disolución de ácido clorhídrico	IV	Neutralizar, medir Ph, diluir y desechar.
Mezcla de agua, acetato de etilo, etanol, ácido acético, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio y cloruro de sodio.	VIIA	Neutralizar, medir Ph, diluir y desechar.
Mezcla de agua, ácido benzoico y cloruro de sodio.	IV	Neutralizar, medir Ph, diluir y desechar.
Disolución de hidróxido de sodio	III	Reutilizar para neutralizar o en otras prácticas.

Continuación de la tabla XII.

Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA		Hoja No. 2_de_3
RESIDUOS QUÍMICOS DEL LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA 2		
Residuos químicos	Clasificación	Tratamiento
Disolución acuosa de cloruro de estaño	III	Tratamiento especial (Empresas especializadas (Biotrash)) ver tabla EIQ-PALFQ-004-TB.
Disolución acuosa de cloruro de cobre	III	Tratamiento especial (Empresas especializadas (Biotrash)) ver tabla EIQ-PALFQ-004-TB.
Disolución acuosa de sulfato de zinc	III	Tratamiento especial (Empresas especializadas (Biotrash)) ver tabla EIQ-PALFQ-004-TB.
Nitrato de potasio y agar-agar	VIC	Desechar
Mezcla de bromo, bromoacetona, acetona, ácido clorhídrico y agua.	VIIC	Tratamiento especial (Empresas especializadas (Biotrash)) ver tabla EIQ-PALFQ-004-TB.
Mezcla de agua, tolueno, hidróxido de sodio, acetato de sodio y ácido acético.	VIID	Tratamiento especial (Empresas especializadas (Biotrash)) ver tabla EIQ-PALFQ-004-TB.
Disolución de hidróxido de sodio	III	Reutilizar para neutralizar o en otras prácticas.
Mezcla de 1-Naftol y naftaleno	VIB	Tratamiento especial (Empresas especializadas (Biotrash)) ver tabla EIQ-PALFQ-004-TB.
Mezcla de azul de metileno, ácido ascórbico, ácido deshidro L-ascorbico, leucoderivado del azul de metileno, metanol, ácido sulfúrico y agua.	VIII E	Neutralizar, medir Ph, diluir y desechar.
Mezcla de rojo de metilo, etanol, ácido clorhídrico, acetato de sodio y agua.	VIII F	Neutralizar, medir Ph, diluir y desechar.

Continuación de la tabla XII.

TABLAS PARA LA LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA		Hoja No. 3 de 3
EIQ-PALFQ-004-TB: Tabla residuos químicos que necesitan un tratamiento especial		
Residuos químicos	Clasificación	Tratamiento
Disolución acuosa de cloruro de estaño	III	Disoluciones acuosas (Soluciones acuosas de metales pesados).
Disolución acuosa de cloruro de cobre	III	Disoluciones acuosas (Soluciones acuosas de metales pesados).
Disolución acuosa de sulfato de zinc	III	Disoluciones acuosas (Soluciones acuosas de metales pesados).
Mezcla de agua, yoduro de potasio, persulfato de potasio, yodo, sulfato de potasio, sulfato ferroso, cloruro de potasio y almidón.	VII B	Soluciones especiales, contiene: soluciones acuosas inorgánicas (Sales inorgánicas), halógeno, sólido orgánico.
Mezcla de cloroformo y acetona	VII G	Soluciones especiales, contiene: disolvente halogenado (hidrocarburo alifático) y disolvente no halogenado (cetonas), respectivamente.
Mezcla de bromo, bromoacetona, acetona, ácido clorhídrico y agua.	VII C	Soluciones especiales, contiene: halógeno, disolvente halogenado (cetonas halogenadas), ácido inorgánico, respectivamente.
Mezcla de agua, tolueno, acetato de sodio, hidróxido de sodio y ácido acético.	VII D	Soluciones especiales, contiene: disolventes no halogenados (Hidrocarburo aromático, ester), disoluciones acuosas (solución acuosa básica), ácido orgánico, respectivamente.
Mezcla de 1-Naftol y Naftaleno	VII B	Sólidos orgánicos peligrosos.
Mezcla de 1-Naftol y Naftaleno, agua y acetona.	VII	Soluciones especiales, contiene: sólidos orgánicos peligrosos

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Programa ambiental de factores ambientales

FACTORES AMBIENTALES		
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA		Hoja No. 1 de 3
OBJETIVOS		
· Mantener aceptable la temperatura y el porcentaje de humedad relativa en el laboratorio.		
· Mantener aceptable el rango de calidad del aire, nivel de ruido y nivel 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	AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Verificar que estén en funcionamiento los ventiladores y extractores del laboratorio durante la realización de la práctica.
DETERMINACIÓN DEL FACTOR AMBIENTAL	PRACTICANTE DESIGNADO POR LA OFICINA VERDE	Determinar el factor ambiental con el procedimiento PALFQ05.
MONITOREO DEL FACTOR AMBIENTAL	PRACTICANTE DESIGNADO POR LA OFICINA VERDE	Verificar que el factor ambiental este dentro del rango adecuado según las normas indicadas en el procedimiento PALFQ05. Entregar el plan de control y monitoreo al profesor del laboratorio.
ACCIONES PARA LA NO CONFORMIDAD	PROFESOR Y AUXILIAR DE LA SECCIÓN	Si el factor ambiental conlleva a una NO conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla XIII.

FACTORES AMBIENTALES	
Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA	Hoja No.: _2_ de _3_
Procedimiento EIQ-PALFQ-005	
Temperatura y % humedad relativa	
<ul style="list-style-type: none"> a) Solicitar el higrómetro Datalogger USB - WK057 al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia. b) Colocar el equipo en seis puntos diferentes dentro del laboratorio. c) Anotar la hora de inicio de la medición. d) Por cada punto donde se colocó el equipo darle un tiempo de 5min. aproximadamente. e) Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia indicándole al técnico el horario en que se utilizó el equipo. f) Leer las gráficas asociadas a las horas o al tiempo de medición en función de la temperatura y la humedad relativa. g) 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 24 °C</p>	
Nivel de ruido	
<ul style="list-style-type: none"> a) Solicitar el decibelímetro, SPER Scientific 840013 al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia. b) Hacer la medición en seis puntos diferentes dentro del laboratorio y anotar los valores. c) Anotar la hora de inicio de la medición. d) Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia. e) Comparar los datos obtenidos con las normas internacionales. 	
<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	
<ul style="list-style-type: none"> a) Solicitar el luxómetro SPER Scientific 84006 al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia. b) Hacer la medición en seis puntos diferentes dentro del laboratorio y anotar los valores. c) Anotar la hora de inicio de la medición. d) Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia. e) Comparar los datos obtenidos con las normas internacionales. 	
<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>	

Continuación de la tabla XIII.

Nombre de la Unidad: LABORATORIO DE FISICOQUÍMICA	Hoja No.: _3_de_3_
Calidad del aire	
<ul style="list-style-type: none">a) Solicitar el medidor de calidad de aire, EVM SERIES al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia.b) Colocar el equipo en dos puntos diferentes dentro del laboratorio.c) Anotar la hora de inicio de la medición.d) Por cada punto donde se colocó el equipo darle un tiempo de 45 min.e) Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia indicándole al técnico el horario en que se utilizó el equipo.f) Leer los valores asociadas a las horas o al tiempo de medición en función de PM10, CO (ppm), CO2 (ppm) y DFI.g) Comparar los datos obtenidos con las normas internacionales.	
Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1193, PM ₁₀ , aceptable \leq 120 microgramos/ m ³ ; CO PEL-TWA (OSHA), aceptable \leq 120 ppm; CO2 ASHRAE ESTANDAR 62-1989, aceptable \leq 1000 ppm; DFI NORMA 1910.1000 (OSHA) Y ACGIH (1989-1990).	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **EIQ-PALFQ-PM: Plan de control y monitoreo**

Línea de acción: agua							
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Observaciones	Acciones para superar la no conformidad
Reducir el consumo de agua un 5% LFQ1: 21,87 L/ estudiante- semestre reducirlo a 20,78 L/ estudiante- semestre, LFQ2: 24,68 L/ estudiante- semestre reducirlo a 23,45 L/ estudiante- semestre				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		
Línea de acción: papel							
Reducir el consumo de papel un 5% de 49,05 kg /Estudiante - semestre a 46,5 kg /Estudiante - semestre y de 5,45 kg/ profesor- semestre a 5,18 kg/ profesor- semestre				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		
Línea de acción: energía eléctrica							
Reducir el consumo de energía eléctrica en el LFQ1: 7,18 kWh/ Estudiante- semestre a 5,74 kWh / Estudiante- semestre y en el LFQ2: 7,94 kWh / Estudiante- semestre a 6,35 kWh / estudiante- semestre				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		
Línea de acción: residuos y desechos							
Reducir la generación de residuos químicos a 0 L y 0 kg				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		

Continuación de la tabla XIV.

Factores ambientales						
Ruido						
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		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.				si	no	
				si	no	
				si	no	
				si	no	
Iluminación						
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		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				si	no	
				si	no	
				si	no	
				si	no	
% Hr						
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Acciones para superar la no conformidad
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%.				si	no	
				si	no	
				si	no	
				si	no	

Continuación de la tabla XIV.

T						
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		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				si	no	
				si	no	
				si	no	
				si	no	
Calidad de 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; CO2 ASHRAE ESTANDAR 62-1989, aceptable ≤ 1000 ppm; DFI NORMA 1910.1000 (OSHA) Y ACGIH (1989-1990)				si	no	
				si	no	
				si	no	
				si	no	

Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El diagnóstico de las cuatro líneas de acción: agua, papel, energía eléctrica, residuos y desechos, se realizó para tomar acciones de mejora en el Laboratorio de Físicoquímica para reducir el impacto ambiental.

En la tabla II donde se muestra el indicador del consumo de agua en el Laboratorio de Físicoquímica, se observa que el indicador de agua para el Laboratorio de Físicoquímica 1 y 2 no varía significativamente ya que se utilizan casi los mismos equipos en la realización de las prácticas, los indicadores se encuentran entre 21,87 a 24,68 L/estudiante x semestre, se diagnóstico que el grifo del laboratorio cuenta con aireadores que aumentan la presión con la que el agua sale sin aumentar su flujo volumétrico, una de las debilidades más relevantes es que el laboratorio no cuenta con un contador de agua que facilite el monitoreo del consumo de agua.

En la tabla III donde se muestra el indicador del consumo de papel en el Laboratorio de Físicoquímica, se diagnóstico que ya está normado el uso de las dos caras de las hojas.

En la tabla IV donde se muestra el indicador del consumo de energía eléctrica en el Laboratorio de Físicoquímica, se observa que el indicador del Laboratorio de Físicoquímica 1 y 2 no varía significativamente, ya que se utilizan casi los mismos equipos en la realización de las prácticas, los indicadores se encuentran entre 7,18 a 7,94 kWh/ estudiante x semestre, se diagnóstico que ya existen rótulos sobre el uso responsable de los equipos.

En la figura 6 de generación de residuos químicos en el Laboratorio de Fisicoquímica 2, se observa que los residuos que más se generan son los del grupo de clasificación III, que son disoluciones acuosas y en la figura 7 de generación de residuos químicos en el Laboratorio de Fisicoquímica 2 se observa que los residuos que más se generan son los del grupo de clasificación VII, que son especiales por lo tanto necesitan un tratamiento especial.

En las figuras 8, 9, 10 y 11 se determinaron algunos factores ambientales: temperatura, % humedad relativa, ruido, iluminación, calidad de aire (CO, CO₂, DFI) para el Laboratorio de Fisicoquímica 1 y 2, los cuales salieron aceptables según normas internacionales: La Norma ASHRAE 1991 establece que la temperatura de *confort* para recintos cerrados debe estar entre 20 °C a 24 °C; 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%.; 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; 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; CO PEL-TWA (OSHA), aceptable ≤ 120 ppm; CO₂ ASHRAE estándar 62-1989, aceptable $\leq 1\ 000$ ppm; DFI Norma 1910.1000 (OSHA) Y ACGIH (1989-1990), aceptable igual a 0.

La única excepción que se diagnóstico fuera del rango aceptable, fue el factor ambiental de PM₁₀, según la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1193, PM₁₀, aceptable ≤ 120 microgramos/ m³.

CONCLUSIONES

1. El Laboratorio de Fisicoquímica no cuenta con un contador de agua que facilite el monitoreo del consumo de agua.
2. Al cambiar la tecnología de la luminaria de T12 a T8 se va a reducir el 20% del consumo de energía eléctrica en el Laboratorio de Fisicoquímica.
3. Se identificó que un 82,86% de los residuos químicos del Laboratorio de Fisicoquímica se pueden tratar en el laboratorio por los estudiantes y profesores.
4. Se identificó que un 17,14% de residuos químicos del Laboratorio de Fisicoquímica se clasifican como residuos químicos especiales que deben ser tratados por una empresa especialista y autorizadas por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
5. Se presupuestó que para tratar los residuos químicos especiales del Laboratorio de Fisicoquímica serán necesarios Q1 500,00 semestrales.
6. Con los programas ambientales como un eje transversal se está educando a los estudiantes.
7. Se desarrolló un plan de control y monitoreo que asegure la mejora continua en el Laboratorio de Fisicoquímica y el compromiso de todos los involucrados.

RECOMENDACIONES

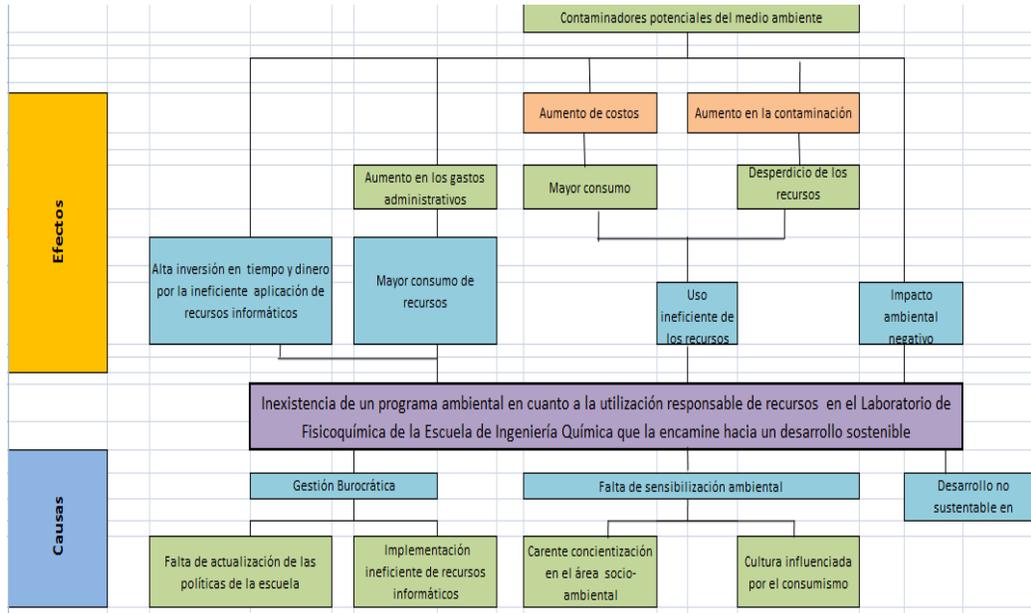
1. Designar un espacio físico adecuado para utilizar como bodega y almacenar los residuos químicos especiales.
2. Se recomienda sustituir algunos reactivos tóxicos por otros con menor toxicidad para hacer las prácticas más amigables con el ambiente, sin perder su funcionalidad.
3. Normar el uso de papel 100% reciclado.

BIBLIOGRAFÍA

1. CPTS, *Desarrollo de un programa de producción más limpia*. [en línea] <<http://www.cpts.org/pdf/DESARRPROGPML.pdf>>. [Consulta: en noviembre de 2011].
2. FERNÁNDEZ ARMENTIA, María. *Manual de gestión de residuos y seguridad en laboratorios ambientales* [en línea]. <<http://www.conacyt.gob.sv/manual.pdf>>. [Consulta: en noviembre de 2011].
3. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Política Nacional de Producción Limpia* [en línea]. <<http://www.marn.gob.gt/documentos/novedades/pp+l.pdf>>. [Consulta: en noviembre de 2011].
4. Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. *Manual de Producción más Limpia* [en línea]. <http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/CP_ToolKit_spanish/PR-Volume_01/1-Textbook.pdf>. [Consulta: en noviembre de 2011].

APÉNDICES

Apéndice 1. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Formato declaración de donaciones**

FORMATO DECLARACIÓN DE DONACIONES EIQ-PALFQ-004-FDD	
	Hoja No. <u> 1 </u> de <u> 1 </u>
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 ÁREA 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)	
En base a lo establecido en el Normativo 48994. Estoy declarando la (s) donación (es) que voy a realizar. Además lo(s) 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 :	
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:	
Firma y Sello _____ Vo.Bo. Director(a) ESIQ	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Formato de solvencia de desechos**

FORMATO DE SOLVENCIA DE DESECHOS EIQ-PALFQ-004-SD	
Hoja No. <u>1</u> de <u>1</u>	
NOMBRE DEL LABORATORIO EN EL QUE REALIZA SU TRABAJO DE GRADUACIÓN:	
NOMBRE DEL COORDINADOR DEL LABORATORIO EN EL QUE REALIZA SU TRABAJO DE GRADUACIÓN:	
NOMBRE DEL COORDINADOR DEL LABORATORIO EN EL QUE REALIZA SU TRABAJO DE GRADUACIÓN DE ENTERADO	
Sr. (a) Coordinador de Área	
En base a lo establecido en el Procedimiento, estoy declarando que les di tratamiento a los desechos generados por mi trabajo de graduación dentro de las instalaciones del laboratorio utilizado.	
Nombre del estudiante:	
Número de carnet:	
Firma del estudiante:	
Nombre del trabajo de graduación :	
Desechos que género:	
Nombre de la empresa que trato sus desechos :	
Fecha que Inicio a utilizar instalaciones:	
Fecha que finalizo a utilizar las instalaciones:	
Nombre del asesor de tesis:	
Firma del asesor de tesis:	
Puesto y cargo del asesor de tesis:	
Firma y Sello _____ Vo.Bo. Coordinador del Área	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Formato de etiquetado e identificación de desechos**

FORMATO DE ETIQUETADO E IDENTIFICACIÓN DE DESECHOS EIQ-PALFQ-004-FID	
Hoja No. <u> </u> de <u> </u> 1	
Nombre del estudiante:	
Nombre del de trabajo de graduación	
Nombre del asesor de trabajo de graduación	
Tipo de desecho	
Cantidad de desecho	

Fuente: elaboración propia.