



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

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA  
ORGÁNICA I, QUÍMICA ORGÁNICA II, BIOQUÍMICA Y ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE LA ESCUELA  
DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**Cynthia María Fernanda Peña Del Águila**

Asesorado por la Inga. Lisely De León Msc. e Inga. Casta Zeceña Dra.

Guatemala, mayo de 2012



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA  
ORGÁNICA I, QUÍMICA ORGÁNICA II, BIOQUÍMICA Y ANÁLISIS INSTRUMENTAL 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

**CYNTHIA MARÍA FERNANDA PEÑA DEL ÁGUILA**  
ASESORADO POR LA INGA. LISELY DE LEÓN MSC.  
E INGA. CASTA ZECEÑA DRA.

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
EXAMINADORA	Inga. Teresa Lisely De León Arana
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl De León De Paz
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel Monzón Valdez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE QUÍMICA ORGÁNICA I, QUÍMICA ORGÁNICA II, BIOQUÍMICA Y ANÁLISIS INSTRUMENTAL DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

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

Cynthia María Fernanda Peña del Águila



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Porque me ha permitido alcanzar esta meta.
- Mi padre** Lucas Alfonso Peña Cruz, por tu apoyo incondicional, tu constante motivación y enseñarme que los sueños solo están a solo un paso de que yo los pueda volver realidad.
- Mi madre** Blanca Azucena del Águila Yumán, por facilitarme hasta donde ha llegado tu alcance, por tu característica paciencia y por ser ese gran ejemplo que siempre me ha incentivado ha ser una mujer de bien.
- Mis hermanos** Jackqueline Zucelly y Christian Alfonso, por inspirarme siempre a romper mis brechas y ser un buen ejemplo a seguir.
- Mi familia** Por el apoyo brindado, en especial a ti Ancelma Cruz por las noches de desvelo tus remedios caseros, por preocuparte siempre de tu muchachita desde el cielo sé que me estás viendo, te dedico este logro.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por mantenerse siempre a mi lado.
<b>Mis padres</b>	Lucas Peña y Blanca del Águila; por sus esfuerzos y apoyo incondicional, la meta alcanzada es de ustedes.
<b>Mi familia</b>	Por el apoyo brindado en los momentos que más lo he necesitado.
<b>Mis amigos</b>	Por sus muestras de afecto y su apoyo de manera desinteresada.
<b>Mis asesoras</b>	Inga. Lisely de León e Inga. Casta Zeceña por su apoyo y respaldo en el trabajo realizado.
<b>Área de EPS Facultad de Agronomía</b>	Por el apoyo que me han brindado desde que tengo memoria.
<b>Mis compañeros de Cementos Progreso S.A.</b>	Un especial agradecimiento.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ANTECEDENTES .....	1
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 .....	14
2.4.1. Buenas prácticas en la utilización de los recursos.....	14
2.4.1.1. Aprovisionamiento.....	14
2.4.1.2. Almacenaje.....	16
2.4.1.3. Uso.....	17
2.4.1.4. Mantenimiento.....	21
2.4.2. Buenas prácticas en el manejo de residuos .....	21
2.5. Residuos sanitarios .....	23
2.6. Residuos peligrosos .....	23
2.7. Residuos asimilables urbanos.....	25
2.8. Vertidos líquidos.....	25

2.9.	Programa de gestión de residuos .....	27
2.9.1.	Clasificación de residuos .....	29
2.9.2.	Etiquetado e identificación de los envases .....	34
3.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	37
3.1.	Variables .....	37
3.1.1.	Variables independientes .....	37
3.1.2.	Variable dependiente .....	38
3.2.	Delimitación del campo de estudio.....	38
3.3.	Recursos humanos disponibles .....	39
3.4.	Recursos materiales disponibles.....	40
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa.....	41
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	41
3.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	42
4.	RESULTADOS.....	45
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	73
	CONCLUSIONES.....	77
	RECOMENDACIONES .....	79
	BIBLIOGRAFÍA.....	81
	APÉNDICES.....	83
	ANEXOS.....	85

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Esquema de la eficiencia productiva .....	10
2.	Clasificación de disolventes halogenados .....	30
3.	Clasificación de disolventes no halogenados .....	31
4.	Pictogramas para etiquetado .....	35
5.	Etapas de la producción más Limpia .....	41
6.	Etapas para obtención de indicadores ambientales .....	42
7.	Factores ambientales ergonómicos .....	48
8.	Factores ambientales de calidad del aire.....	48

### TABLAS

I.	Variables para la determinación de potenciales de mejora.....	37
II.	Consumo de agua .....	45
III.	Consumo de papel.....	46
IV.	Consumo de energía eléctrica .....	46
V.	Residuos químicos sólidos y líquidos .....	47
VI.	Desechos sólidos y líquidos.....	47
VII.	Plan de acción y mejora.....	49
VIII.	Programa ambiental línea de acción agua.....	54
IX.	Programa ambiental línea de acción energía eléctrica .....	57
X.	Programa ambiental línea de acción papel.....	59
XI.	Programa ambiental línea de acción desechos .....	62
XII.	Programa ambiental línea de acción factores ambientales.....	67

XIII.	Línea de acción agua .....	70
XIV.	Línea de acción papel .....	70
XV.	Línea de acción energía eléctrica.....	71
XVI.	Línea de acción desechos sólidos y líquidos.....	71
XVII.	Porcentaje de humedad relativa.....	72
XVIII.	Temperatura.....	72

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Definición</b>
$C_p$	Capacidad calorífica
$C_A$	Concentración del componente A en moles
$K$	Constante dieléctrica
$\rho$	Densidad
$D_{AB}$	Difusividad del componente A, al solvente utilizado
$g_c$	Factor de corrección cuyo valor depende del sistema de medidas utilizado (sistema internacional o sistema inglés)
$G$	Flujo másico
$N_A$	Flujo molar
$F$	Fricción
$Sc$	Número de Schmidt
$K$	Permeabilidad
$Z$	Profundidad del lecho
$Spr$	Saturación residual promedio
$\Delta p$	Variación de presión
$U_y$	Velocidad en el eje y
$U_z$	Velocidad en el eje z
$\mu$	Viscosidad



## **GLOSARIO**

<b>Contaminación</b>	Se refiere a la presencia extraña en el aire, agua, suelo o sonido, que afecte las características físicas o químicas de su composición.
<b>Desechos</b>	Toda materia considerada sobra o resto inservible sobrante de algo después de haber sido consumido o trabajado.
<b>Disoluciones acuosas</b>	Se llama disolución (solute y solvente) porque está formado por dos componentes, se dice acuosas porque el agua la mayoría de veces es el solvente.
<b>Energía no renovable</b>	Se refiere a aquellas fuentes de energía que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada y una vez consumidas en su totalidad no pueden sustituirse.
<b>Impacto ambiental</b>	Efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos.

<b>Indicadores ambientales</b>	Cualquier parámetro medible del medio natural que nos informe del estado de dicho medio o de aspectos relacionados con él.
<b>Medio ambiente</b>	Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y en un momento determinado, que influye en la vida del ser humano y en las generaciones venideras.
<b>Norma</b>	Documento establecido por consenso y aprobado por un organismo reconocido que suministra para uso común y repetido, reglas, directrices o características para las actividades o sus resultados, encaminadas al logro del grado óptimo de orden en un contexto dado.
<b>ISO 14000</b>	Es una norma internacionalmente aceptada que expresa como establecer un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) efectivo.
<b>Producción más Limpia</b>	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.

**Residuos químicos**

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.

**Vertidos líquidos**

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



## RESUMEN

El trabajo de graduación realizado fue para desarrollar un programa ambiental bajo los principios de Producción más Limpia en los cursos de laboratorio de Química Orgánica I, Química Orgánica II, Bioquímica y Análisis Instrumental de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Se realizaron mediciones de diversas variables con el fin de determinar los potenciales de mejora en cada laboratorio, con dichos potenciales se llegó a obtener un criterio para la mejora en cuatro línea de acción (energía , agua, papel y desechos). De este modo se realizó un diagnóstico durante las sesiones prácticas programadas semestralmente, en la que cada grupo de estudiantes, por semana realizaba el procedimiento experimental asignado, según objetivos específicos para cada práctica. La duración de cada práctica dependía de la organización, investigación y conocimiento por parte de cada grupo de trabajo.

El trabajo de graduación tuvo como resultado final la obtención de indicadores ambientales, la elaboración de un plan de acción y mejora, la realización un plan de control y monitoreo que conformó el programa ambiental para cada línea de acción.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Desarrollar un Programa Ambiental en los Laboratorios de Química Orgánica I, Química Orgánica II, Bioquímica y Análisis Instrumental de la Escuela de Ingeniería Química, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **Específicos**

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

## **HIPÓTESIS**

Es posible desarrollar de un programa ambiental en los Laboratorios de Química Orgánica I, Química Orgánica II, Bioquímica y Análisis instrumental de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala

## 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 de los Laboratorios de Química Orgánica I, Química Orgánica II, Bioquímica y Análisis Instrumental 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 Química Orgánica 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**

Del 3 al 14 de junio de 1992 se celebró en Río de Janeiro (Brasil) la Conferencia de las Naciones Unidas sobre medio ambiente y desarrollo, conocida como Cumbre de la Tierra.

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

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

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

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

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

En la década de los 90, debido a la problemática ambiental, muchos países comienzan a implementar sus propias normas ambientales, por lo que se hizo necesario tener un indicador universal que evaluara los esfuerzos de una organización por alcanzar una protección ambiental confiable y adecuada.

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) fue invitada a participar a la Cumbre de la Tierra, organizada por la Conferencia sobre el

Medio Ambiente y el Desarrollo en junio de 1992 en Río de Janeiro (Brasil) y en este evento, la ISO acordó crear normas ambientales internacionales.

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

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

Indudablemente la implementación de la metodología preventiva de la Producción más Limpia en la industria, es una opción más atractiva que eliminar o mitigar la contaminación ambiental una vez que ésta se ha producido, la cual es conocida como final del tubo o proceso, ya que por medio de dicha estrategia preventiva integrada que se aplica a los procesos, productos y servicios a fin de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos para los seres

humanos y el ambiente; se logran importantes beneficios económicos, ambientales y sociales, tanto para la empresa como para la humanidad.

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

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.

En 1994 se establece la Agenda 21 Guatemala, emanada de la Agenda 21 de la Alianza Centroamericana para el Desarrollo (ALIDES) y del Plan de Acción Ambiental (PAA). Entre sus preceptos fundamentales contempla el fomento de la educación, capacitación y concientización ambiental como componentes básicos para el desarrollo sostenible del país.

Entre sus objetivos están la protección y recuperación del patrimonio cultural y natural, la educación ciudadana, la protección y fomento de la salud humana, estableciendo como estrategias la educación ambiental y el compromiso orientado a impulsar la educación y la salud humana.

En el año 1,999 fué 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 (ONUDI), el PNUMA y la Agencia de Cooperación Económica de Suiza.

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

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

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

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).

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

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, nombrando al Director de dicha Escuela, como representante del Decano y nombrando a la coordinadora del área de Calidad, Investigación y Vinculación, como la coordinadora para la implementación del Sistema de Gestión Ambiental en la Escuela.

Esta fase se inició con dos actividades principales; actividades macro escuela, para implementar los SGA en todas las áreas y actividades micro escuela, específicamente en el Laboratorio del área de Físico Química.

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



## **2. MARCO TEÓRICO**

Un sistema establecido se debe controlar y mejorar a través de una serie de actividades programadas y analizadas.

### **2.1. Sistema de gestión ambiental**

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

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

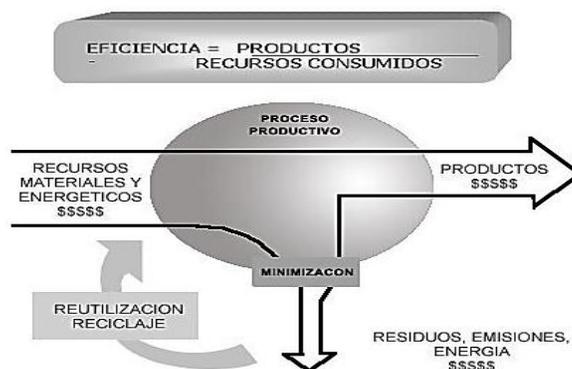
Las Normas ISO 14000 son herramientas para guiar la gestión ambiental de las empresas u organizaciones; la implementación de algunas normas de dicha familia puede ser objeto de certificación/registro o auto declaración. Las certificaciones aseguran, a través de un organismo certificador, que un producto, proceso o servicio está conforme con los requisitos especificados.

## 2.2. 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. Producción más Limpia (P+L) puede ser aplicada a los procesos utilizados en cualquier industria, a los productos mismos y a varios servicios ofrecidos en la sociedad.

Abarca minimización y reducción de desechos, prevención de contaminación y otros nombres parecidos, pero incluye algo más, pues 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.

Figura 1. Esquema de la eficiencia productiva



Fuente: Universidad de los Andes, Facultad de Administración. *Producción más limpia*.

p. 27.

La metodología que utiliza la producción más limpia se agrupan en las siguientes cinco etapas

- Etapa 1 creación de la base del programa de PML
- Etapa 2 preparación del diagnóstico de PML
- Etapa 3 diagnóstico (estudio detallado de las operaciones unitarias 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 en base a un análisis de las operaciones productivas, a 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 en base a 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 y 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 actividades realizadas en el laboratorio deben ser respetuosas con el medio ambiente, por lo que se describen a continuación aspectos a tomar en cuenta.

### **2.4.1. Buenas prácticas en la utilización de los recursos**

Los recursos que se cuentan en el laboratorio son utilizados, en cuanto sea posible, según la cantidad que se necesita; evitando desperdicios de excesos.

#### **2.4.1.1. Aprovisionamiento**

A continuación se da una lista de la provisión necesaria en un laboratorio, esta provisión abarca materiales físicos tanto como competencia de la persona.

- Equipos y utensilios
  - Solicitar equipos que tengan los efectos menos negativos para el medio (con fluidos refrigerantes no destructores de la capa de ozono, con bajo consumo de energía y agua, baja emisión de ruido).

- Adquirir adaptadores de corriente para evitar el uso de pilas.
- Elegir los útiles más duraderos y con menos consumo, en su elaboración, de recursos no renovables y energía.
- Adquirir extintores sin halógenos (gases destructores de la capa de ozono)
- Materias y productos
  - Conocer el significado de los símbolos o marcas ecológicos.
  - Elegir, en lo posible, materiales y productos ecológicos con certificaciones que garanticen una gestión ambiental adecuada.
  - Proponer la compra de pilas recargables o menos peligrosas (sin mercurio ni cadmio).
  - 
  - Utilizar, en lo posible, productos en envases fabricados con materiales reciclados, biodegradables y que puedan ser reutilizados o por lo menos retornables a los proveedores.
  - Evitar productos en aerosoles, los recipientes rociadores con otros sistemas son tan eficaces y menos dañinos para el medio.
  - Comprar evitando el exceso de envoltorios y en envases de un tamaño que permita reducir la producción de residuos de envases.

- Productos químicos, de desinfección y limpieza
  - Conocer los símbolos de peligrosidad y toxicidad.
  - Comprobar que los productos están correctamente etiquetados, con instrucciones claras de manejo.
  - Elegir los productos químicos y de desinfección y limpieza entre los menos agresivos con el medio ambiente.
  - Papel, adquirir papel reciclado y sin blanqueadores a base de cloro

#### **2.4.1.2. Almacenaje**

Todo producto se debe resguardar para mantener su correcto tiempo de vida, integridad del mismo y para prevenir accidentes por mezclas de estos, en el caso que sean reactivos el uno con el otro.

- 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.

#### **2.4.1.3. Uso**

Un correcto uso de cualquier material o equipo mantendrá el orden en el laboratorio y gastos innecesarios de materiales, además de posibles accidentes. Se debe tomar en cuenta lo siguiente

- Conocer y aplicar las buenas prácticas medioambientales de laboratorio.
- Evitar la mala utilización y el derroche.
- Buscar, para cada producto, la idoneidad del uso también desde una perspectiva medioambiental y, en su caso, valorar las posibilidades de sustitución.

- Estar al día y proponer métodos alternativos de mejora desde el punto de vista ambiental.
- Elegir entre los métodos y técnicas oficiales los más respetuosos con el medio (que empleen productos menos tóxicos y menos peligrosos, y que consuman menor cantidad de energía o de agua, etc.).
- Acondicionar un contenedor para depositar cada tipo de residuo en función de los requisitos de gestión.
- 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 medio ambiente, requisitos de almacenamiento, fechas de caducidad, actuaciones en caso de intoxicación, etc.).

- Leer atentamente y seguir las instrucciones de uso de los productos.
- Cuidar la manipulación de reactivos y productos y también las muestras para evitar errores que hagan necesaria la repetición del procedimiento y por lo tanto el aumento de residuos.
- Conocer los riesgos y la peligrosidad para el medio ambiente de los productos químicos empleados.
- Saber identificar y aplicar, en su caso, la normativa de seguridad ambiental aplicable al envasado, etiquetado, almacenado y transporte de materias químicas.
- Identificar los riesgos de contaminación medioambiental derivados de la utilización incorrecta del instrumental y equipos de laboratorio.
- Conocer y practicar los dispositivos utilizados para la prevención de riesgos ambientales en las operaciones del laboratorio.
- Aplicar las reglas de orden y limpieza para evitar riesgos ambientales.
- Emplear, en lo posible, los productos químicos más inocuos y cuidar la dosificación recomendada por el fabricante para reducir la peligrosidad de los residuos.

- Utilizar los productos hasta agotarlos por completo de forma que queden vacíos los envases para evitar contaminación.
- Reutilizar, en lo posible, las materias y también los envases.
- Acondicionar un contenedor para depositar cada tipo de residuo en función de los requisitos de gestión.
- 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.

#### **2.4.1.4. 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 residuos**

Se contribuye a una gestión ambientalmente correcta de los residuos al realizar lo siguiente:

- Utilizando elementos que contengan materiales reciclados como plásticos y papel reciclados.
- Utilizando productos cuyos envases posean una elevada aptitud para ser reciclados.
- Gestionando desechos como por ejemplo disolventes inutilizados a través de las bolsas de subproductos.
- 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 al hacer lo siguiente:
  - 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.

## **2.5. Residuos sanitarios**

Se debe identificar y segregar en origen, rigurosamente, los residuos al realizar lo siguiente

- Procurar limitar en lo posible la producción de residuos biosanitarios.
- Recoger los residuos asimilables a urbanos, en recipientes o en bolsas de forma similar a los residuos domésticos.
- Recoger los residuos sanitarios no específicos y sanitarios específicos, en recipientes rígidos o semirígidos o en bolsas que reúnan unas características mínimas prefijadas.
- Identificar externamente los envases que contengan residuos sanitarios específicos rotulándolos con la frase residuos infecciosos de riesgo y etiquetándolos con el pictograma de biorriesgo, de forma que sean fácilmente identificables.
- Trasladar los residuos en el interior del centro evitando los riesgos de infección.
- Almacenar los residuos en dependencias adecuadas.
- Entregarlos a gestores autorizados para la gestión externa.

## **2.6. Residuos peligrosos**

Estos residuos se deben manejar y controlar con mucha atención.

- Separar correctamente los residuos.
- Identificar los contenedores con una etiqueta que por legislación debe incorporar lo siguiente:
  - Código de residuo
  - Símbolo correspondiente según sea un producto nocivo, tóxico, inflamable, etcétera
  - Nombre, dirección y teléfono del titular de los residuos
  - Fecha de envasado (cuando se tiene el contenedor completo)
- Almacenar los residuos en contenedores adecuados, de un material que no sea afectado por el residuo y resistentes a la manipulación. El plazo máximo de almacenamiento es de seis meses (salvo autorizaciones, por escrito, del departamento de medio ambiente).
- Colocar los contenedores de residuos peligrosos realizando lo siguiente
  - En una zona bien ventilada y a 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.

## **2.7. 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.

## **2.8. Vertidos líquidos**

Para los vertidos que por sus características (por debajo de las concentraciones máximas de contaminantes) 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 lo siguiente

- 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.

Los vertidos se deben reducir realizando las siguientes actividades

- 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.

Las emisiones o fugas de cualquier componente químico y cualquier emisión dañina a las personas deben ser reducidas en lo posible, se mencionan a continuación algunos detalles:

- 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.

## **2.9. Programa de gestión de residuos**

El programa de gestión de residuos es una herramienta útil para lograr una gestión eficaz de los residuos. Debe aplicarse a todo tipo de residuos generados en el laboratorio, tanto a los no peligrosos (asimilables a urbanos) como a los peligrosos (incluyendo los reactivos caducados, los reactivos no caducados pero innecesarios, los materiales de un solo uso contaminados o no, los patrones y todos aquellos materiales o productos que se hayan utilizado o generado en el mismo).

El programa de gestión de residuos debe recoger todas aquellas actividades encaminadas a dar a los residuos el destino final más adecuado de acuerdo con sus características; y se deben recoger en él, las operaciones de recogida, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento, recuperación y eliminación de los mismos.

El programa de gestión de residuos debería incluir lo siguiente

- Responsable o responsables: debe nombrarse un responsable o responsables que supervisen y comprueben la correcta aplicación y ejecución del programa e informen a la dirección.
- Nivel de recursos necesarios: debe conocerse y evaluarse el coste del programa considerando todas las operaciones (recogida, transporte, reutilización, recuperación, tratamiento, etc.).
- Inventario: debe confeccionarse una relación de los residuos generados y mantenerla actualizada.
- Identificación: todos los productos considerados como residuos deben estar clasificados e identificados en función de su peligrosidad y/o destino final.
- Minimización y reducción: deben estudiarse y valorarse las posibilidades de reutilización, recuperación, tratamiento en el propio laboratorio o racionalización de compras al objeto de reducir en lo posible la generación de residuos.
- Almacén: debe disponerse de un espacio separado del laboratorio para almacén de residuos, provisto de los elementos de seguridad necesarios.
- Recogida y transporte: se deben facilitar los recipientes y etiquetas adecuados para la recogida y el transporte de los residuos.

- Medidas de seguridad: deben establecerse las medidas de seguridad necesarias indicando las prendas de protección que deben utilizarse, cuando se manipulen los mismos.
- Actuación en caso de accidentes e incidentes: se deben dar las instrucciones de actuación en caso de vertidos o derrames, o de cualquier incidente que pueda producirse; asimismo deben indicarse las pautas de actuación en caso de una emergencia.
- Formación e información; todo el personal debe conocer el programa de gestión de residuos adoptado, su ejecución y la responsabilidad de cada uno en el mismo; todas las informaciones sobre el programa deben proporcionarse por escrito.

### **2.9.1. Clasificación de residuos**

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

Los residuos generados en los laboratorios se pueden diferenciar en residuos no peligrosos (asimilables a urbanos) y residuos químicos peligrosos. En el caso de los laboratorios ambientales que nos ocupan, se han establecido los siguientes grupos de clasificación de los residuos químicos peligrosos, teniendo en cuenta las propiedades físicoquímicas de los mismos, las posibles reacciones de incompatibilidad en caso de mezcla y el tratamiento final de los mismos.

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

- Grupo I, disolventes halogenados; son 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. También mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%.

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

Fuente: Morrison R. Boyd. Química Orgánica. p.123

- 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.

Figura 3. **Clasificación de 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: Morrison R. Boyd. Química Orgánica. p.123

- 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, se presentan a continuación. Las soluciones acuosas inorgánicas están compuestas de lo siguiente:

- Soluciones acuosas básicas: hidróxido sódico, hidróxido potásico
  - Soluciones acuosas de metales pesados: níquel, plata, cadmio, selenio
  - Soluciones acuosas de cromo VI
  - Otras soluciones acuosas inorgánicas: sulfatos, fosfatos, cloruros
  - Soluciones de fijadores orgánicos: formol, fenol, glutaraldehído
  - Mezclas agua/disolvente: eluyentes de cromatografía, 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, entre otros. 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: productos químicos de naturaleza orgánica o contaminados con productos químicos orgánicos como por ejemplo, carbón activo o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.
  - Sólidos inorgánicos: productos químicos de naturaleza inorgánica, por ejemplo, sales de metales pesados.
  - Material desechable contaminado: material contaminado con productos químicos, en este subgrupo 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; 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, se dan unos ejemplos a continuación:

- Comburentes (peróxidos)
- Compuestos pirofóricos (magnesio metálico en polvo)
- Compuestos muy reactivos tales como 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, entre otros)
- Compuestos no identificados

### **2.9.2. Etiquetado e identificación de los envases**

Todos los residuos y sus recipientes deberán estar identificados (indicación del productor) y correctamente etiquetados (indicación del contenido) de acuerdo con las disposiciones legales de cada país sobre clasificación, envasado y etiquetado.

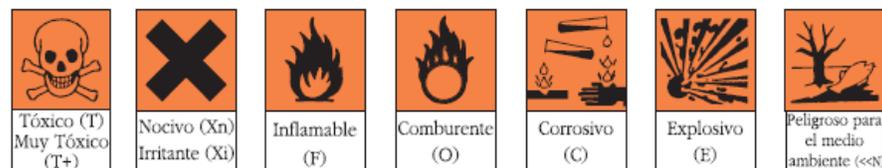
Debe tenerse en cuenta que un residuo es frecuentemente una sustancia o un preparado peligroso, y tiene que estar claramente advertido para que su manipulación pueda efectuarse en las condiciones de seguridad apropiadas.

La identificación de los residuos químicos peligrosos debe incluir los datos de la empresa productora, el nombre del responsable del residuo y las fechas de inicio y final de llenado del envase.

La función del etiquetado es permitir una rápida identificación del residuo así como informar del riesgo asociado al mismo, tanto al usuario como al gestor, por lo que la etiqueta identificativa, además de los datos anteriores, debería incluir lo siguiente

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

Figura 4. **Pictogramas para etiquetado**



Fuente: Pictogramas y símbolos presentes en el etiquetado de un envase que contiene sustancias químicas. <http://www.sprl.upv.es>. Consulta: 23 de junio 2011.

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

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

Las variables a modificar se eligieron según su influencia en los objetivos e hipótesis.

#### 3.1. Variables

Se establecieron las variables del involucradas en el problema a resolver, esto generó una matriz que describe a cada variable.

##### 3.1.1. Variables independientes

Estas variables fueron el objeto en que se centró la investigación.

Tabla I. **Variables para la determinación de potenciales de mejora**

Variable	Dimensión	Factor Potencial		Factor Perturbador	
		Constante	Variable	Controlable	No Controlable
Consumo de energía eléctrica	KWH		x	x	
Consumo papel	Kg		x	x	
Consumo de agua	L	x		x	
Desechos sólidos y líquidos	Kg o L		x	x	

Continuación de la tabla I

Iluminación	Lux		x	x	
Temperatura	°C	x		x	
Humedad relativa	%	x			x
Punto de rocío	°C	x			x
Ruido	dB		x		x
PM <sub>10</sub>	mg/m <sup>3</sup>		x		x
CO	PPM		x		x
CO <sub>2</sub>	PPM		x		x
DFI	PPM		x		x

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.2. Variable dependiente

Desarrollo de un programa ambiental en los Laboratorios de Química Orgánica I, Química Orgánica II, Bioquímica y Análisis Instrumental de la escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### 3.2. Delimitación del campo de estudio

La implementación de un Programa Ambiental se desarrollará en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química para los

Laboratorios de Química Orgánica I, Química Orgánica II, Análisis Instrumental y Bioquímica.

### **3.3. Recursos humanos disponibles**

Los recursos humanos permitieron a este trabajo ser completado, se lista a continuación el recurso humano involucrado.

- Investigadora: Cynthia Maria Fernanda Peña Del Águila.
- Asesores del proyecto
  - Ms.c. Lisely De León Arana. Coordinadora del Área de Calidad Investigación y Vinculación de la Escuela de Ingeniería Química de la de la Facultad de Ingeniería.
  - Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña. Coordinadora del Área Ambiental de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.
- Centro de apoyo del proyecto: Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGP+L) de la Cámara de la Industria de Guatemala (CIG).
- Director de la escuela de Ingeniería Química: Dr. Williams Guillermo Álvarez Mejía.
- Instructores de los laboratorios de Química Orgánica I, Química Orgánica II, Análisis Instrumental y Bioquímica del Area de Química de la Escuela de Ingeniería Química.

- Estudiantes de la Escuela de Ingeniería Química.
  - Estudiantes del Laboratorio de Química Orgánica I
  - Estudiantes del Laboratorio de Química Orgánica II
  - Estudiantes del Laboratorio de Análisis Instrumental
  - Estudiantes del Laboratorio de Bioquímica

### **3.4. Recursos materiales disponibles**

Se lista el equipo y materiales utilizados en la investigación.

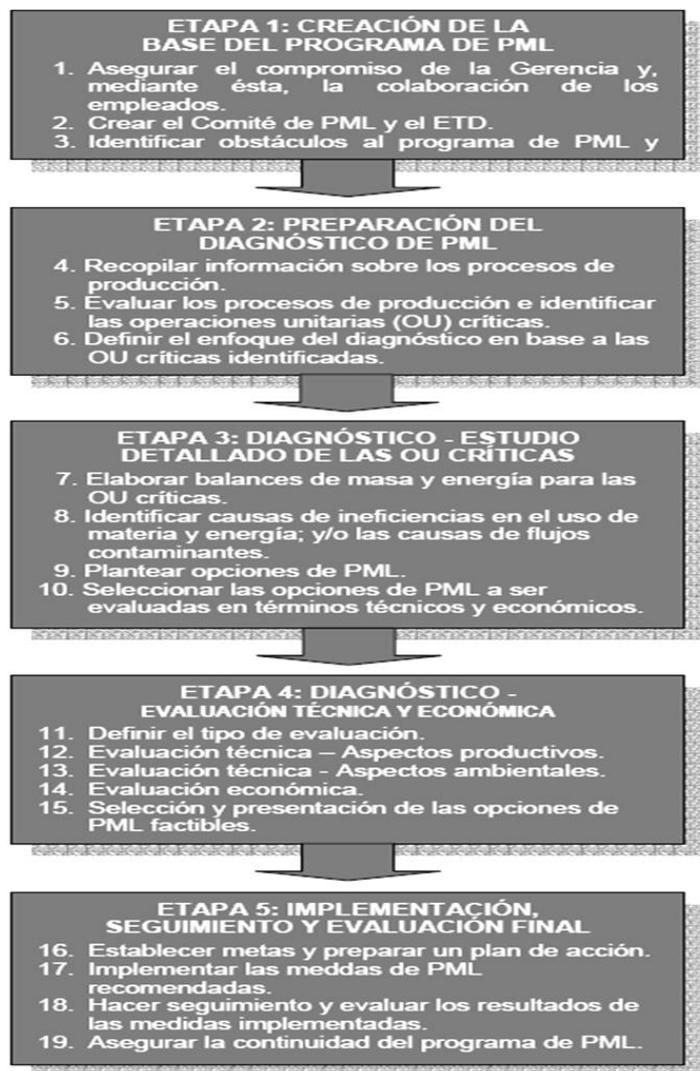
- Equipo de medición
  - Higrómetro Datalogger USB - WK057
  - Medidor de calidad de aire EVM SERIES
  - Decibelímetro. SPER Scientific 840013
  - Luxómetro. SPER Scientific 84006
  
- Equipo adicional
  - Beacker de 800ml
  - Balanza
  - Computadora
  - Impresora
  - Cámara fotográfica
  - Crónometro



### 3.7. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

En la siguiente figura se muestran las etapas para la obtención de indicadores ambientales.

Figura 6. Etapas para obtención de indicadores ambientales



Fuente: elaboración propia.

Según la figura 6 se explica a continuación el detalle que aplica a la Escuela de Ingeniería Química.

- Asegurar el compromiso con la Escuela de Ingeniería Química y la colaboración de los estudiantes, instructores y Coordinador de Química Orgánica I, Química Orgánica II, Análisis Instrumental y Bioquímica del Area de Química de la Escuela de Ingeniería Química.
- Identificar obstáculos al programa de manejo ambiental.
- Recopilar información sobre cada una de las prácticas realizadas en los laboratorios de Química Orgánica I, Química Orgánica II, Análisis Instrumental y Bioquímica del Area de Química de la Escuela de Ingeniería Química.
- Identificar causas de ineficiencias en el uso de materia y energía.
- Plantear opciones para el programa de manejo ambiental.
- Seleccionar opciones a ser evaluadas técnica y económicamente.
- Evaluar técnicamente aspectos productivos y ambientales.
- Evaluar económicamente.
- Seleccionar y presentar las opciones del programa de manejo ambiental factibles.
- Establecer metas y preparar un plan de acción.

- Implementar las medidas recomendadas.
- Hacer seguimiento y evaluar los resultados de las medidas posibles.
- Asegurar la continuidad del programa de manejo ambiental.

## 4. RESULTADOS

Se presenta a continuación los resultados separados según su categoría.

- Potenciales de mejora ambiental en los laboratorios de Química Orgánica I, Química Orgánica II, Bioquímica y Análisis Instrumental.

Tabla II. Consumo de agua

Laboratorios impartidos en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química	Indicador (L / estudiante por semestre)	Fortalezas	Debilidades
Química Organica I	27	Los grifos del laboratorio son ahorradores	Inexistencia de concientización visual
Química Organica II	32		
Análisis Instrumental	3.17		
Bioquímica	12		
			No se cuenta con un contador de agua

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Consumo de papel

Laboratorios impartidos en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química	Indicador (Kg /estudiante por semestre)	Fortalezas	Debilidades
Química Organica I	0.29	El laboratorio de Analisis Instrumental entrega reportes digitales. El laboratorio de Bioquímica esta migrando a reportes digitales. Las Tareas reportes e investigaciones son guardadas por el profesor. El papel recolectado se puede reciclar.	Ninguno de los instructivos indica que se debe utilizar ambas caras de la hoja de papel. Se utiliza papel de pulpa 100% virgen en la elaboración de reportes.
Química Organica II	0.32		
Analisis Instrumental	0.018		
Bioquímica	0.34		
1 Kg = 216 hojas			

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. Consumo de energía eléctrica

Laboratorios impartidos en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química	Indicador (KWH/estudiante por semestre)	Fortalezas	Debilidades
Química Organica I	2.97	Las lámparas del laboratorio poseen luminaria ahorradora	No existen rotulos que concientizacion para el uso de energía.
Química Organica II	3.42		
Analisis Instrumental	1.87		
Bioquímica	2.6		

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Residuos químicos sólidos y líquidos

Laboratorios impartidos en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química	Indicador Residuos Químicos Líquidos (L/estudiante por semestre)	Indicador Residuos Químicos Sólidos (Kg/estudiante por semestre)	Fortalezas	Debilidades
Química Organica I	1.28	0.47	Los residuos químicos de ácido, bases y soluciones de sales inorgánicas y orgánicas son tratadas en el laboratorio por neutralización	Los residuos químicos de solventes orgánicos y soluciones de metales pesados se guardan en el laboratorio y no son recogidos por una empresa que los encapsule o los elimine en un incinerador, como lo indican La Política Nacional para el Manejo Integral de Desechos ,Acuerdo Gubernativo 111-2005.
Química Organica II	0.73	0.498		
Análisis Instrumental	0.017	0		
Bioquímica	0.646	0.095		

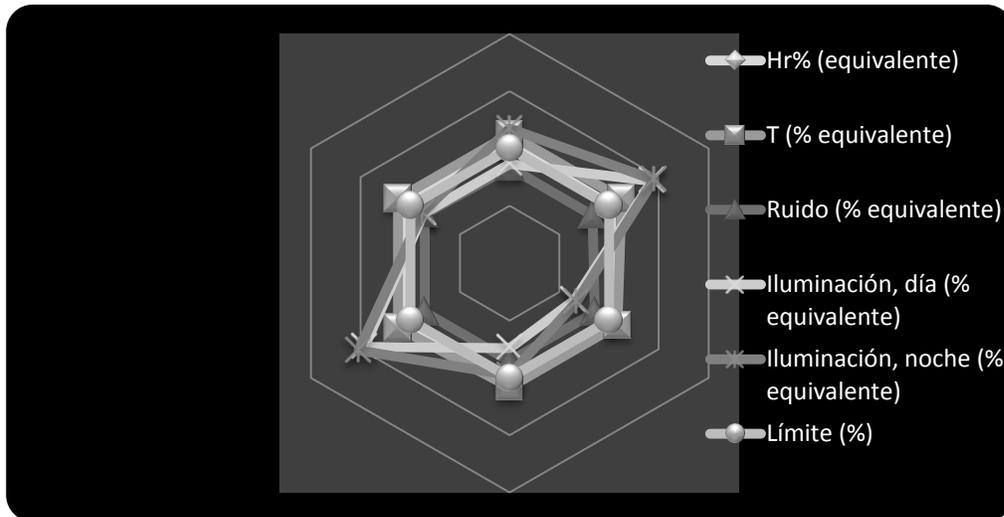
Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Desechos sólidos y líquidos

Laboratorios impartidos en el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química	Indicador Desechos Líquidos (L/estudiante por semestre)	Indicador Desechos Sólidos (Kg/estudiante por semestre)	Fortalezas	Debilidades
Química Organica I	0	0.39	Se clasifican los desechos por papel, Vidrio, plástico y guantes de latex	Falta la implementar Normativos y procedimientos para la clasificación de los desechos
Química Organica II	0	1.04		
Análisis Instrumental	0	0.263		
Bioquímica	0.0833	0.78		

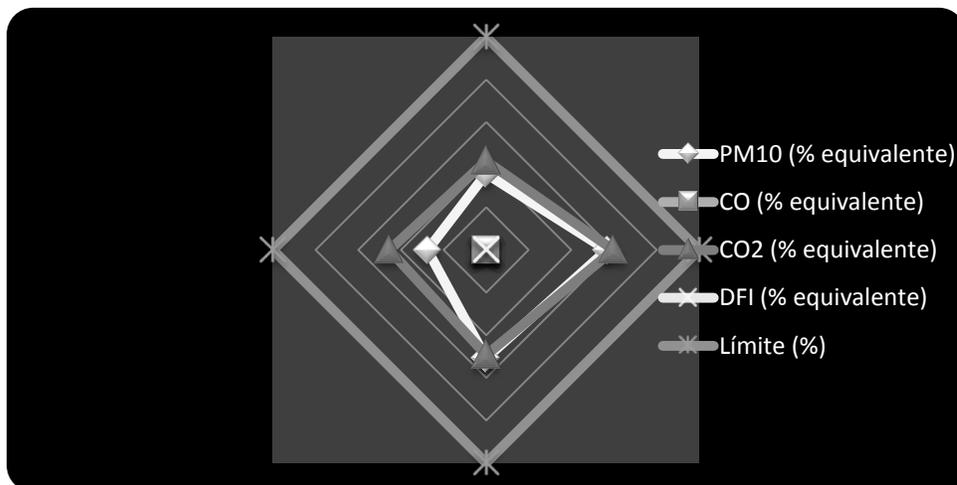
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Factores ambientales ergonómicos



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Factores ambientales de calidad del aire



Fuente: elaboración propia.

Objetivo	Indicador	Propuestas de Mejora	Metas	Tareas	Responsable de Tareas	Tiempo	Recursos necesarios	Financiación	Indicador seguimiento	Responsable Seguimiento
<b>LÍNEA DE ACCIÓN 1: AGUA</b>										
EVALUAR LAS MEDIDAS ORIENTADAS A LA MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO, EN BASE A CRITERIOS ECONÓMICOS, AMBIENTALES, TÉCNICOS Y ORGANIZACIONALES	L/estudiante-Semestre	Instalación de un contador de agua para el Laboratorio	Reducir el consumo de agua un 5% (Química Orgánica I: 27L a 25.6 L; Química Orgánica II: de 32L a 30L; Análisis Instrumental: 3.2L a 3; Bioquímica: 12L a 11.4L) 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, Ferrería Lewonski			
				b) Instalación de Contadores de Agua	Personal de Mantenimiento de Ingeniería	Segundo semestre 2,012 – Primer semestre 2013	Laboratorio de Química, Contador, Tubería, Accesorios	Q395 C/contador de 1/2", Q300 accesorios Total Q.695.00	Obtención de indicadores de consumo de agua en el Laboratorio de Química	Profesores del Laboratorio
	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				
		b) Instalación de rótulos de concientización en el consumo de agua		Personal de Mantenimiento de Ingeniería	Segundo semestre 2,012	LBQ, Rótulos en PVC de 3.0 mm de grosor y vinil Impreso, accesorios	Rótulos Q39.00 c/u. 3 Total Q 1117.00	Reducción del consumo de Agua en el Laboratorio de Química	Profesores del Laboratorio	

Tabla VII.

Plan de acción 49 y mejora

LÍNEA DE ACCIÓN 2: ENERGÍA ELÉCTRICA										
EVALUAR LAS MEDIDAS ORIENTADAS A LA MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO, EN BASE A CRITERIOS ECONOMICOS, AMBIENTALES, TECNICOS Y ORGANIZACIONALES	KWH / estudiante x semestre	Instalación de rótulos de concientización en el consumo de agua	Mantener los indicadores actuales (KWH / est. X semestre): (Química Orgánica I: 2.97 ; Química Orgánica II: 3.42; Análisis Instrumental: 1.87 Bioquímica: 2.6) al finalizar el segundo semestre del 2012	a) Cotización de rótulos del uso adecuado de la energía eléctrica	Tesis de Programas Ambientales en los laboratorios de ESIQ	Enero 2,012	Teléfono, internet, Comunicación visual		Reducir el consumo de Energía	Tesis
				b) Instalación de rótulos del uso adecuado de la energía eléctrica	Personal de Mantenimiento de Ingeniería	Segundo semestre 2,012	Rótulos en PVC de 3.0 mm de grosor y vinil Impreso , Accesorios	Rótulos Q39.00 c/u. 3 rótulos; Total Q.117.00	Reducir el consumo de Energía en el	Coordinación de Programa ambiental

Continuación de la tabla VII.

LÍNEA DE ACCIÓN 3: PAPEL									
EVALUAR LAS MEDIDAS ORIENTADAS A LA MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO, EN BASE A CRITERIOS ECONÓMICOS, AMBIENTALES, TÉCNICOS Y ORGANIZACIONALES	Kg/estudiante-Semestre	Reglamentar el uso de ambos lados de las hojas en todos los instructivos de los cursos del laboratorio de Química Inorgánica	Reducir en un 10% (Química Orgánica I: de 0.29 a 0.27; Química Orgánica II: de 0.32 a 0.3; Análisis Instrumental: 0.018 a 0.017; Bioquímica: 0.34 a 0.32) al finalizar el segundo semestre del 2012	a) Modificar los instructivos actuales, para que incluyan la nueva normativa	Coordinador del Área de Química	Segundo semestre 2,012	Computadora	Reducción del consumo de Papel	Profesores del Laboratorio

Continuación de la tabla VII.

Factores Ambientales										
EVALUAR LAS MEDIDAS ORIENTADAS A LA MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO, EN BASE A CRITERIOS ECONÓMICOS, AMBIENTALES, TÉCNICOS Y ORGANIZACIONALES	Temperatura y % de Humedad Relativa	Lograr que la temperatura y % de humedad relativa en el laboratorio de química este en los parámetros aceptables	Reducir el parámetro de Temperatura a un rango aceptable (entre 20 oC y 24 oC; 30% a 65%) al finalizar el segundo semestre del 2012	a) Encender los ventiladores y extractores al iniciar la práctica y mantenerlos en funcionamiento hasta la finalización	Profesor del laboratorio	Todos los semestres	Ventiladores y Extractores		Temperatura y % humedad relativa en el rango aceptable	Profesores del Laboratorio

Continuación de la tabla VII.

LÍNEA DE ACCIÓN 4: RESIDUOS Y DESECHOS									
EVALUAR LAS MEDIDAS ORIENTADAS A LA MEJORA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO, EN BASE A CRITERIOS ECONÓMICOS, AMBIENTALES, TÉCNICOS Y ORGANIZACIONALES									
	Disponer correctamente de todos los residuos químicos que se generan en el Laboratorio	Disposición correcta de todos los residuos químicos en el laboratorio	a) Cuantificar residuos químicos que se generan en las prácticas de laboratorio b) Cotizar la disposición final de los residuos químicos que no pueden ser tratados en el laboratorio c) Recolección de residuos químicos que no pueden tratarse en el laboratorio	a) Estudiante investigador b) estudiante investigador c) Personal de Biotrash	a) octubre 2011- febrero 2012 b) febrero 2012 c) al finalizar cada semestre	computadora, internet, teléfono	Biotrash, Disposición de Residuos Químicos Q.1800.00 (Cursos de Química Inorgánica impartidos en el laboratorio de Química)	Documentación de residuos químicos dispuestos por Biotrash	Profesores del Laboratorio

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Programa ambiental línea de acción agua

Linea de acción: agua		
Nombre de la unidad: laboratorio de Química Orgánica		Hoja no._1_de_2
Objetivos		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ·Reducir el consumo de agua en el laboratorio de Química Orgánica.</li> <li>• ·Formar hábitos en los profesores y estudiantes para el uso eficiente del agua.</li> <li>• ·Desarrollar procedimientos para la obtención del indicador ambiental del consumo de agua.</li> </ul>		
· Monitorear la reducción del 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	Estudiantes	Lavarse las manos únicamente cuando sea necesario y hacerlo de una forma eficiente.
Lavado de cristalería	Estudiantes	Lavar la cristalería únicamente cuando sea necesario y de una manera eficiente, utilizando la mínima cantidad de agua posible.
Buenas prácticas en la utilización del agua	Estudiantes	Buenos hábitos al utilizar agua: El agua utilizada en las prácticas para calentar en baño maría. Reutilizar el agua utilizada en las prácticas no.7 del laboratorio de Química Orgánica I y práctica 4 del laboratorio de Química Orgánica II.
Determinación del indicador ambiental del consumo de agua	Profesor	Determinar el indicador ambiental del consumo de agua con el procedimiento PA-LQO-01.

Continuación de la tabla VIII.

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 PA-LQO-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.
Linea de acción: agua		
Nombre de la unidad: laboratorio de Química Orgánica		Hoja no. <u>2</u> de <u>2</u>
PA-LQO-01 procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de agua:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Registrar el valor del consumo de agua directamente del hidrómetro (m<sup>3</sup>) al iniciar la práctica</li> <li>• Registrar el valor del consumo de agua directamente del hidrómetro (m<sup>3</sup>) al finalizar la práctica</li> <li>• Restar los valores</li> <li>• Convertir el valor del inciso anterior a litros</li> </ul>		

Continuación de la tabla VIII.

- Determinar el tiempo de duración de la práctica
- Dividir los valores
- Multiplicar el valor anterior por el número de prácticas de cada fase
- Dividir el valor del inciso anterior entre el número de alumnos de la sección

Fórmula para calcular el indicador del consumo de agua:

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

En donde

ICA= Indicador del Consumo de Agua en el Laboratorio

L= litros

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Programa ambiental línea de acción energía eléctrica

Línea de acción: energía eléctrica		
Nombre de la unidad: laboratorio de Química Orgánica		Hoja no. _1_de_2_
Objetivos:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma hábitos en los profesores y estudiantes para el uso eficiente de la energía eléctrica</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir el consumo de energía eléctrica</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de energía eléctrica</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitorear el consumo de energía eléctrica.</li> </ul>		
Actividad	Responsable	Tareas
Inducción sobre el uso adecuado de la energía eléctrica	Profesores del laboratorio	Incluir en la sesión informativa una sección sobre el uso adecuado de la energía eléctrica dentro del laboratorio
Buenas prácticas en la iluminación	Profesor del laboratorio	Encender la luz únicamente durante la realización de la práctica
		Verificar que las ventanas se mantengan limpias
		Verificar que las lámparas funcionen correctamente y se mantengan limpias
Buenas prácticas en el uso de equipo	Profesor del laboratorio	Encender los ventiladores y extractores únicamente en la realización de la práctica.
	Estudiante	Apagar y desconectar el siguiente equipo: balanzas, planchas, la campana de extracción al terminar su funcionamiento.
	Estudiante	No abrir constantemente e innecesariamente la puerta del refrigerador
Determinación del indicador ambiental del consumo de energía eléctrica	Profesor del laboratorio	Determinar el indicador ambiental del consumo de energía eléctrica con el procedimiento PALQ103.

Continuación de la tabla IX.

Monitoreo de la reducción del indicador del consumo de energía eléctrica	Profesor del laboratorio	Determinar el indicador ambiental del consumo de energía eléctrica al inicio del semestre, al finalizar la primera fase de prácticas, al iniciar la segunda fase de prácticas, y al terminar el semestre, registrar los datos en el plan de control y monitoreo PALQI-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
Acciones para la no conformidad	Profesor del laboratorio	Si el indicador calculado conlleva a una no conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.
Nombre de la unidad: laboratorio de química		Hoja No. <u>2</u> de <u>2</u>
PALQI03: Procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de energía eléctrica		
<p>Para medir el consumo de energía eléctrica, se debe realizar un inventario de todos los equipos que consumen energía eléctrica dentro del laboratorio, con sus respectivas especificaciones, luego se debe hacer un monitoreo en las secciones; para calcular el tiempo en que los equipos están encendidos por práctica, por último el consumo total se divide por el número de estudiantes atendidos por semestre.</p> $Potencia = \frac{V \times I}{1000}$ <p>En donde:            Potencia= Potencia del equipo (Kw)            V= Voltaje del Equipo (Volts)            I= Corriente (Amperio)</p> $KWh = V \times I \times T$ <p>En donde:            Kwh= Kilowatt por hora            V= Voltaje del Equipo (Volts)            I= Corriente (Amperio)            T= Tiempo en que el equipo está en funcionamiento (h)</p>		

Continuación de la tabla IX.

$IEE = \frac{KWh}{Estudiante * semestre} \quad (\text{Ecuación No. 3})$ <p>En donde:</p> <p>IEE= Indicador del consumo de energía eléctrica en el laboratorio</p> <p>KWh= Kilowatt hora</p> <p>Estudiante x semestre= Número de estudiantes atendidos por semestre.</p>
---

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Programa ambiental línea de acción papel**

LINEA DE ACCION: PAPEL		
Nombre de la unidad: laboratorio de química orgánica		Hoja No. <u>  1  </u> de <u>  3  </u>
<b>OBJETIVOS</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el consumo de papel en el laboratorio de Fisicoquímica</li> <li>• Formar hábitos en los profesores y estudiantes para el uso eficiente del papel.</li> <li>• Desarrollar un procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de papel.</li> </ul>		
• Monitorear el consumo de papel		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Inducción sobre el uso adecuado del papel	Profesor de Laboratorio	Indicar en la sesión informativa que los estudiantes deben utilizar el papel como lo indica la sección Detalles Físicos del Reporte página 6 del instructivo del Laboratorio.

Continuación de la tabla X.

Cumplir con las indicaciones que se detallan en la sección Detalles Físicos del Reporte, página 6 del instructivo de los Laboratorios Química Orgánica.	Estudiante	Utilizar de la forma más eficiente el papel, al realizar reportes de laboratorio, tareas e investigaciones
Verificar el cumplimiento de las indicaciones que se detallan en la sección Detalles Físicos del Reporte, página 6 del instructivo de los Laboratorios Química Orgánica.	Profesor de Laboratorio	Verificar que los estudiantes utilicen de la forma más eficiente el papel, al realizar reportes de laboratorio, tareas e investigaciones
Recolección y almacenado del papel	Profesor del Laboratorio	Guardar papel generado por los reportes, reportes, exámenes corto, exámenes de fase; así como las hojas utilizadas para control de asistencia, y hojas de calificaciones de los estudiantes
Determinación del indicador ambiental de papel	Profesor de Laboratorio	Determinar el indicador ambiental con el procedimiento PA-LQO-02 y registrar los datos en el plan de control y monitoreo PA-LQO-PM.
Monitoreo del indicador del consumo de papel	Profesor de Laboratorio	Verificar que el indicador ambiental lleve a una conformidad.
Acciones para la No Conformidad	Profesor de Laboratorio	Si el indicador ambiental conlleva a una NO conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.
Reciclaje de Papel	Profesor de Laboratorio	Realizar los procedimientos indicados por el centro de acopio de la Oficina Verde.

Continuación de la tabla X.

Linea de acción: papel	
Nombre de la unidad: laboratorio de química orgánica	Hoja No. <u>3</u> de <u>3</u>
PA-LQO-02 Procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de Papel:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pesarse las tareas, reportes, investigaciones y hojas utilizadas por el profesor para cada práctica de laboratorio al finalizar el semestre</li> <li>• Registrar la masa correspondiente de papel en Kg.</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dividir el resultado anterior en el número de estudiantes que inicio el curso de laboratorio</li> </ul>	
Fórmula para calcular el indicador del consumo de papel:	
$ICP = \frac{Kg}{estudiante \times semestre}$	
ICP = Indicador de consumo de papel en el laboratorio	
*Kg = kilogramos	
*1Kg= 221 Hojas Tamaño Carta de 80gr	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. Programa ambiental línea de acción desechos

Línea de acción: residuos y desechos		
Nombre de la Unidad: laboratorios de EIQ		Hoja No. 1 de 5
OBJETIVOS		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la generación de residuos químicos y desechos en el laboratorio.</li> <li>• Establecer los roles de los estudiantes y profesores en el tratamiento de los residuos químicos.</li> <li>• Almacenar y tratar adecuadamente los residuos químicos</li> <li>• Desarrollar un procedimiento para la obtención del indicador ambiental de residuos y desechos.</li> <li>• Monitorear la generación de residuos y desechos.</li> </ul>		
Actividad	Responsable	Tareas
Inducción sobre el uso adecuado de los reactivos y materiales del laboratorio	Profesores	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 de los laboratorios de química orgánica	Estudiante	Utilizar como máximo el valor establecido en los procedimientos para el uso de reactivos dentro de los laboratorios.
Verificar el cumplimiento del procedimiento establecido en cada práctica del manual del estudiante de los laboratorios de química orgánica	Profesor	Verificar que los estudiantes utilicen como máximo el valor establecido en los procedimientos para el uso de reactivos dentro del LQO.
Clasificación de los residuos químicos	Profesor	Verificar que los residuos químicos sean depositados en recipientes 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 PA-LQO-04-TA.

Continuación de la tabla XI.

Aceptación de donaciones de reactivos en los laboratorios de química orgánica	Coordinador de química	Verificar la necesidad de los reactivos donados y que estos no se encuentren vencidos, utilizar el formato PA-ESIQ-01-FDD, verificando que se cumplan los lineamientos de la Normativa de Aceptación de Donaciones de la Escuela de Ingeniería Química.
Manejo de residuos químicos producidos por trabajos de graduación de estudiantes dentro de las instalaciones del laboratorio.	Coordinador de química, tesista, asesor de trabajo de graduación	Seguir el procedimiento manejo de desechos generados por trabajos de graduación utilizando los formatos para etiquetado e identificación de desechos PAESIQ-003-FID y formato de solvencia de desechos PAESIQ-002-FSD.
Residuos químicos de la tabla: PA-LQO-04-TA		
Medición del pH de los residuos químicos	Estudiante	Medir el pH de los residuos químicos acumulados en la práctica por mesa de trabajo y establecer si es una solución ácida ( $\text{pH} < 6.5$ ) o básica ( $\text{pH} > 7.5$ ).
Residuos biológicos		
Clasificación de los residuos biológicos	Profesor de la sección del laboratorio	Verificar que los residuos biológicos sean depositados en los recipientes correctos y que estos estén debidamente identificados.
Tratamiento de los residuos biológicos	Profesor de la sección del laboratorio	Esterilizar los cultivos en agar en la autoclave a $121^{\circ}\text{C}$ durante 30 minutos antes de desecharlos.
Línea de acción: residuos y desechos		
Nombre de la Unidad: LABORATORIOS DE QUIMICA ORGANICA		Hoja No. <u>2</u> de <u>5</u>
Neutralización	Estudiante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preparar la solución de HCl o NaOH, de acuerdo a la concentración que se necesite, revisar si ya existen soluciones puedan ser reutilizadas.</li> <li>• Agregar HCl o NaOH dependiendo el caso hasta lograr un pH dentro del rango neutro (<math>6.5 \leq \text{pH} \leq 7.5</math>)</li> </ul>
Diluir	Estudiante	Diluir la solución y descargarla al desagüe.
Supervisar el tratamiento de los residuos químicos	Profesor	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 PALFQ04-TA.

Continuación de la tabla XI.

Residuos químicos de la tabla: PALFQ04-TB		
Disposición final de los residuos químicos que necesitan un tratamiento especial	Profesor	Almacenar los recipientes con los residuos químicos que necesitan un tratamiento especial revisar tabla PA-LQO-04-TB en un lugar designado por el coordinador del LQO para su posterior recolección por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales.
Recolección de los residuos químicos especiales	Coordinador del LQO/ personal biotrash	Recolección de los residuos químicos especiales por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales al finalizar cada semestre académico.
Desechos sólidos y líquidos		
Identificación de recipientes para desechos sólidos	Profesor del laboratorio	Asegurarse que los recipientes de desechos (papel, guantes, vidrio, y orgánicos) se encuentren debidamente identificados
Clasificación de los desechos	Estudiantes	Depositar los desechos en el recipiente respectivo (papel, vidrio, y orgánicos.)
Verificar la clasificación de los desechos	Profesor del laboratorio	Verificar que los estudiantes depositen los desechos en el recipiente respectivo.
Tratamiento de los portaobjetos y cubreobjetos	Profesor de la sección del laboratorio	Esterilizar los portaobjetos Y cubreobjetos usados en la autoclave a 121°C durante 15 minutos, luego limpiarlos para poder desecharlos.
Recolección de los guantes de látex	Profesor de la sección del laboratorio/ personal de biotrash	Recolección de los guantes de látex, por parte de la empresa biotrash; al finalizar cada semestre académico.

Continuación de la tabla XI.

Disposición de los desechos y residuos biológicos	Practicante de la oficina verde	Verificar que la disposición final de los desechos del laboratorio sea en los recipientes respectivos.
Línea de acción: residuos y desechos		
Nombre de la unidad: laboratorios de Química Orgánica		Hoja No. 3 de 5
Disposición de los desechos	Practicante de la oficina verde	Verificar que la disposición final de los desechos del laboratorio sea en los recipientes respectivos.
Indicador de residuos químicos, desechos sólidos y desechos líquidos		
Determinación del indicador ambiental de la generación de residuos y desechos	Profesor	Determinar el indicador ambiental de la generación de residuos y desechos con el procedimiento PA-LQO-04.
Monitoreo de la reducción del indicador ambiental de la generación de residuos y desechos	Profesor	Determinar el indicador ambiental de la generación de residuos y desechos al finalizar las fases de las prácticas, registrar los datos en el plan de control y monitoreo y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
Acciones para la no conformidad	Profesor	Si el indicador calculado conlleva a una NO conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla XI.

PALFQ04: Procedimiento para la obtención del indicador ambiental de la generación de residuos y desechos
Líquidos:
<ul style="list-style-type: none"><li>• Anotar el volumen de residuos químicos líquidos que son tratados y desechados en el laboratorio por práctica.</li><li>• Anotar el volumen de los residuos químicos líquidos que son almacenados en la bodega por práctica</li><li>• sumar el volumen obtenido en los incisos anteriores y transformar esta cantidad en litros (L)</li><li>• Dividir el resultado del inciso anterior dentro del número de estudiantes</li></ul>
Fórmula para calcular el indicador de la generación de residuos químicos líquidos y Desechos Líquidos.
$IRQL = \frac{L}{\text{Estudiante } \times \text{Semestre}}$ <p>En donde: IRQL= Indicador de Residuos Químicos/Desechos Líquidos L=Litros de desecho o residuo liquido(biológico o químico)</p>
Sólidos:
<ul style="list-style-type: none"><li>• Anotar el peso de residuos químicos sólidos que son tratados y desechados en el laboratorio por práctica.</li><li>• Anotar el peso de los residuos químicos sólidos que son almacenados en la bodega por práctica</li><li>• Sumar el peso obtenido en los incisos anteriores y transformar esta cantidad en kilogramos (Kg).</li></ul>

Continuación de la tabla XI.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dividir el resultado del inciso anterior dentro del número de estudiantes.</li> </ul>
Fórmula para calcular el indicador de la generación de residuos químicos y Desechos Sólidos:
$IRQS = \frac{Kg}{\text{estudiante} \times \text{semestre}}$
<p>IRQS = Indicador de residuos químicos/Desechos sólidos            Kg= Kilogramos de desecho o residuo liquido(biológico o químico)</p>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Programa ambiental línea de acción factores ambientales**

Factores ambientales		
Nombre de la Unidad: laboratorio de Química Orgánica		Hoja No._1_de_2
Objetivos		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la temperatura y el porcentaje de humedad relativa en el laboratorio</li> <li>• Mantener el rango de calidad del aire, nivel de ruido y nivel de iluminación.</li> <li>• Desarrollar procedimientos para la obtención de factores ambientales.</li> <li>• Verificar el cumplimiento de los factores ambientales según normas internacionales después de implementado el Programa Ambiental</li> </ul>		
Actividad	Responsable	Tareas
Utilización de ventiladores y extractores	Profesor del laboratorio	Verificar que estén en funcionamiento los ventiladores y extractores del laboratorio desde el inicio hasta el final de la práctica.

Continuación de la tabla XII.

Determinación del factor ambiental	Estudiante-practicante designado por la oficina verde	Determinar el factor ambiental con el procedimiento PA-LQO-05, registrar los datos en el plan de control y monitoreo PA-LQO-PM.
Monitoreo del factor ambiental	Estudiante-practicante designado por la oficina verde	Verificar que el factor ambiental este dentro del rango adecuado según las normas indicadas en el procedimiento PA-LQO-05. Entregar el plan de control y monitoreo al profesor del laboratorio.
Factores ambientales		
Nombre de la unidad: Laboratorios de Química Orgánica		Hoja No.: <u>  2  </u> de <u>  2  </u>
Procedimiento PALQ105		
Temperatura y %Humedad Relativa		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar el higrómetro Datalogger USB - WK057 al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia</li> <li>• Colocar el equipo en seis puntos diferentes dentro del laboratorio</li> <li>• Registrar la hora de inicio de la medición</li> <li>• Por cada punto donde se colocó el equipo darle un tiempo de 5min. aproximadamente</li> <li>• Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia indicándole al técnico el horario en que se utilizó el equipo.</li> <li>• Leer las gráficas asociadas a las horas o al tiempo de medición en función de la temperatura y la humedad relativa</li> <li>• Comparar los datos obtenidos con las normas internacionales</li> </ul>		
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		
Nivel de Ruido		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar el decibelímetro, SPER Scientific 840013 al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia</li> <li>• Hacer la medición en seis puntos diferentes dentro del laboratorio y anotar los valores.</li> <li>• Registrar la hora de inicio de la medición</li> <li>• Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia</li> <li>• Comparar los datos obtenidos con las normas internacionales</li> </ul>		

Continuación de la tabla XII.

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.	
Nivel de Iluminación	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar el luxómetro SPER Scientific 84006 al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia</li> <li>• Hacer la medición en seis puntos diferentes dentro del laboratorio y registrar los valores.</li> <li>• Registrar la hora de inicio de la medición</li> <li>• Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia</li> <li>• Comparar los datos obtenidos con las normas internacionales</li> </ul>	
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	
Factores ambientales	
Nombre de la unidad: Laboratorios de Química Orgánica	Hoja No.: _3_de_3_
Calidad del aire	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar Medidor de Calidad de Aire, EVM SERIES</li> <li>• Solicitar el Medidor de Calidad de Aire, EVM SERIES al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia</li> <li>• Colocar el equipo en dos puntos diferentes dentro del laboratorio</li> <li>• Registrar la hora de inicio de la medición</li> <li>• Por cada punto donde se colocó el equipo darle un tiempo de 45min.</li> <li>• Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia indicándole al técnico el horario en que se utilizó el equipo.</li> <li>• Leer los valores asociadas a las horas o al tiempo de medición en función de PM10, CO (ppm), CO2 (ppm) y DFI</li> <li>• Comparar los datos obtenidos con las normas internacionales</li> </ul>	
Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1193, PM10, aceptable $\leq 120$ microgramos/m <sup>3</sup> ; 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 XIII. Línea de acción agua

EIQ-PA-PM: Plan de Control y Monitoreo						
Línea de Acción: Agua						
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Acciones para superar la no conformidad
Reducir en un 5% el consumo de agua al finalizar el segundo semestre del 2012				si	no	
				si	no	
				si	no	
				si	no	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Línea de acción papel

EIQ-PA-PM: Plan de Control y Monitoreo						
Línea de Acción: Papel						
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Acciones para superar la no conformidad
Reducir en un 5% el consumo de papel al finalizar el segundo semestre del 2012				si	no	
				si	no	
				si	no	
				si	no	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Línea de acción energía eléctrica**

EIQ-PA-PM: Plan de Control y Monitoreo						
Línea de Acción: Energía Eléctrica						
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Acciones para superar la no conformidad
Reducir en un 5% el consumo de energía eléctrica al finalizar el segundo semestre del 2012				si	no	
				si	no	
				si	no	
				si	no	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Línea de acción desechos sólidos y líquidos**

EIQ-PA-PM: Plan de Control y Monitoreo						
Línea de Acción: Desechos Sólidos y Líquidos						
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Acciones para superar la no conformidad
Reducir en un 5% la generación de desechos sólidos y líquidos al finalizar el segundo semestre del 2012				si	no	
				si	no	
				si	no	
				si	no	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Porcentaje de humedad relativa**

EIQ-PA-PM: Plan de Control y Monitoreo							
Factores Ambientales							
%Humedad relativa							
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Observaciones	Acciones para superar la no conformidad
Norma ANSI/ASHRAE 62.12004 establece que el rango estándar de valores del parámetro de Humedad Relativa recomendado para recintos cerrados, se debe encontrar entre 30% a 65%				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Temperatura**

EIQ-PA-PM: Plan de Control y Monitoreo							
Factores Ambientales							
Temperatura							
Meta	Indicador	Fecha	Responsable	Conformidad		Observaciones	Acciones para superar la no conformidad
La Norma ASHRAE 1991 establece que la temperatura de confort para recintos cerrados debe estar entre 20°C a 24°C				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		

Fuente: elaboración propia.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La investigación realizada ha permitido evaluar indicadores de mejora ambiental , realizar planes de acción y mejor, elaborar de planes de control y monitoreo para obtener programas ambientales en las líneas de acción de agua, energía, residuos sólidos y líquidos, papel y factores ambientales.

En la evaluación de potenciales de mejora para la línea de acción de agua se puede observar que el Laboratorio de Química Orgánica II tiene el mayor consumo con un indicador de 32 litros por estudiante al semestre, y el consumo menor lo tiene el Laboratorio de de Análisis Instrumental con 3.17 litros por estudiante al semestre, esto se debe a que en el laboratorio de Química Orgánica cuenta con una mayor cantidad de estudiantes ya que realiza prácticas con sistemas de refrigeración por recirculación de agua.

En la línea de acción papel se puede observar que el laboratorio de Bioquímica tiene el consumo mayor indicador de 0.32 kg por estudiante por semestre y el menor lo tiene Análisis Instrumental con 0.016 kg por estudiante por semestre, esto se debe a que los reportes elaborados en el laboratorio de Bioquímica tienen mas secciones y cuenta con una mayor población que en laboratorio de instrumental; solo se utiliza papel para los cortos ya que han migrado a reportes e investigaciones en formato digital por albergar una cantidad menor de estudiantes, siendo 17 estudiantes la mayor cantidad que ha tenido este laboratorio.

En la línea de acción energía se muestra que el consumo de energía eléctrica mayor lo tiene el laboratorio de Química Orgánica II con 3.42 kwh por estudiante por semestre y el menor el laboratorio de análisis instrumental con 1.87 kwh por estudiante.

Se puede observar que el laboratorio de Química Orgánica I genera la mayor cantidad de de residuos quimicos liquidos con 1.28 litros por estudiante al semestre y el que genera la mayor cantidad de residuos químicos sólidos es el laboratorio de química orgánica II con 0.498 kg por estudiante al semestre.

El laboratorio que genera la mayor cantidad de desechos líquidos es el laboratorio de Bioquímica con 0.08 litros por estudiante al semestre y el laboratorio que genera la mayor cantidad de desechos sólidos es el de química orgánica II con 1.04 kg por estudiante al semestre. Esto se debe a que existe una mayor cantidad de estudiantes en los laboratorios de Química Orgánica I y Química Orgánica II.

En la tabla XII de factores ambientales ergonómicos los valores de iluminación y ruido son aceptables se puede observar que los puntos se encuentran dentro de el límite. Para los valores de temperatura no cumple según la Norma ASHRAE 1991 establece que la temperatura de confort para recintos cerrados debe estar entre 20°C a 24°C .

La humedad no cumple según la 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% .

En la sección de plan de acción y mejora se muestra una evaluación de las medidas orientadas a la mejora de los procedimientos de trabajo, en base a

criterios económicos ambientales técnicos y organizacionales, mostrando las cinco líneas de acción con sus indicadores ambientales, mostrando las propuestas de mejora con sus respectivas metas y las tareas pertinentes para alcanzarlas indicando los responsables de llevarlas a cabo y darles seguimiento.

En algunas propuestas los recursos necesarios requieren de un financiamiento el cual se indica en esta sección. Para la línea de acción de agua es necesaria la instalación de un contador de agua para llevar un control mas preciso de el indicador ambiental.

En la línea de acción papel reglamentar el uso de ambas caras de la hoja en la elaboración de investigaciones y reportes de laboratorio para minimizar el consumo de papel. Para la línea de acción de residuos químicos y desechos darle tratamiento con una empresa externa a los residuos especiales no tratables dentro de el laboratorio. Y la instalación de rótulos de concientización sobre las cuatro líneas de acción.

Se presenta el programa ambiental para los laboratorios distribuido en las cuatro líneas de acción y uno especifico para factores ambientales en el cual se muestran objetivos para cada eje, actividades a realizar con la mejora continua ambiental especificando al responsable de llevar a cabo las mismas con sus tareas correspondientes.

Se puede observar una descripción de cómo obtener cada indicador ambiental, ya que se le dará seguimiento semestral a la obtención de estos para llevar un control del cumplimiento del programa ambiental.

En éste se puede observar un formato que describe las metas para cada línea de acción y factores ambientales de temperatura y humedad . Se tiene como meta la reducción de un 5 % de consumo de agua, papel y generación de de desechos, mantener el indicador energético actual. Para la humedad y la temperatura cumplir con la Norma ASHRAE 1991. La humedad no cumple según la norma ANSI/ASHRAE 62.12004 debido que fueron los únicos dos factores que no cumplieron.

## CONCLUSIONES

1. En el laboratorio no existe un contador de agua que facilite el monitoreo del consumo de agua.
2. Se determinó que un 15% de los residuos químicos generados por los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Química necesitan ser tratados, con una empresa autorizada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales para su posterior disposición; el resto pueden ser tratados por estudiantes y profesores.
3. Los programas ambientales como eje transversal estarán formando a los estudiantes de Ingeniería Química a ser conscientes en el uso de agua, papel, energía eléctrica, residuos y desechos.
4. Se creó un plan de acción para la implementación de los programas ambientales dentro de los laboratorios, como parte del proceso de reforma curricular que será aprobado por Junta Directiva.
5. Se desarrolló un plan de control y monitoreo para que asegure la mejora continua en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Química y el compromiso de todos los involucrados.
6. Los factores evaluados en esta investigación no cumplen con la norma ANSI/ASHRAE 62.12004, siendo esto una no conformidad en las otras normas al momento de querer ser certificado.

7. Se presenta el programa ambiental para los laboratorios distribuido en las cuatro líneas de acción y uno específico para factores ambientales.

## RECOMENDACIONES

1. Determinar indicadores a mitad de semestre para evaluar eficientemente el desempeño de los programas ambientales y contribuir a la mejora continua.
2. Elaborar prácticas alternativas para reemplazar a las que actualmente utilizan metales pesados y generan residuos y desechos químicos especiales.
3. Implementar un procedimiento para el tratamiento de desechos generados por estudiantes que realizan su trabajo de graduación para evitar acumulación desechos y residuos no identificables, se puede utilizar el procedimiento en este trabajo.
4. Corregir los factores evaluados en esta investigación para tener conformidad con la Norma ANSI/ASHRAE 62.12004.
5. Implementar el uso de indicadores para la mejora en el laboratorio.



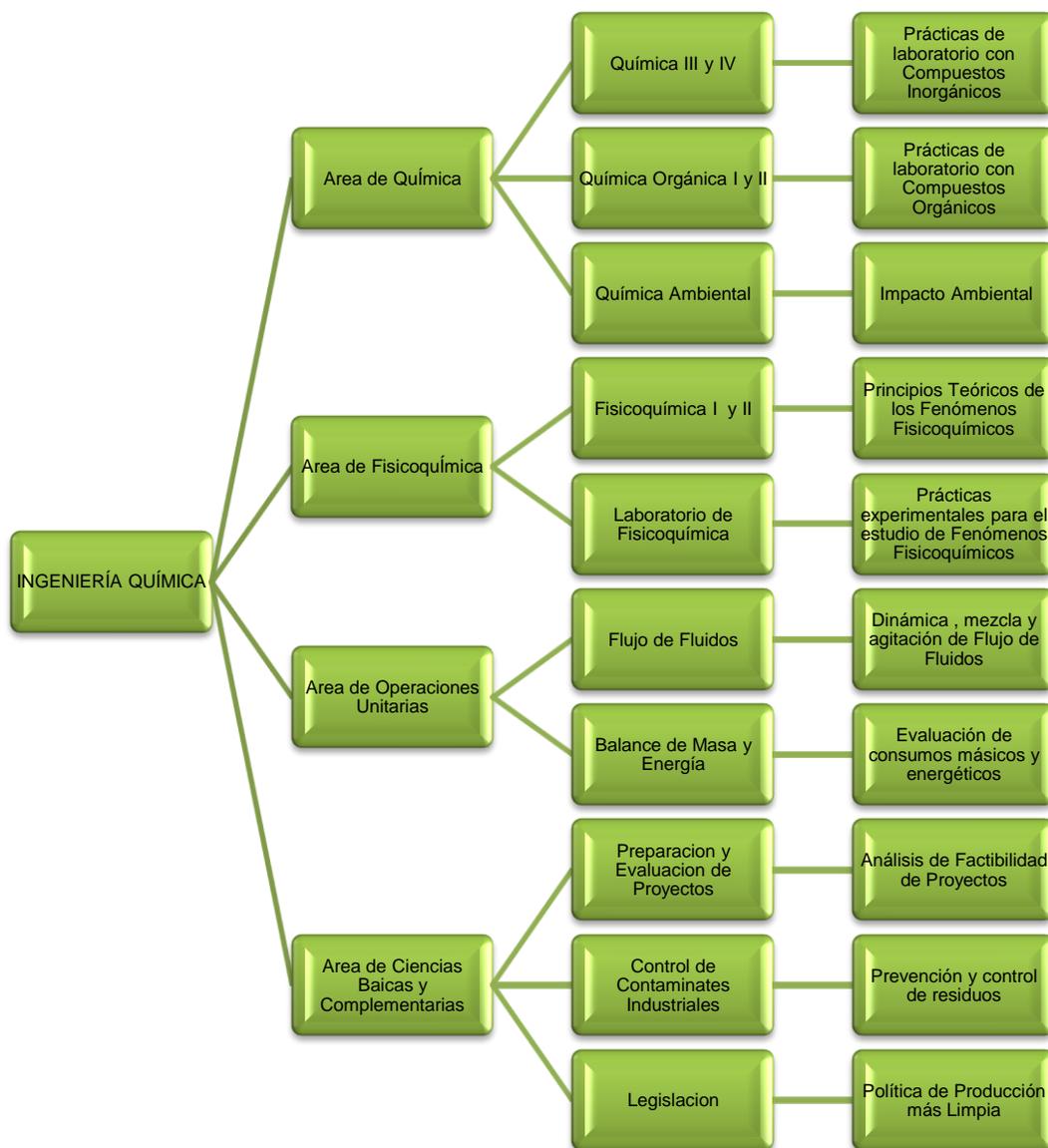
## BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ MEJÍA, Williams G. Facultad de Ingeniería Química, Universidad de San Carlos de Guatemala. *La Cooperación Ambiental de los Estados Unidos hacia Centroamérica*. p. 5.
2. BARRIENTOS, Claudia María. *Estudio para la implementación de buenas prácticas de operación en el Ingenio La Unión, como alternativa a un programa de Producción más Limpia*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2006. 53 p.
3. HENS, Luc; WIEDEMANN, Torsten; RAATH, Schalk; STONE, Riana; RENDERS, Paul; CRAENHALS, Eric. *Performance of newly implemented Environmental Management Systems in primary schools in South Africa*. *Journal of Environmental Management*. November 19, 2010, vol. 92, Issue 4, 906-917 p.
4. HOOFF, Bart van; MONROY, Nestor; SAER, Alex. *Producción más Limpia: paradigma de gestión ambiental*. Universidad de los Andes, Facultad de Administración, Colombia: Alfaomega Colombia, 2009. 280 p. ISBN: 9789586827249.

5. Guatemala. Política Nacional de Producción Limpia. Acuerdo Gubernativo 258-2010. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2010. 50 p.

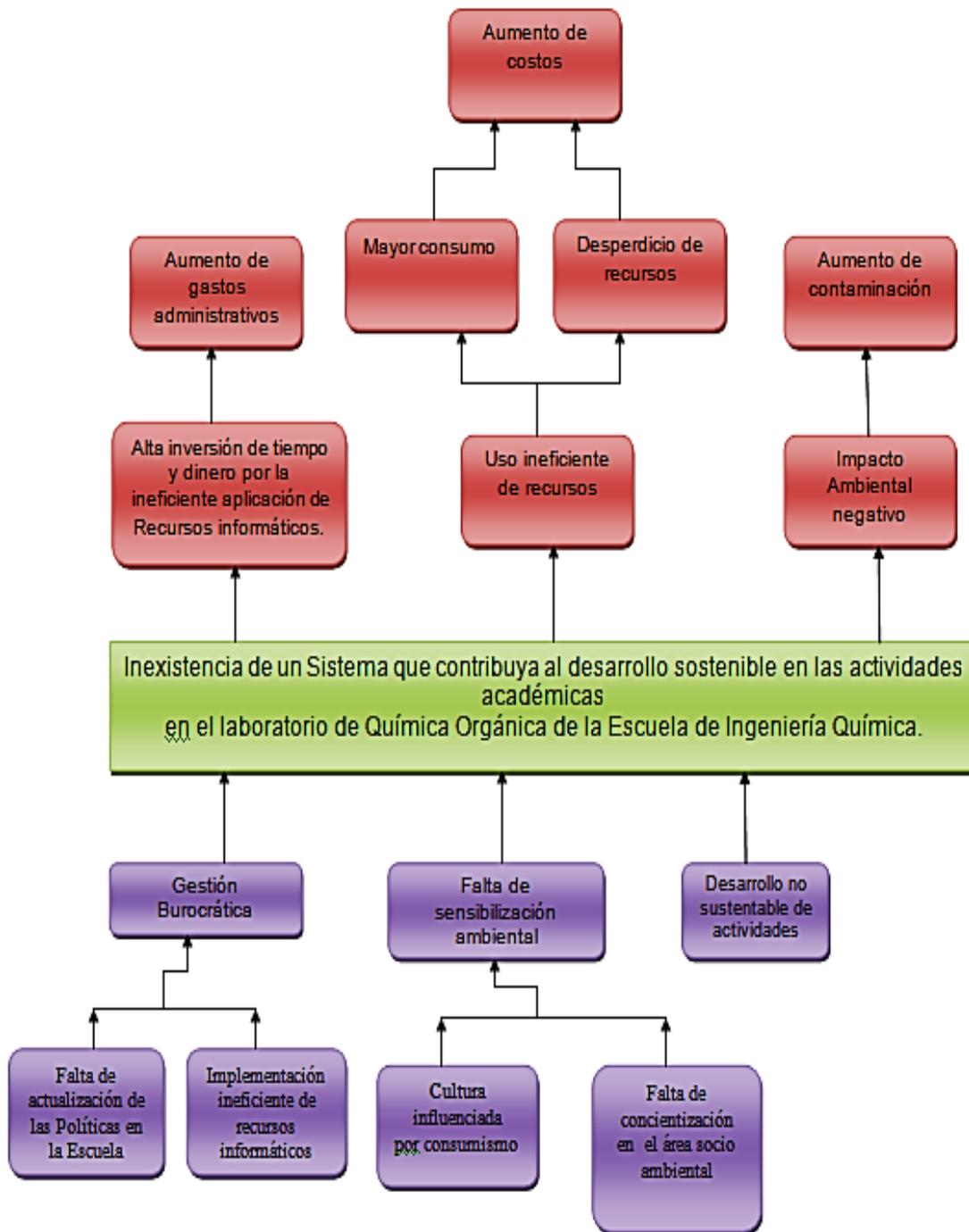
# APÉNDICES

Apéndice 1. **Tabla de requisitos académicos**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa o árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

## ANEXOS

### Anexo 1.

Normativo para la aceptación de donaciones. Programa ambiental ESIQ  
(Propiedad de ESIQ)

- Declaración del propósito de la normativa para la aceptación de donaciones. La finalidad de la normativa para la aceptación de donaciones a la Escuela de Ingeniería Química (ESIQ) consiste en regular la aceptación de donaciones y ofrecer orientación a Coordinadores, Profesores, estudiantes y donantes en la realización de donaciones. La aceptación de todas las donaciones se considerará de conformidad con las normas establecidas en el presente documento.
- El alcance de esta normativa está limitado por la aceptación o no aceptación de las donaciones propuestas, y no tiene como finalidad la disposición de activos de propiedad de la Escuela ni el reconocimiento a los donantes.
- La persona que recibe la donación deberá presentar un reporte donde se indique el uso que se le va a dar a el equipo aceptado evidenciando su necesidad o punto de mejora pedagógica. El cual se lo presentará al Coordinador de área de la unidad donde se realizará la donación, éste decidirá si se acepta o no la donación. Si la donación es aceptada se llenará el Formato PAESIQ-001-FDD.

- Definición de donación. Se define como donación la transferencia voluntaria de activos a la Escuela por parte de una persona o una organización. Las donaciones pueden ser equipo de laboratorio, reactivos de laboratorio, material pedagógico o bienes personales. La escuela podrá aceptar o rechazar cualquier donación. Se indican a continuación las características que definen una donación:
  - Toda donación deberá efectuarse con intenciones filantrópicas.
  - La donación es una transferencia irrevocable de activos.
  - En general, las donaciones no están sujetas a un intercambio de consideraciones u otras obligaciones contractuales entre la Escuela y el donante.
  - No se le suministrarán al donante documentos contables formales; sin embargo, corresponde y es conveniente suministrarle un informe general sobre el destino y repercusión de su donación.
  - Una donación no se considerará ejecutada hasta haber sido aceptada por la Escuela.
- Tipos de donaciones aceptables
  - Equipo de laboratorio
  - Reactivos de laboratorio. quienes deseen donar reactivos a los laboratorios de la escuela deberán presentar su propuesta de donación por escrito. La propuesta incluirá la descripción los

reactivos que se propone donar, constancia de su propiedad, la fecha de adquisición y su respectiva fecha de vencimiento.

- La persona que recibe la donación deberá presentar un reporte donde se indique el uso que se le va a dar a los reactivos aceptados evidenciando su necesidad y explicando detalladamente en que prácticas de laboratorio lo va a utilizar o fin que les va a dar a los reactivos. El cual se lo presentara al Coordinador de Área de la unidad donde se realizará la donación, , éste decidirá si se acepta o no. Si la donación es aceptada se llenará el Formato PAESIQ-001-FDD.
- Material Pedagógico. comprende toda aquella donación de material didáctico que reúne medios y recursos que facilitan la enseñanza y el aprendizaje. Se debe evaluar que estas donaciones puedan utilizarse dentro del ambiente educativo para facilitar la adquisición de conceptos, habilidades, actitudes y destrezas. Cabe destacar que no sólo los libros pueden constituir un material didáctico: las películas, los discos, los programas de computación también pueden serlo.
- Objetos de propiedad personal. son donaciones complicadas y pueden acarrear riesgos y gastos adicionales tanto al donante como a la Escuela. La donación puede ser de tipo tecnológico, mobiliario y equipo, libros, cristalería, material de apoyo. Si la donación es aceptada se llenara el Formato PAESIQ-001-FDD.
- Comité para la aceptación de donación. Éste será variable para cada donación realizada dependiendo de el área a la que se realice la

donación y la persona que recibe la donación, la cual será la encargada de darle seguimiento a la donación. Estará conformado por tres personas

:

- Persona que recibe la donación (estudiante, profesor o tesista)
  - Coordinador(a) de Área en la que se realizará la donación
    - ✓ Coordinador de Área de Fisicoquímica
    - ✓ Coordinador de Área de Química
    - ✓ Coordinador de Área de Operaciones Unitarias
    - ✓ Coordinador de Área Complementaria
  - Director(a) de Escuela de Ingeniería Química
- Procedimiento para la aceptación de la donación. El del Comité de Aceptación de donaciones tendrá como finalidad evaluar si es viable y necesario el ingreso de la donación a la Escuela de Ingeniería Química. Además no representará un gasto o peligro a la escuela.
  - La persona que recibe la donación será el contacto entre el donante y ESIQ. Éste será el encargado de evidenciar en un informe las fortalezas y áreas de oportunidad de mejora que representara la donación. El cual le presentará al Coordinador de el Área donde se desea realizar la donación.
  - El Coordinador(a) de Área en la que se realizará la donación se encargará de evaluar si la donación es necesaria dentro de su área y decidirá si se acepta o no.

- El Director(a) de Escuela de Ingeniería Química dará su visto bueno a la aceptación de la donación en el formato PAESIQ-001-FDD con su sello y firma, documentando el formato original y proporcionándole una copia al resto del Comité y al donante.
- Fecha de puesta en vigencia de las normas. Las Normas para la aceptación de donaciones se adoptaron el \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de 2012 y entraron en vigencia en dicha fecha siendo autorizadas por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería de La Universidad de San Carlos de Guatemala. Todos los convenios de donaciones se deberán regir por las Normas para la aceptación de donaciones en vigencia a la fecha en que sea aceptada la donación original.

FORMATO DECLARACION DE DONACIONES (PAESIQ-001-FDD)		Hoja No._1_de_1
Nombre de la unidad a la que realiza la donación:		
Area de la unidad a la que se realiza la donacion:		
Nombre del coordinador del area de la unidad a la que se realiza la donacion:		
Firma delcoordinador de la unidad a la que se realiza la donacion 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:		
Nombren 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: manual de la Escuela de Ingeniería Química.

## **Anexo 2.**

Procedimiento para de manejo de desechos generados en laboratorios de ESIQ por trabajos de graduación programa ambiental ESIQ (Propiedad de ESIQ)

- Propósito del Procedimiento para manejo de desechos. Éste procedimiento tiene como finalidad que cada estudiante que realiza su trabajo de graduación dentro de las instalaciones de los Laboratorios de la Escuela de Ingeniería Química, le de la disposición y tratamiento adecuado a los desechos generados dentro del mismo.
  
- Procedimiento para el manejo de desechos generados por trabajos de graduación:
  - El estudiante realizará un reporte en el cual especificará de manera detallada los desechos y las cantidades que generará su trabajo de graduación.
  
  - El estudiante presentará el informe a su asesor de Trabajo de Graduación el cual se encargará de dar fe que efectivamente esos son los desechos que generará su trabajo de graduación.
  
  - El asesor de trabajo de graduación emitirá una carta donde indique que está enterado y se hace responsable de los desechos que generará el estudiante solicitándole el uso de las instalaciones de laboratorio a el coordinador de el Área (Fisicoquímica, Química, Operaciones Unitarias,

Complementarias) en la que se va a hacer uso de las instalaciones del laboratorio adjuntando el informe entregado por el estudiante.

- El Coordinador del Área firmara y sellara de enterado el Formato PAESIQ-002-FSD.
- El estudiante podrá trabajar dentro de las instalaciones de el Laboratorio.
- El estudiante durante la realización de su parte experimental dispondrá sus desechos en recipientes etiquedados utilizando el formato para etiquetado e identificación de desechos PAESIQ-003-FID :
  - ✓ 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 a 2%.
  - ✓ Grupo II: Disolventes no halogenados. Se clasifican aquí los líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres,

glicoles, hidrocarburos alifáticos, 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. Éste 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. Soluciones acuosas inorgánicas. Soluciones acuosas orgánicas o de alta DQO. Mezclas agua/disolvente: eluyentes de cromatografía, 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. Éste grupo corresponde a los aceites minerales derivados de muestras analizadas, operaciones de mantenimiento, etc... 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 éste 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).
  
- ✓ Grupo VII: Especiales. A éste 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.
  
- El estudiante imprimirá el formato PAESIQ-003-FID para etiquetado e identificación de desechos en los colores siguientes según el grupo en que los clasificó.
  - ✓ 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.
- Los desechos que generó dentro de las instalaciones los dispondrá con una empresa externa.
  - La empresa dará una constancia indicando la cantidad de desechos generados y tratados, estas cantidades deberán coincidir con las estimadas en el informe que se presentó en un inicio al coordinador del Área.
  - El estudiante presentará su constancia al asesor el cual firmará el Formato PAESIQ-002-FSD.
  - El estudiante presentará el formato PAESIQ-002-FSD, el Coordinador del Área firmará , sellará y aprobará la solvencia.

Formato de etiquetado e identificación de desechos (PAESIQ-003-FID)	
Hoja No. _1_ de _1_	
Nombre del Estudiante:	
Nombre del de Trabajo de Graduación	
Nombre del Asesor de Trabajo de Graduación	
Grupo de Clasificación de desecho	
Cantidad de Desecho	

Fuente: manual de la Escuela de Ingeniería Química

FORMATO DE SOLVENCIA DE DESECHOS (PAESIQ-002-FSD)	Hoja No. 1 de 1
Nombre del laboratorio en el que realiza su trabajo de graduacion:	
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 Area	
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:	
Numero de Carnet:	
Firma del Estudiante:	
Nombre del Trabajo de Graduacion :	
Desechos que genero:	
Nombre de la empresa que trato sus desechos :	
Fecha que Inicio a utilizar instalaciones:	
Fecha que finalizó 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 de Área	

Fuente: manual de la Escuela de Ingeniería Química