



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

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

**Astrid Georgina Carrera Monterroso**

Asesorado por la Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña  
y M. Sc. Teresa Lisely De León Arana

Guatemala, julio de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ASTRID GEORGINA CARRERA MONTERROSO**

ASESORADO POR LA DRA. CASTA PETRONA ZECEÑA ZECEÑA  
Y M. SC. TERESA LISELY DE LEÓN ARANA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, JULIO DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl De León De Paz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Wong Davi
EXAMINADORA	Inga. Dinna Lisete Estrada Moreira
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  
INGENIERÍA QUÍMICA 1 Y 2, DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA  
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 26 de abril de 2011.



Astrid Georgina Carrera Monterroso



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

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

Guatemala, 16 de marzo de 2012

Ingeniero  
Williams Guillermo Álvarez Mejía  
Director  
Escuela Ingeniería Química

Estimado Ing. Álvarez:

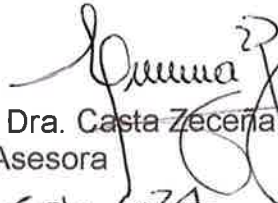
Le saludamos, esperando que sus actividades se lleven a cabo con éxito. El motivo de la presente es para informarle que, en nuestra calidad de asesoras hemos revisado el Informe Final de la estudiante de Ingeniería Química, Astrid Georgina Carrera Monterroso, carnet 200418364 titulado, "Desarrollo de un programa ambiental en los laboratorios de Ingeniería Química 1 y 2, de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

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

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

  
Inga Liselvy  
Asesora  
col. 310



  
Dra. Casta Zecena  
Asesora  
col. 624



FORMANDO INGENIEROS QUÍMICOS EN GUATEMALA Desde 1939



Agencia Centroamericana de Acreditación de  
Programas de Arquitectura y de Ingeniería



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

Guatemala, 29 de mayo de 2012  
Ref. EI.Q.TG-IF.027.2012

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

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-286-2011-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Solicitado por la estudiante universitaria: **Astrid Georgina Carrera Monterroso**

Identificada con número de carné: **2004-18364**

Previo a optar al título de INGENIERA QUÍMICA.

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


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

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por las Ingenieras:

**Lisely de León Arana y Casta Zeceña Zeceña**

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

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

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



ESCUELA DE  
INGENIERIA QUIMICA

C.c.: archivo

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





El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **ASTRID GEORGINA CARRERA MONTERROSO** titulado: "**DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA QUÍMICA 1 Y 2, DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**". Procedé a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.



Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, Julio de 2012

Cc: Archivo  
VMMV/ale



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado **DESARROLLO DE UN PROGRAMA AMBIENTAL EN LOS LABORATORIOS DE INGENIERÍA QUÍMICA 1 Y 2, DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CALOS DE GUATEMALA**, presentado por la estudiante universitaria **Astrid Georgina Carrera Monterroso**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, julio de 2012

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **Dios**

Por tener la dicha de conocerlo a Él que es fiel y verdadero a mi vida, a quien entrego toda gloria y honra por siempre y para siempre.

### **Mis padres**

Edgar Carrera Díaz Y Georgina Monterroso de Carrera por amarme, protegerme y enseñarme el camino de salvación, que sin ustedes no sería posible este paso más en mi vida.

### **Mis hermanos**

Edgar Daniel, Jaqueline Amelia y Shirley Carolina por ser mis compañeros y mejores amigos en esta vida, siempre los aprecio y dedico esto a ustedes.

### **Mi familia**

Por ser especiales para mí y apoyarme siempre.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por darme las fuerzas y acompañarme en estos años, pues todo lo que tengo lo debo a él.
<b>Mis padres</b>	Por apoyarme en los momentos más difíciles y por enseñarme con su ejemplo el camino en que debo seguir.
<b>Mis hermanos</b>	Porque cuento siempre con ustedes, gracias por todo lo que son para mí.
<b>Mis asesoras</b>	Ingas. Lisely De León Arana y Casta Petrona Zeceña Zeceña por sus instrucciones y constante dedicación a este proyecto.
<b>Personal del Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia</b>	Ing. Luis Muñoz, Ing. Andrés Chicol, María Fernanda Barrera, Ing. Luis Álvarez por el apoyo a este proyecto.
<b>Profesores y auxiliares del Laboratorio</b>	A cada profesor y auxiliar del Laboratorio de Operaciones Unitarias por su apoyo y colaboración al proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Agenda 21	1
1.2. Desarrollo sostenible	1
1.2.1. Declaración de Johannesburgo sobre el desarrollo sostenible	2
1.2.2. Proclamación de la década de las Naciones Unidas de la educación para el desarrollo sostenible.	2
1.3. Producción más Limpia y Sistemas de Gestión Ambiental	2
1.3.1. Sistemas de Gestión Ambiental	3
1.3.2. Producción más Limpia	3
1.4. Programa mundial de Producción más Limpia de la ONUDI	4
1.5. Producción más Limpia en Guatemala y el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia	4
1.6. Política Nacional de Producción más Limpia	5
1.7. Cooperación del Programa ELE en el proyecto piloto de Sistema de Gestión Ambiental en el Laboratorio de Físicoquímica de la Universidad de San Carlos	5

1.8.	Acuerdo de Cooperación Universidad de San Carlos – Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia	6
2.	MARCO TEÓRICO	7
2.1.	Sistema de gestión ambiental	7
2.2.	Producción más Limpia	8
2.3.	Indicadores ambientales	10
2.4.	Buenas prácticas ambientales en el laboratorio	12
2.4.1.	Buenas prácticas en la utilización de los recursos	12
3.	INFORMACIÓN GENERAL DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS	29
3.1.	Definiciones y principios	29
3.2.	Operaciones unitarias	30
3.3.	El Laboratorio de Operaciones Unitarias	31
4.	DISEÑO METODOLÓGICO	33
4.1.	Variables	33
4.1.1.	Variables independientes	33
4.1.2.	Variable dependiente	34
4.2.	Delimitación del campo de estudio	34
4.3.	Recursos humanos disponibles	34
4.4.	Recursos materiales disponibles	35
4.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa	36
4.6.	Recolección y ordenamiento de la información	37
4.7.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	38
4.7.1.	Actividades realizadas para el procesamiento de la información	40
4.8.	Análisis estadístico	40

5.	RESULTADOS	41
5.1.	Evaluación del potencial de mejora	41
5.1.1.	Diagnóstico en las líneas de acción	48
5.2.	Evaluación de las medidas orientadas a la mejora ambiental	52
5.3.	Plan de acción para la implementación del Programa Ambiental	54
5.4.	Plan de control y monitoreo del Programa Ambiental	71
6.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	75
	CONCLUSIONES	83
	RECOMENDACIONES	85
	BIBLIOGRAFÍA	87
	APÉNDICE	89



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Identificación de residuos peligrosos	19
2.	Diagrama de ordenamiento de la información	37
3.	Diagrama de obtención del programa ambiental	38
4.	Nivel de iluminación en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	41
5.	Nivel de temperatura en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	42
6.	Nivel de porcentaje de humedad relativa en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	43
7.	Nivel de ruido en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	44
8.	Calidad del aire en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	45
9.	Análisis de gases de chimenea en la caldera del Laboratorio de Operaciones Unitarias	46
10.	Termografía en la caldera del Laboratorio de Operaciones Unitarias	47

### TABLAS

I.	Variables independientes	33
II.	Consumo de agua en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	48
III.	Consumo de papel en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	49
IV.	Consumo de energía eléctrica en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	50

V.	Desechos y residuos químicos en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	51
VI.	Plan de mejora y acción ambiental en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	52
VII.	Programa ambiental del consumo de agua en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	55
VIII.	Programa ambiental del consumo de papel en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	58
IX.	Programa ambiental del consumo de energía eléctrica en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	61
X.	Programa ambiental de residuos y desechos en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	64
XI.	Programa ambiental de factores ambientales en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	68
XII.	Plan de control y monitoreo	71



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>dB</b>	Decibeles
<b>DFI</b>	Detector de fotoionización
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>kg</b>	Kilogramos
<b>kWh</b>	Kilowatt hora
<b>L</b>	Litros
<b>Lux</b>	Luxes
<b>m</b>	Metros
<b>µg</b>	Microgramos
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>PM<sub>10</sub></b>	Partículas menores a 10 micrómetros
<b>%</b>	Porcentaje
<b>P+L</b>	Producción más Limpia



## GLOSARIO

<b>COV</b>	Compuestos orgánicos volátiles, a veces llamados VOC (por sus siglas en inglés), o COV (por sus siglas en español), son aquellos que se convierten fácilmente en vapores o gases.
<b>Desechos</b>	Toda materia considerada sobra o resto inservible que queda de algo después de haberlo consumido o trabajado.
<b>Gestión ambiental</b>	Estrategia mediante la cual se organizan las actividades entrópicas que afectan al medio ambiente, con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o mitigando los problemas ambientales.
<b>Gestión de residuos</b>	Es la recolección, transporte, procesamiento, tratamiento, reciclaje o disposición de material de desecho, generalmente producida por la actividad humana, en un esfuerzo por reducir los efectos perjudiciales ocasionados al Medio Ambiente y en recuperar los recursos del mismo.
<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 elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos.
<b>Normas ISO 14000</b>	La norma ISO 14000 es una norma internacionalmente aceptada que expresa cómo 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.
<b>Residuos químicos peligrosos</b>	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.
<b>SGA</b>	Sus siglas significan Sistema de Gestión Ambiental este incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, implantar, realizar, revisar y mantener la política ambiental.

## RESUMEN

El trabajo de graduación realizado fue para desarrollar un programa ambiental bajo los principios de Producción más Limpia en los Laboratorios de Ingeniería Química 1 y 2 de la Escuela de Ingeniería Química.

Se realizaron mediciones en las siguientes líneas de acción: consumo de agua, consumo de papel, consumo de energía eléctrica, desechos y/o residuos químicos y factores ambientales con el fin de determinar los potenciales de mejora en el laboratorio, con dichos potenciales se llegó a obtener un criterio para la mejora de cada línea de acción, luego se creó un plan de control para dejar constancia del procedimiento empleado y para que exista un monitoreo constante. Todo lo anterior llevó a crear el programa ambiental para cada línea de acción donde se describen las tareas y actividades a realizar por estudiantes, auxiliares y profesores.

Entre las propuestas de mejora para los laboratorios de Ingeniería Química 1 y 2 se tiene: aumentar el nivel de iluminación y reducir el consumo energético actual, esto se logrará cambiando el tipo de luminarias, para reducir el consumo de agua se colocará un sistema de recirculación a los intercambiadores de calor, en cuanto al consumo de papel se debe programar semestralmente la recolección del papel para ser entregado al centro de acopio del proyecto de Oficina Verde en la Facultad de Ingeniería y los desechos sólidos, líquidos y residuos químicos se debe tener un control en los reactivos existentes en el curso de laboratorio de Ingeniería Química 2 y un control si en algún momento el curso de laboratorio de Ingeniería Química 1 obtuviera reactivos y/o desechos considerables.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Desarrollar un Programa Ambiental en los Laboratorios de Ingeniería Química 1 y 2, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **Específicos**

1. Realizar una evaluación preliminar para determinar el potencial de mejora ambiental en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.
2. Evaluar las medidas orientadas a la mejora de los procedimientos de trabajo, con base a criterios económicos, ambientales, técnicos y organizacionales.
3. Crear un plan de acción para la implementación del Programa Ambiental en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.
4. Crear un plan de control y monitoreo del Programa Ambiental.
5. Apoyar en la concientización a los estudiantes y profesores en el uso racional de los recursos de la Escuela de Ingeniería Química.





## INTRODUCCIÓN

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

En el trabajo de graduación, se realizó un programa ambiental encaminado a acciones que minimizaran los impactos ambientales y sociales de el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela de Ingeniería Química, basados en la evaluación y diagnóstico de la problemática, por lo que se llegó a establecer un plan de acción y mejora para prevenir, mitigar y controlar posibles efectos ambientales negativos; incluyendo un plan de control monitoreo y actividades de concientización.

Se le da especial enfoque al programa ambiental en el aprovechamiento eficiente de los recursos, con el fin de favorecer en el Laboratorio de Operaciones Unitarias la adquisición de buenos hábitos y prácticas.

Mediante este trabajo se pretendió implementar un programa ambiental utilizando como herramienta la Producción más Limpia. Este proyecto es uno de los pilares que respaldarán la formación de un Sistema de Gestión Ambiental en la Escuela de Ingeniería Química como parte del proyecto de reforma curricular, contribuyendo a lograr una escuela sostenible, con responsabilidad social y ambiental.



# **1. ANTECEDENTES**

Para conocer los principios del programa ambiental se estudiaron los siguientes temas ambientales:

## **1.1. Agenda 21**

En la Agenda 21, se establecen acciones detalladas para alcanzar el desarrollo sostenible. Considera aspectos ambientales, económicos y sociales, tales como: la cooperación internacional, la lucha contra la pobreza, demografía, salud humana, recursos humanos y toma de decisiones. Además incluye temas referentes a la conservación y gestión de los recursos para el desarrollo tales como: la atmósfera, los recursos de la tierra, zonas de montaña, agricultura, biodiversidad, océanos y mares, agua dulce, productos químicos tóxicos, desechos peligrosos, desechos sólidos, desechos radiactivos y aguas residuales.

## **1.2. Desarrollo sostenible**

Se llama desarrollo sostenible aquel desarrollo que es capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones.

### **1.2.1. Declaración de Johannesburgo sobre el desarrollo sostenible**

Del 2 al 4 de septiembre de 2002, se celebró la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible en Johannesburgo, Sudáfrica; para reafirmar el compromiso de los representantes de los pueblos del mundo en pro del desarrollo sostenible. A través de esta declaración, se asume la responsabilidad colectiva de promover y fortalecer, en los planos local, nacional, regional y mundial, el desarrollo económico, desarrollo social y la protección ambiental, pilares del desarrollo sostenible.

### **1.2.2. Proclamación de la década de las Naciones Unidas de la educación para el desarrollo sostenible.**

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

Se invitó a los gobiernos a que consideren esto en sus planes de acción y estrategias en materia de educación a más tardar para el año 2005, teniendo en cuenta el plan de aplicación internacional que ha de preparar la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).

## **1.3. Producción más Limpia y Sistemas de Gestión Ambiental**

Estos dos temas están relacionados de tal manera que cada uno depende del otro como se analizará a continuación:

### **1.3.1. Sistemas de Gestión Ambiental**

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

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.

### **1.3.2. Producción más Limpia**

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

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) preocupado por la situación medioambiental, emprendió a finales de la década de los ochentas, un proyecto que revolucionó los sistemas de producción y que

además está permitiendo en la actualidad; satisfacer las necesidades vitales de todos, sin poner en peligro la supervivencia misma de los ecosistemas del planeta; el cual se denominó Producción más Limpia “P+L” concepto introducido por la Oficina de Industria y Medio Ambiente del PNUMA en 1989.

Indudablemente la implementación de la metodología preventiva de Producción más Limpia en la industria, es una opción más factible y rentable que eliminar o mitigar la contaminación ambiental una vez que ésta se ha producido; 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.

#### **1.4. Programa mundial de Producción más Limpia de la ONUDI**

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

#### **1.5. Producción más Limpia en Guatemala y el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia**

En el año 1999 fue creado el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia CGP+L, con el apoyo de instituciones nacionales tales como Cámara de Industria de Guatemala –CIG-, Universidad del Valle de Guatemala –UVG-, Asociación de Azucareros de Guatemala –ASAZGUA-; y de organizaciones internacionales como la Organización de Naciones Unidas del Desarrollo

Industrial –ONUDI-, el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA- y la Agencia de Cooperación Económica de Suiza.

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

#### **1.6. Política Nacional de Producción más Limpia**

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) consideró importante contar con un instrumento de política pública que orientara las acciones de las instituciones del estado y de los diferentes sectores de la sociedad hacia un desarrollo sostenible, por lo cual consideró trascendental impulsar la Política Nacional de Producción más Limpia, la cual se concretizó con la sanción del acuerdo gubernativo 258-210, en septiembre del 2009. Esto se logró gracias al apoyo del Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia y el financiamiento de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional –USAID- a través de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo –CCAD-.

#### **1.7. Cooperación del Programa ELE en el proyecto piloto de Sistema de Gestión Ambiental en el Laboratorio de Físicoquímica de la Universidad de San Carlos**

La Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala a finales del segundo semestre del 2009 firmó una carta compromiso con el Programa de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

(USAID) de Excelencia Ambiental y Laboral para CAFTA-DR, conocido como el Programa ELE CAFTA-DR. Dicho Programa es una iniciativa que tiene como principal objetivo apoyar a los países de Centroamérica y República Dominicana en el cumplimiento de los compromisos ambientales y laborales asumidos en el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos.

El Programa ELE CAFTA-DR en la implementación de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) en empresas piloto, inició actividades en noviembre de 2009, para la implementación de la Norma Internacional ISO 14001:2004, como herramienta de educación ambiental en el laboratorio de Físicoquímica de la Escuela de Ingeniería Química –EIQ-, para lo cual, tal como establece la norma se integró el equipo de trabajo necesario.

En seguimiento al referido SGA, en enero del 2011, el decano de la Facultad de Ingeniería, firmó una carta de entendimiento para la segunda fase, en la implementación del SGA en el laboratorio referido, de la Escuela de Ingeniería Química.

#### **1.8. Acuerdo de Cooperación Universidad de San Carlos – Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia**

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



## **2. MARCO TEÓRICO**

Los programas ambientales se basan en diferentes temas ambientales que se han ido desarrollando a través de los años y que se han hechos necesarios en la actualidad, entre los que podemos mencionar:

### **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.

Un sistema, integra a todos los miembros de la organización en la tarea de cumplir con un objetivo. La labor de gestionar 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. En la norma, se especifican los requisitos que le permiten a una organización, de cualquier tipo o tamaño, desarrollar e implementar su política ambiental, planteándose objetivos que tomen en cuenta la legislación ambiental vigente y sus aspectos ambientales significativos.

## **2.2. Producción más Limpia**

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

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

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

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

Etapa 2. Preparación del diagnóstico de PML.

Etapa 3. Diagnóstico (estudio detallado de las operaciones unitarias (OU) críticas).

Etapa 4. Diagnóstico – Evaluación técnica y económica.

Etapa 5. Implementación, seguimiento y evaluación final.

Un componente central de este programa es el diagnóstico de PML, que se lleva a cabo con base 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/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 prácticas ambientales deben considerarse en los laboratorios debido a que existen riesgos ambientales y riesgos en la salud de las personas y sus alrededores entre las que podemos mencionar:

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

Todos los recursos presentes en un laboratorio deben ser considerados en cuanto a su disposición, utilización y mantenimiento como se detalla a continuación:

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

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

- 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.
- Buenas prácticas en el manejo de los residuos

Se contribuye a una gestión ambientalmente correcta de los residuos:

- Utilizando elementos que contengan materiales reciclados como plásticos y papel 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 lo que supone: separar correctamente los residuos, presentar por separado o en recipientes especiales los residuos susceptibles de distintos aprovechamientos o que sean objeto de recogidas específicas, depositar los residuos en los contenedores determinados para ello, seguir las pautas establecidas en el caso de residuos objeto de servicios de recogida especial.
- Residuos peligrosos
  - Separar correctamente los residuos
  - Identificar los contenedores con una etiqueta que por legislación debe incorporar:
    - ✓ Código de residuo
    - ✓ Símbolo correspondiente según sea un producto nocivo, tóxico, inflamable, etc.

Figura 1. **Identificación de residuos peligrosos**



Fuente: <http://www.formaciondrago.es/cuadro-de-etiquetas/10-cuadro-senales-residuos-peligrosos.html>. Consulta: diciembre de 2011.

- La identificación de residuos peligrosos debe visibilizarse para no tener consecuencias posteriores:
  - Nombre, dirección y teléfono del titular de los residuos
  - Fecha de envasado (cuando se tiene el contenedor completo)
- Para facilitar la identificación del residuo, se propone asimismo, la utilización de etiquetas de diferentes colores en función del grupo al que pertenezca el residuo químico peligroso:
  - Grupo I: Etiqueta de color naranja
  - Grupo II: Etiqueta de color verde
  - Grupo III: Etiqueta de color azul
  - Grupo IV: Etiqueta de color rojo
  - Grupo VI: Etiqueta de color amarillo
  - Grupo VII: Etiqueta de color lila
- Almacenar los residuos en contenedores adecuados, de un material que no sea afectado por el residuo y resistentes a la manipulación. El plazo máximo de almacenamiento es de seis meses (salvo autorizaciones, por escrito, del Departamento de medio ambiente).

- Colocar los contenedores de residuos peligrosos:
  - En una zona bien ventilada y cubierta 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.
  
- 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:
  - Materias que impidan el correcto funcionamiento o el mantenimiento de los colectores.
  - Sólidos, líquidos o gases combustibles, inflamables o explosivos y tampoco irritantes, corrosivos o tóxicos.
  - Microorganismos nocivos o residuos reactivos de forma que se infrinjan las reglamentaciones establecidas al respecto.
- Reducir los vertidos:
  - Realizando los procesos cuidadosamente para evitar errores y repeticiones.

- Estableciendo medidas para corregir situaciones de derrame
- Evitando la necesidad de limpieza
- Eligiendo los agentes de limpieza que permitan reducir la contaminación por vertido tanto en volumen como en peligrosidad.
- Recogiendo los vertidos, segregándolos en origen, realizando pretratamientos antes de verterlos o entregándolos a gestores autorizados.
- Reducir, en lo posible las emisiones:
  - COV: reducir las emisiones manteniendo cerrados los recipientes de los disolventes y usando las campanas extractoras adecuadamente.
  - CFC: reduciendo el uso del aire acondicionado, manteniendo adecuadamente los equipos de refrigeración que los contengan y evitando el uso de aerosoles.
  - Ruido: empleando equipos y utensilios menos ruidosos y manteniéndolos desconectados cuando no se estén utilizando.
- Clasificación de los residuos: la caracterización, selección e identificación de los residuos es básica en el programa de gestión de residuos, para evitar riesgos debidos a una manipulación, transporte o almacenamiento inseguros. Asimismo, facilita el tratamiento que debe efectuarse para su eliminación.



- Como se ha comentado anteriormente, los residuos generados en los laboratorios se pueden diferenciar en residuos no peligrosos (asimilables a urbanos) y residuos químicos peligrosos.
- En el caso de los laboratorios ambientales, se han establecido los siguientes grupos de clasificación de los residuos químicos peligrosos, teniendo en cuenta las propiedades físico- químicas 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: se entiende por tales, los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Se trata de productos muy tóxicos e irritantes y, en algún caso, cancerígenos. Se incluyen en este grupo también las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados, siempre que el contenido en halógenos de la mezcla sea superior al 2%. Ejemplos: Cloruro de metileno, bromoformo, etc.
  - Grupo II: disolventes no halogenados: se clasifican aquí los líquidos orgánicos inflamables que contengan menos de un 2% en halógenos. Son productos inflamables y tóxicos y, entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos. Es importante, dentro de este grupo, evitar mezclas de disolventes que sean inmiscibles ya que la aparición de fases diferentes dificulta el tratamiento posterior.

- Grupo III: disoluciones acuosas: este grupo corresponde a las soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Se trata de un grupo muy amplio y por eso es necesario establecer subdivisiones, tal como se indica a continuación. Estas subdivisiones son necesarias, ya sea para evitar reacciones de incompatibilidad o por requerimiento de su tratamiento posterior:
  - ✓ Soluciones acuosas inorgánicas: soluciones acuosas básicas: hidróxido sódico, hidróxido potásico.
  - ✓ Soluciones acuosas de metales pesados: níquel, plata, cadmio, selenio.
  - ✓ Soluciones acuosas de cromo VI
  - ✓ Otras soluciones acuosas inorgánicas: sulfatos, fosfatos, cloruros.
  - ✓ Soluciones acuosas orgánicas o de alta DQO: soluciones acuosas de colorantes.
  - ✓ 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, 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 este grupo los productos químicos en estado sólido de naturaleza orgánica e inorgánica y el material desechable contaminado con productos químicos. No pertenecen a este grupo los reactivos puros obsoletos en estado sólido (grupo VII). Se establecen los siguientes subgrupos de clasificación dentro del grupo de sólidos:
  - ✓ Sólidos orgánicos: a este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza orgánica o contaminada con productos químicos orgánicos como, por ejemplo, carbón activo o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.

- ✓ Sólidos inorgánicos: a este grupo pertenecen los productos químicos de naturaleza inorgánica. Por ejemplo, sales de metales pesados.
- ✓ Material desechable contaminado: a este grupo pertenece el material contaminado con productos químicos. En este grupo se pueden establecer subgrupos de clasificación, por la naturaleza del material y la naturaleza del contaminante y teniendo en cuenta los requisitos marcados por el gestor autorizado.
- Grupo VII: especiales: a este grupo pertenecen los productos químicos, sólidos o líquidos, que, por su elevada peligrosidad, no deben ser incluidos en ninguno de los otros grupos, así como los reactivos puros obsoletos o caducados. Estos productos no deben mezclarse entre sí ni con residuos de los otros grupos. Ejemplos:
  - ✓ Comburentes (peróxidos)
  - ✓ Compuestos pirofóricos (magnesio metálico en polvo)
  - ✓ Compuestos muy reactivos: ácidos fumantes, cloruros de ácido (cloruro de acetilo), metales alcalinos (sodio, potasio), hidruros (borohidruro sódico, hidruro de litio), compuestos con halógenos activos (bromuro de benzilo), compuestos polimerizables (isocianatos, epóxidos), compuestos peroxidables (éteres), restos de reacción, productos no etiquetados.

- ✓ Compuestos muy tóxicos (tetraóxido de osmio, mezcla crómica, cianuros, sulfuros, etc.).
  
- ✓ Compuestos no identificados



### **3. INFORMACIÓN GENERAL DEL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS**

El laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala se encuentra ubicado en el edificio T-5 de la Facultad de Ingeniería y para comprender todo lo relacionado sobre este laboratorio se enumeran los siguientes subtemas:

#### **3.1. Definiciones y principios**

La Ingeniería Química trata de procesos industriales en los que las materias primas se transforman o separan en productos útiles. El ingeniero químico tiene que desarrollar, diseñar y se encarga de de la ingeniería del proceso completo, así como del equipo que se utiliza, selecciona las materias primas adecuadas, hace operar las plantas con eficiencia, seguridad y economía y supervisa que los productos cumplan los requerimientos exigidos por los consumidores. La ingeniería química es un arte y una ciencia, el ingeniero utilizará la ciencia siempre que le permita resolver un problema.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, la ciencia no es capaz de proporcionarle una solución completa, y entonces tendrá que recurrir a su experiencia, práctica y criterio. La capacidad profesional de un ingeniero depende de su habilidad para combinar todas las fuentes de información para alcanzar soluciones prácticas a los problemas que se le presentan.

Para cubrir esta necesidad, en la formación de ingenieros químicos, la escuela de ingeniería química ha dispuesto de un laboratorio, un laboratorio es el lugar dotado de los medios necesarios para realizar investigaciones, experimentos y trabajos de carácter científico o técnico.

### **3.2. Operaciones unitarias**

La variedad de procesos e industrias que requieren de los servicios de los ingenieros químicos es enorme, los procesos descritos en los tratados más conocidos sobre tecnología química y las industrias de procesos, permiten tener una idea bastante completa sobre el campo que abarca la ingeniería química.

Por eso no es práctico tratar todos los temas que comprenden los procesos en una sola denominación, es necesario dividirlos en sectores convenientes, aunque arbitrarios. A esta parte de la ingeniería química se le conoce como Operaciones unitarias.

Éste ha sido un método muy conveniente para organizar la materia de estudio que abarca la ingeniería química y se basa en dos hechos fundamentales:

Aunque el número de procesos individuales es grande, cada uno de ellos puede ser fragmentado en una serie de etapas, denominadas operaciones que se repiten a lo largo de los diferentes procesos, las operaciones individuales tienen técnicas comunes y se basan en los mismos principios científicos.



Mediante el estudio sistemático de de estas operaciones, en sí mismos, se unifica y simplifica el tratamiento de todos los procesos. Aunque las operaciones unitarias son una rama de la ingeniería, se basan de igual manera en la ciencia y en la experiencia, se deben combinar la teoría y la práctica para diseñar el equipo, construirlo, ensamblarlo, hacerlo operar y darle mantenimiento.

Para un estudio completo de cada operación es preciso considerar de manera conjunta la teoría y el equipo, lo que constituye el objetivo del laboratorio de operaciones unitarias.

### **3.3. El Laboratorio de Operaciones Unitarias**

La Escuela de Ingeniería Química es una sala equipada con equipos propios de operaciones unitarias donde los alumnos debidamente organizados y acreditados se entrenan en la práctica de las operaciones básicas de los procesos industriales; esto es, en las operaciones unitarias.

En un área útil y exclusiva de 400 metros cuadrados que se ubica en el edificio T-5 de la Facultad de Ingeniería, tiene instalados desde el principio de la década de 1960 equipos dedicados al estudio experimental de las operaciones unitarias de la ingeniería química, los equipos fueron diseñados, armados y puestos a funcionar con propósitos exclusivamente didácticos con las dimensiones apropiadas, los instrumentos de medición conocidos y caracterizados en cuanto a tipo de materiales, disposición de accesorios y ajustados en cuanto a su demanda de servicios, electricidad, agua, vapor y materias primas básicas.

En el segundo semestre del 2011, se cuenta con cuatro secciones para el laboratorio de Ingeniería Química 1 y dos secciones para el laboratorio de

Ingeniería Química 2, con un máximo de 20 alumnos por cada sección, además las prácticas de laboratorio se desarrollan así: la primera semana es de preparación teórica de la práctica donde los alumnos tienen que presentar su informe de preparación, la siguiente semana los alumnos hacen la realización de la práctica con cada uno de los equipos y presentan impresa una investigación a la semana siguiente que les vuelve a tocar preparación entregan el reporte final y continúan así durante todo el semestre hasta completar cinco prácticas y su examen final.

Cuenta con una caldera que genera vapor para uso en los equipos que lo demandan como fuente de calor. Intercambiadores de calor de diferente tipo, evaporadores, condensadores, secadores y generadores de vacío.

Equipos integrados para el estudio de medidores de flujo, medidores de caídas de presión, análisis dimensional y bombeo. Además cuenta con torres de destilación, absorción, extracción y humidificación.

## 4. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño metodológico, es una relación clara y concisa de cada una de las etapas de la investigación.

### 4.1. Variables

Las variables en una investigación pueden ser de dos tipos:

#### 4.1.1. Variables independientes

Estas variables son el evento en el que se centra la investigación.

Tabla I. Variables independientes

No.	Variable	Dimensión	Factor Potencial		Factor Perturbador	
			Constante	Variable	Controlable	No Controlable
1	Consumo de energía eléctrica	KWH		x	x	
2	Consumo de papel	Kg		x	x	
3	Consumo de agua	L		x	x	
4	Desechos sólidos	Kg		x	x	
5	Desechos líquidos	L		x	x	
6	Residuos químicos líquidos	L		x	x	
7	Residuos químicos sólidos	Kg		x	x	
8	Iluminación	Lux		x	x	
9	Temperatura	°C		x		x
10	Humedad relativa	%		x		x
11	Ruido	dB		x		x
12	PM10	µg/m <sup>3</sup>		x		x
13	CO	ppm		x		x
14	CO <sub>2</sub>	ppm		x		x
15	DFI	ppm		x		x

Fuente: elaboración propia.

#### **4.1.2 Variable dependiente**

La variable dependiente, como su nombre lo indica, depende de otra o está subordinada a otra variable. Para esta investigación la variable dependiente es: desarrollo de un programa ambiental.

#### **4.2. Delimitación del campo de estudio**

Mediante el campo de estudio se determinó el enfoque físico que se contaba para realizar la investigación. Por lo que se tiene:

- Empresa: Escuela de Ingeniería Química, USAC
- Línea de investigación: Producción más Limpia
- Etapa del proceso: desarrollo de un programa ambiental en el Laboratorio de Operaciones Unitarias como herramienta de enseñanza.
- Ubicación: Laboratorio de Operaciones Unitarias, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, ciudad universitaria, zona 12.

#### **4.3. Recursos humanos disponibles**

Los recursos humanos son todas las personas que estuvieron involucradas para que esta investigación pudiera realizarse. Entre las que se pueden mencionar:

- Estudiante investigador para el desarrollo de un Programa Ambiental:  
Astrid Georgina Carrera Monterroso.
- Asesoras del proyecto  
Dra. Casta Petrona Zeceña Zeceña. Coordinadora del Área Ambiental de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

M. Sc. Inga. Lisely De León Arana. Profesora del curso Seminario de Investigación y Coordinadora del Área de Calidad, Investigación y Vinculación de la Escuela de Ingeniería Química.

- Centro de apoyo del proyecto  
Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia (CGP+L).
- Director de Escuela de Ingeniería Química  
Dr. Williams Guillermo Álvarez Mejía.
- Instructores del Laboratorio de Operaciones Unitarias  
Ing. José Manuel Tay Oroxom (Profesor de LIQ 1)  
Ing. Jorge Godínez (Profesor LIQ1)  
Ing. Manuel Galván (Profesor LIQ 2)  
Br. Leda Gómez Montenegro (Auxiliar LIQ1 y LIQ2)  
Br. Héctor Leonardo Oliva Bran (Auxiliar LIQ1)
- Estudiantes que utilicen las instalaciones del Laboratorio de Operaciones Unitarias.

#### **4.4. Recursos materiales disponibles**

Se utilizaron diferentes equipos que sirvieron para desarrollar la parte experimental de esta investigación, entre los que se pueden mencionar:

- Equipo de medición: el equipo siguiente lo proporcionó el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia como apoyo a esta investigación:

- Higrómetro. Datalogger USB - WK057
  - Cámara de termografía. Fluke Ti 32
  - Caudalímetro ultrasónico.
  - Decibelímetro. SPER Scientific 840013
  - Medidor de gases de combustión de caldera
  - Luxómetro. SPER Scientific 84006
  - Medidor de Calidad de Aire, EVM SERIES
- Equipo adicional: los siguientes recursos fueron necesarios para realizar la investigación:
    - Balanza
    - Computadora
    - Impresora
    - Cámara fotográfica
    - Cronómetro

#### **4.5. Técnica cualitativa o cuantitativa**

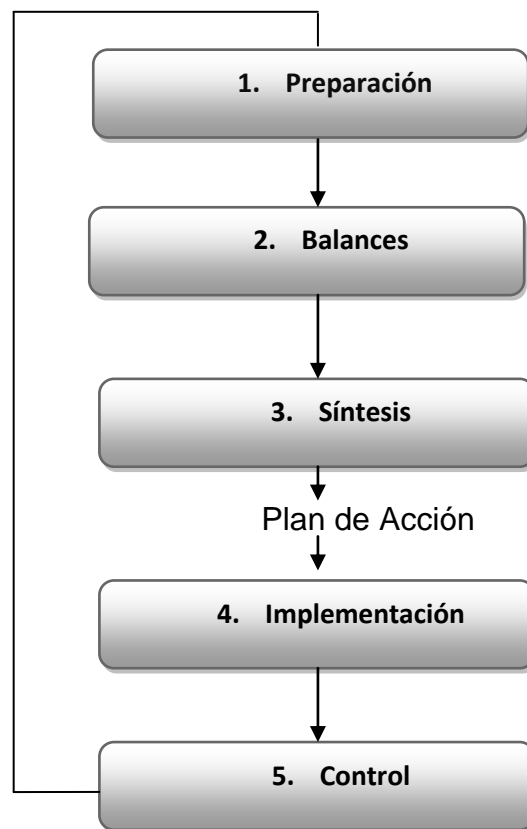
La técnica cuantitativa estudia la asociación o relación entre variables cuantificadas y la cualitativa lo hace en contextos estructurales y situacionales. Por lo que para esta investigación su enfoque fue el siguiente:

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

#### 4.6. Recolección y ordenamiento de la información

El orden en que se recolectó y ordenó la información obtenida a lo largo de la investigación se explica mediante el diagrama de la figura 2:

Figura 2. **Diagrama de ordenamiento de la información**

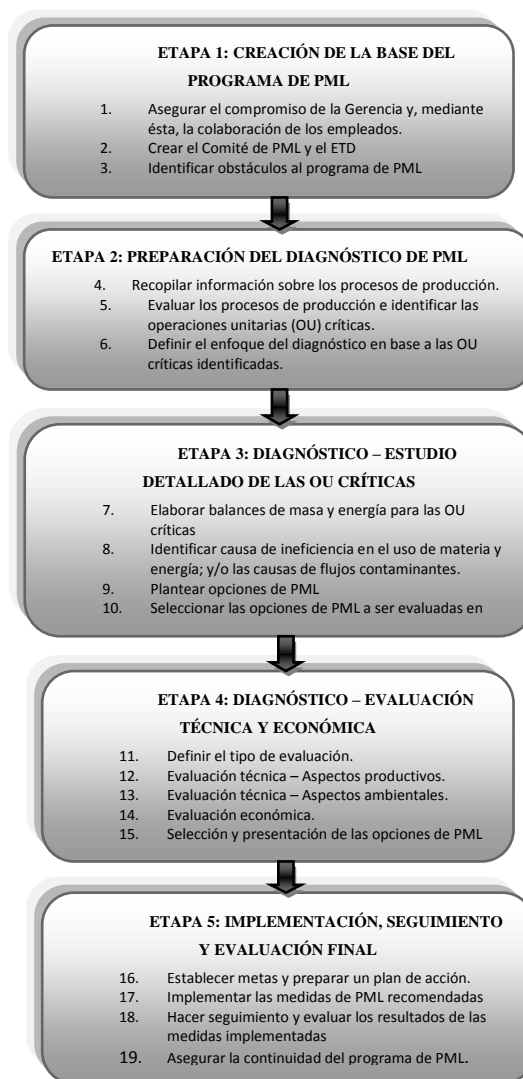


Fuente: elaboración propia.

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

Las etapas para la obtención del programa ambiental se analizaron mediante el siguiente diagrama de la figura 3:

Figura 3. Diagrama de obtención del programa ambiental



Fuente: elaboración propia.



- Asegurar el compromiso con la Escuela de Ingeniería Química y la colaboración de los profesores, auxiliares y estudiantes de los cursos de laboratorio de Ingeniería Química 1 y Laboratorio de Ingeniería Química 2 impartidos en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela de Ingeniería Química.
- Identificar obstáculos al programa ambiental
- Recopilar información sobre cada una de las prácticas realizadas en el Laboratorio de los cursos de laboratorio de Ingeniería Química 1 y Laboratorio de Ingeniería Química 2 de la Escuela de Ingeniería Química.
- Evaluar cada una de las prácticas e identificar las prácticas críticas
- Plantear opciones para el programa ambiental
- Seleccionar opciones a ser evaluadas técnica y económicamente
- Evaluar técnicamente aspectos productivos y ambientales
- Evaluar económicamente
- Seleccionar y presentar las opciones del programa ambiental factibles
- Establecer metas y preparar un plan de acción
- Asegurar la continuidad del programa ambiental

#### **4.7.1. Actividades realizadas para el procesamiento de la información**

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

#### **4.8. Análisis estadístico**

En esta investigación no se utilizó el análisis estadístico debido a que la metodología de la investigación es cualitativa y no depende de variables para su estudio.

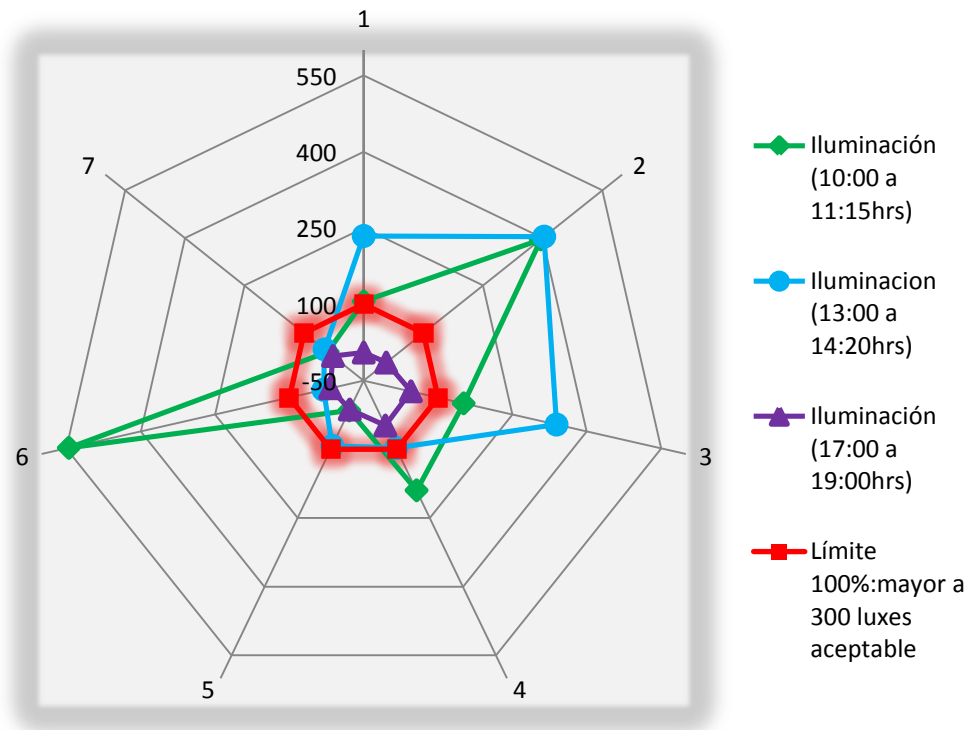
## 5. RESULTADOS

Los resultados aparecen en las gráficas y tablas que se enumeran a continuación:

### 5.1. Evaluación del potencial de mejora

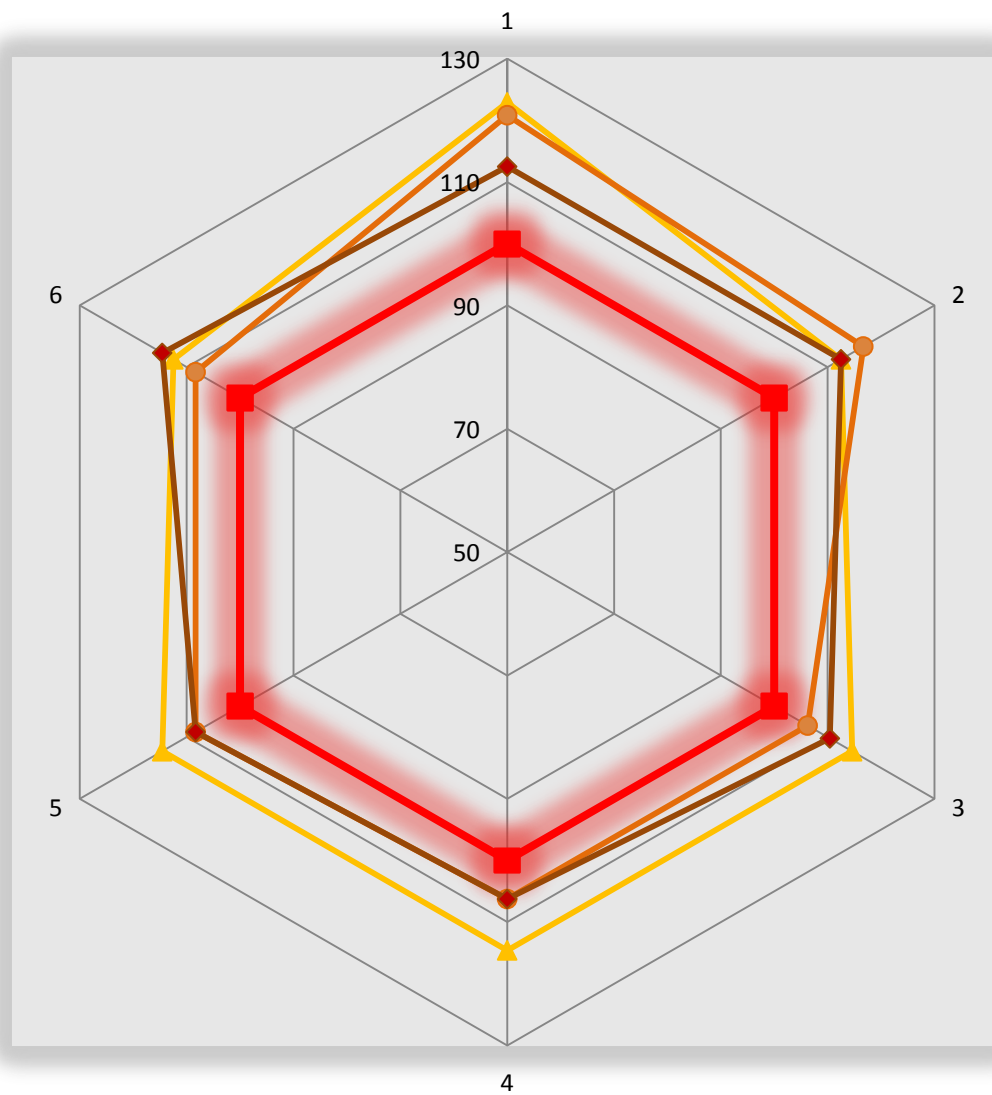
Para la evaluación del potencial de mejora se realizó un balance en los factores ambientales como se muestra en las siguientes figuras:

Figura 4. **Nivel de iluminación en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**



Fuente: elaboración propia.

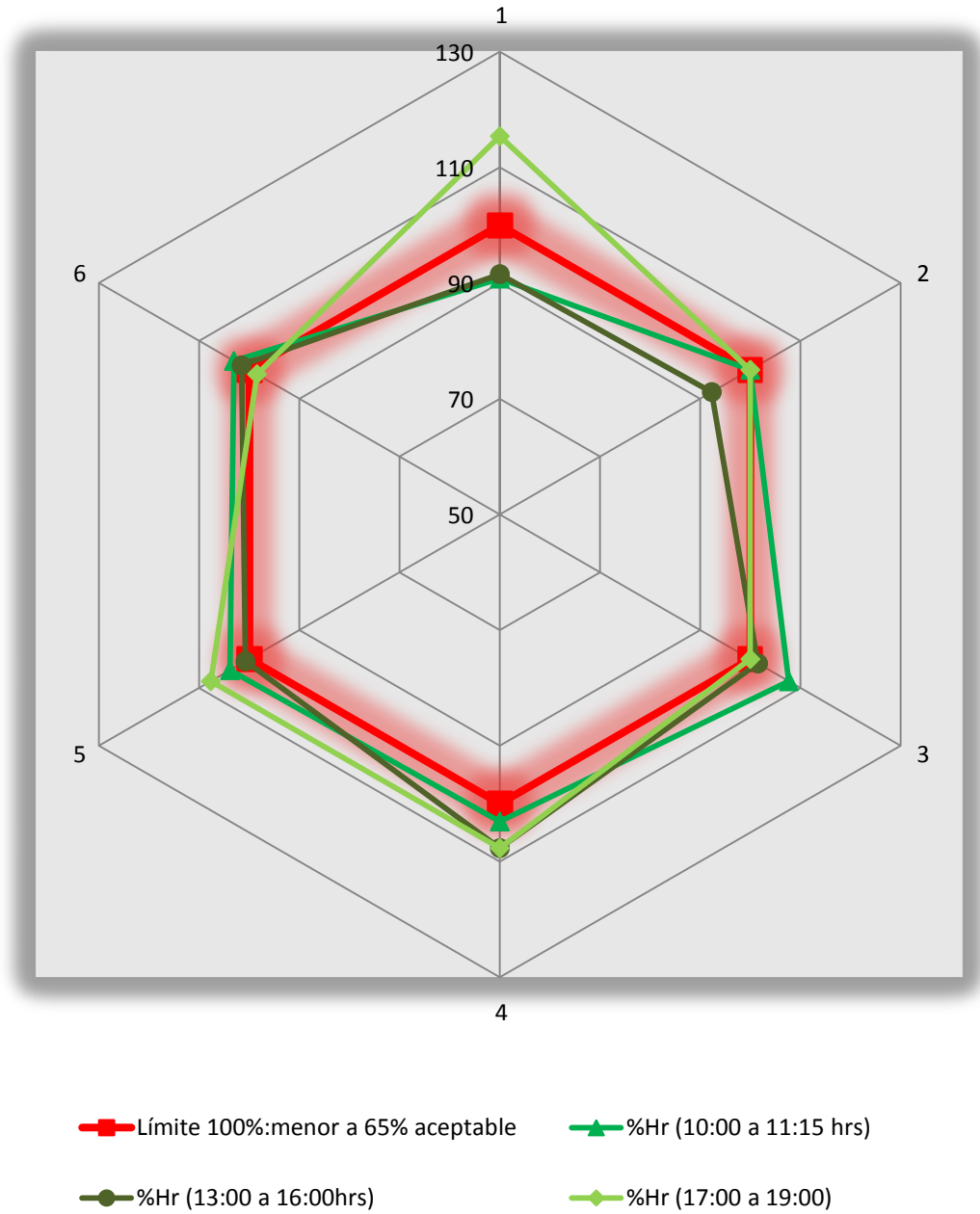
Figura 5. Nivel de temperatura en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2



■ Límite 100%:menor a 24°C aceptable      ▲ Temperatura (10:00 a 11:15hrs)  
● Temperatura (13:00 a 16:00hrs)      ◆ Temperatura (17:00 a 19:00hrs)

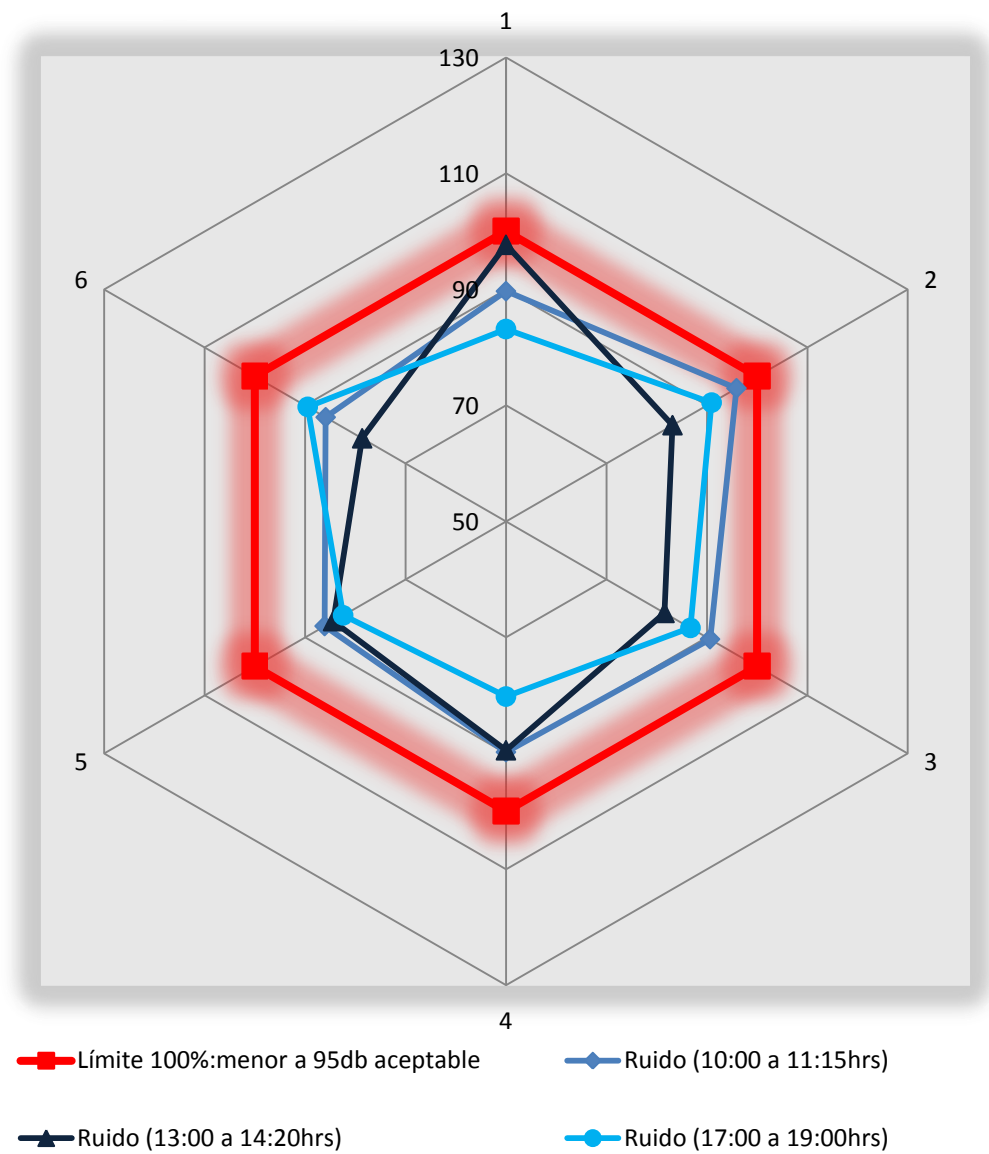
Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Nivel de porcentaje de humedad relativa en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2



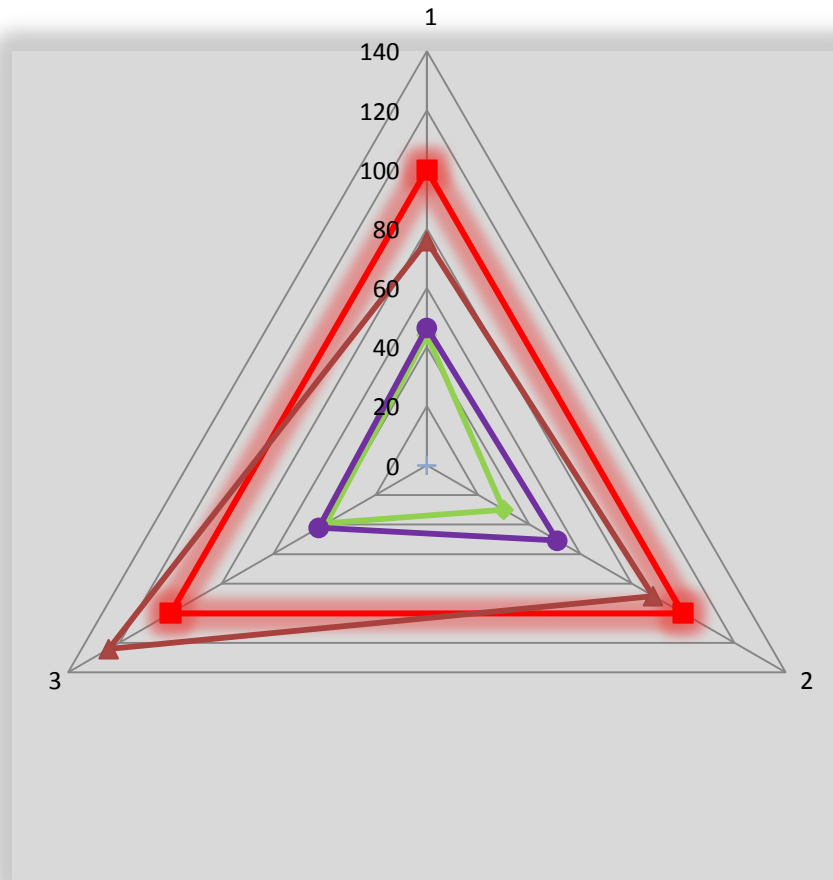
Fuente: elaboración propia.

Figura 7. Nivel de ruido en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2



Fuente: elaboración propia.

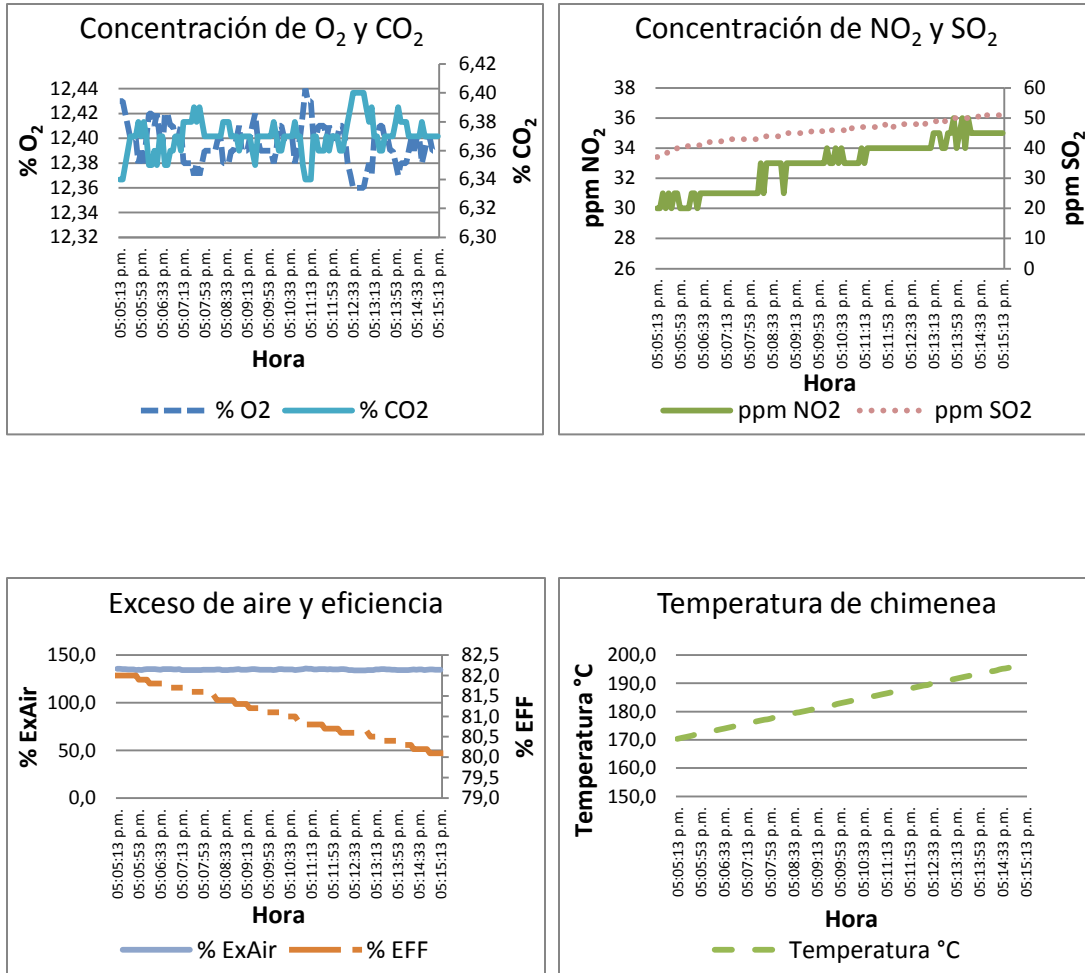
Figura 8. **Calidad del aire en el laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**



- Límite 100%: PM10, CO, CO2 y DFI menor a 0.12g/m3, 35ppm, 1000ppm, 0 respectivamente
- ◆ PM10 (10:00 a 11:15hrs)
- ▲ PM10 (17:00 a 19:00hrs)
- CO (10:00 a 11:15hrs)
- × CO (17:00 a 19:00hrs)
- CO2 (10:00 a 11:15hrs)
- CO2 (17:00 a 19:00hrs)
- + DFI (10:00 a 11:15hrs)
- + DFI (17:00 a 19:00hrs)

Fuente: elaboración propia.

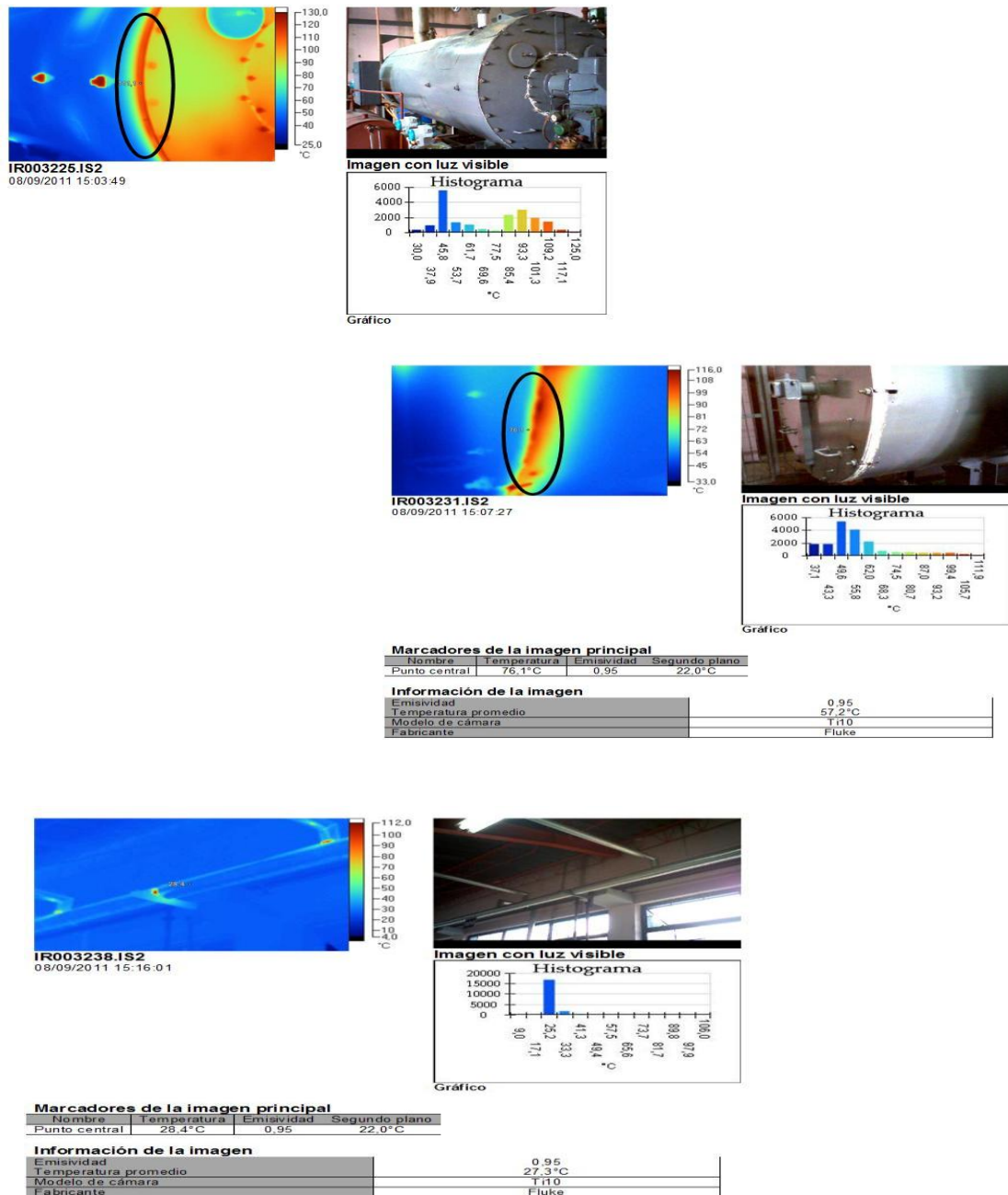
Figura 9. **Análisis de gases de chimenea en la caldera del Laboratorio de Operaciones Unitarias**



Fuente: elaboración propia.



Figura 10. Termografía en la caldera del Laboratorio de Operaciones Unitarias



Fuente: elaboración propia.

### 5.1.1. Diagnóstico en las líneas de acción

Se realizaron mediciones para determinar el consumo en cada línea de acción, encontrando fortalezas y debilidades por cada Laboratorio de Ingeniería Química, como se explica en las siguientes tablas:

Tabla II. **Consumo de agua en el laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**

Curso	Posición del caudalímetro Ultrasónico	Consumo (L/estudiante* semestre)	Fortalezas	Debilidades
L-IQ1	Tubería de Agua del Intercambiador de Calor de Tubos Concéntricos	1817,28	A) El equipo de Medidores de Flujo , Caídas de Presión y Bomba centrífuga cuentan con su propio tanque con un sistema de recirculación	A) El agua que ya fue utilizada en los Intercambiadores de Calor tienen su salida hacia el drenaje del laboratorio B) Inexistencia de un hidrómetro en la tubería del laboratorio
	Tubería de Agua del Intercambiador de Concha y Tubos	2782,71		
Consumo Total L-IQ1		4599,99		
L-IQ2	Tubería de agua de la pileta(línea principal de agua para todos los equipos)	1987,65	A) Los equipos de Torre de Humidificación y destilación cuentan con un sistema de recirculación del flujo de agua (circuito cerrado)	B) Inexistencia de un hidrómetro en la tubería del laboratorio
Consumo Total L-IQ2		1987,65		
Consumo Total de agua en el Laboratorio de Operaciones unitarias (L/estudiante*semestre)		6587,64		

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Consumo de papel en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**

Curso	Utilización del Papel	Consumo (kg/estudiante*semestre)	Fortalezas	Debilidades
L-IQ1	Papel Generado por los estudiantes	0,57	<p>A) Cada grupo entrega: ensayos, preparaciones y reportes donde las hojas son impresas a doble cara</p> <p>B) El fólder utilizado para la entrega de reportes, preparaciones y ensayos se reutiliza durante todo el curso</p> <p>C) Todos los informes, ensayos y preparaciones después de calificados son devueltos a los estudiantes. No se acumula papel dentro del laboratorio.</p> <p>D) Los estudiantes compran sus hojas para imprimir ya sea en sus casas o en la universidad</p>	<p>A) Las hojas de asistencia, hojas de trabajo y exámenes se imprimen y reproducen en la facultad.</p> <p>B) No existe reciclaje del papel utilizado.</p>
	Papel consumido por profesores y auxiliares	0,03		
Consumo L-IQ1		0,60		
L-IQ2	Papel Generado por los estudiantes	0,24	<p>A) Los estudiantes envían dos trabajos especiales en digital</p> <p>B) Todos los reportes y preparaciones son impresos a ambos lados de la hoja</p> <p>C) No hay acumulación de papel dentro del laboratorio</p>	<p>A) Los reportes se imprimen y no se devuelven a los estudiantes, el profesor se queda con ellos.</p> <p>B) Los informes se entregan al auxiliar y no se devuelven a los estudiantes</p> <p>C) No se recicla el papel.</p>
	Papel consumido por profesores y auxiliares	0,09		
Consumo L-IQ2		0,32		
Consumo Total (kg/estudiante*semestre)		0,92		

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Consumo de energía eléctrica en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**

Curso	Nombre de la Práctica	Consumo (KWH/estudiante *semestre)	Fortalezas	Debilidades
L-IQ1	Medidores de Flujo	0,37	A) Se encienden todas las lámparas del laboratorio solo cuando es necesario (días nublados)	A) Durante las mediciones realizadas las lámparas del laboratorio siempre estuvieron encendidas aún en las secciones diurnas
	Bomba Centrífuga	0,43		
	Caídas de Presión	0,97		
	Intercambiador de Tubos Concéntricos	2,36		
	Intercambiador de Concha y Tubos	1,5		
	Consumo de lámparas, computadoras e impresoras (KWH/sección)	5,9		
<b>Consumo L-IQ1</b>		<b>10,91</b>		
L-IQ2	Combustión	0,99		A) En la sección A las lámparas siempre están encendidas.
	Torre de destilación	9,71		
	Torre de enfriamiento	1,23		
	Túnel de secado	0,66		
	Consumo de lámparas, computadoras e impresoras	5,44		
<b>Consumo L-IQ2</b>		<b>18,03</b>		
<b>Consumo Total (KWH/estudiante*semestre)</b>		<b>28,94</b>		

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Desechos y residuos químicos en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**

Curso	Nombre de la práctica	Residuos Químicos		Desechos		Fortalezas	Debilidades
		Líquidos (ml)	Sólidos (Kg)	Líquidos (ml)	Sólidos (Kg)		
L-IQ1	Medidores de Flujo	0	0	0	0	<p>A) El Intercambiador de calor de tubos concéntricos utiliza aceite que se mantiene en recirculación</p> <p>B) No se generan Residuos Químicos en el lab., debido a que no se producen materiales</p> <p>C) No se generan o acumulan desechos en el laboratorio</p> <p>D) Se cuenta con un tonel para depositar basura si en algún caso, los estudiantes deseen desechar algo.</p>	
	Bomba Centrífuga	0	0	0	0		
	Caídas de Presión	0	0	0	0		
	Intercambiador de Tubos C	0	0	0	0		
	Intercambiador de Concha y Tubos	0	0	0	0		
L-IQ2	Combustión	0	0	0	0	<p>A) La torre de destilación utiliza Alcohol Etilico, pero los estudiantes llevan un galón de este reactivo lo depositan en el reboiler y toman muestras de 10ml cada 45min., luego se desechan al drenaje, si sobra algo del reactivo se queda en la torre para ser reutilizado.</p> <p>B) El equipo de Túnel de Secado utiliza sal común o arena de río, los estudiantes ingresan el material y al finalizar la práctica se lo llevan, nada se acumula en el laboratorio</p>	<p>A) No existe información de la disposición final del reactivo utilizado.</p>
	Torre de destilación	105,88	0	0	0		
	Torre de enfriamiento	0	0	0	0		
	Túnel de Secado	0	0	0	0		
	Absorción	0	0	0	0		
Total de desechos y Residuos en el Laboratorio						105,88ml/estudiante*semestre	

Fuente: elaboración propia.

## 5.2. Evaluación de las medidas orientadas a la mejora ambiental

Para evaluar las medidas orientadas a la mejora ambiental se creó el plan de mejora, donde se describen las propuestas de mejora así como el financiamiento necesario, cada propuesta se obtuvo basándose en las debilidades encontradas en el laboratorio, como se indica en la siguiente tabla:

Tabla VI. **Plan de mejora y acción ambiental en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**

Objetivo	Indicador ambiental	Propuesta de mejora	Tareas	Metas	Responsable de tarea	Tiempo (inicio-final)	Recursos necesarios	Financiación	Indicador de seguimiento	
Evaluar las medidas orientadas a la mejora de los procedimientos de trabajo de estudiantes y profesores, en base a criterios ambientales, económico, técnico y organizacionales	L/ estudiante* semestre	Línea de acción 1: agua								
		Instalar un circuito de agua cerrado en los intercambiadores de calor del laboratorio de IQ-1	Instalar tubería metálica a cada intercambiador de calor para conectarse a la pileta	Reducir el consumo de agua al recircular el agua en un 10% (de 4600L/ estudiante* semestre a 4140L/ estudiante* semestre) al finalizar el segundo semestre del 2012	Personal de Mantenimiento de Ingeniería	Primer Semestre 2012	LIQ1, Tubería de metal, accesorios	Q293 C/tubo ½"	Reducir el consumo de agua	
			Instalar un contador de agua en la tubería instalada		Personal de Mantenimiento de Ingeniería	Primer Semestre 2012	L-IQ1, contador, accesorios	Q395C/ contador de ½"	Reducir el consumo de agua	
		Cotización e instalación de contadores de agua en la tubería principal de agua	Cotización de contadores de agua	Obtener mediciones directas del indicador ambiental de agua	Tesistas de Programas Ambientales en los laboratorios de ESIQ	Octubre 2011	Teléfono, internet, Ferretería	Q395C/ contador de ½"	Reducir el consumo de agua	
			Instalación de contadores de agua		Personal de Mantenimiento de Ingeniería	Primer Semestre 2012	L-IQ1 Y 2, Contador, Tubería, Accesorios	Q395C/ contador de ½"	Obtener del Indicador de agua	

Continuación de la tabla VI.

Evaluar las medidas orientadas a la mejora de los procedimientos de trabajo de estudiantes y profesores, en base a criterios ambientales, económico, técnico y organizacionales	Línea de acción 2: papel								
	Kg/estudiante*semestre	Recolectar y reciclar el papel generado por estudiantes y profesores en los laboratorios de Ingeniería Química 1 y 2	Indicar a estudiantes y profesores que el papel generado por los reportes, e investigaciones; así como las hojas de control de asistencia y control de calificaciones sea entregado al centro de acopio de la Oficina Verde al finalizar el semestre	Obtener beneficio económico	Profesores y/o auxiliares	Segundo semestre 2012	Empresas recicladoras de papel	Fomentar el reciclaje, obtener beneficios del reciclaje	
	Línea de acción 3: energía eléctrica								
	KWH/ estudiante* semestre	Cambiar luminarias existentes a lámparas de menor consumo energético	Reemplazar luminarias existentes a tecnología T-8	Reducir el consumo de energía eléctrica en 20% (de 12,24KWH/sección*práctica a 9,68KWH/sección*práctica) al finalizar el segundo semestre del 2012	Empresa encargada de la instalación de la luminaria	Diciembre 2011	14 lámparas de 59W y 12 lámparas de 32W	Q188c/lámpara de 2x32 T-8 Sylvaniana	Reducir el consumo de energía eléctrica y mejorar la calidad de iluminación
		Reemplazar láminas existentes a láminas transparentes	Colocar láminas transparentes en el techo	Reducir el consumo de energía eléctrica por aprovechamiento de luz diurna en 60% (de 183KWH a 61,2KWH) al finalizar el segundo semestre 2012	Personal de Mantenimiento	Julio 2012	8 Láminas transparentes	Q140c/lámina transparente de 10ft	Reducir el consumo de energía eléctrica y mejorar la calidad de iluminación
	Línea de acción 4: residuos y desechos								
	Residuos líquidos: L/estudiante* semestre	Manejo y tratamiento de residuos químicos en el L-IQ2	Incluir en el instructivo del laboratorio sobre el manejo y tratamiento de los residuos químicos generados en el laboratorio	Reducir los residuos químicos a 0 L al finalizar el segundo semestre del 2012	Estudiantes de la sección	Segundo semestre 2012	Instructivo de laboratorio	Sin costo	Reducir los residuos químicos

Continuación de la tabla VI.

Evaluar las medidas orientadas a la mejora de los procedimientos de trabajo de estudiantes y profesores, en base a criterios ambientales, económico, técnico y organizacionales	Factores ambientales							
	Temperatura: De 27°C a 24°C	Reducir la temperatura promedio en el Laboratorio de Operaciones Unitarias	Cambiar las ventanas de plumilla a ventanas de paletas con estructura de aluminio	Reducir la temperatura promedio del laboratorio un 10%	Empresa encargada del cambio de ventanas	Del 5-3-12 al 12-3-12	Ventana de aluminio y paletas	Q475 c/ ventana de aluminio
	Colocar cuatro extractores de aire		Empresa encargada de la instalación de extractores		Del 5-3-12 al 12-3-12	Extractores	Q708,7 c/ Extractor helicoidal de pared	Minimizar la temperatura y % humedad relativa del laboratorio

Fuente: elaboración propia.

### 5.3. Plan de acción para la implementación del Programa Ambiental

Para la implementación del programa ambiental se desarrollaron actividades que deben ser cumplidas por una o varias personas responsables, así como las tareas que deben de desarrollarse, como se indica a continuación en las siguientes tablas:



Tabla VII. **Programa Ambiental del consumo de agua en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**

LÍNEA DE ACCIÓN: CONSUMO DE AGUA		
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1		Hoja No. 1 de 3
<b>OBJETIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el consumo de agua en el Laboratorio de Ingeniería Química 1</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> <li>• Monitorear la reducción del consumo de agua.</li> </ul>		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Inducción sobre el uso adecuado del agua	Profesores de la sección	Incluir en la sesión informativa una sección sobre el uso adecuado del agua dentro del laboratorio.
		Verificar el buen funcionamiento de los equipos cuidando que no existan fugas de agua en los mismos.
Buenas prácticas en la utilización del agua	Estudiantes	Informar al profesor de laboratorio sobre fugas de agua en los equipos (si las hubiera)
		Controlar la válvula de agua en la pileta verificando constantemente el nivel del agua.
Determinación del indicador ambiental del consumo de agua	Auxiliar de la sección	Determinar el indicador ambiental del consumo de agua con el procedimiento EIQ-PALIQ01.
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 y al terminar el semestre, registrar los datos en el plan de control y monitoreo EIQ-PALIQ-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
Acciones para la no conformidad	Auxiliar de la sección	Si el indicador calculado conlleva a una no conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla

Continuación de la tabla VII.

LÍNEA DE ACCIÓN: CONSUMO DE AGUA		
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 2		Hoja No. _2_ de _3
<b>OBJETIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el consumo de agua en el Laboratorio de Ingeniería Química 2</li> <li>• Formar hábitos en los profesores y estudiantes para el uso eficiente del agua.</li> <li>• Desarrollar un procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de agua.</li> <li>• Monitorear el consumo de agua.</li> </ul>		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Inducción sobre el uso adecuado del agua	Profesores de la sección	Incluir en la orientación inicial de laboratorio una sección sobre el uso adecuado del agua dentro del laboratorio.
Buenas prácticas en la utilización del agua	Profesores de la sección	Verificar el buen funcionamiento de los equipos cuidando que no existan fugas de agua en los mismos.
	Estudiantes	Informar al profesor de laboratorio sobre fugas de agua en los equipos (si las hubiera)
		Controlar la válvula de agua en la pileta verificando constantemente el nivel del agua.
Determinación del indicador ambiental del consumo de agua	Auxiliar de la sección	Determinar el indicador ambiental del consumo del agua con el procedimiento EIQ-PALIQ01.
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 y al terminar el semestre, anotar los datos en el plan de control y monitoreo EIQ-PALIQ-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
Acciones para la no conformidad	Auxiliar de la sección	Si el indicador calculado conlleva a una no conformidad determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla VII.

LÍNEA DE ACCIÓN: CONSUMO DE AGUA	
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1 Y 2	Hoja No. 3 de 3
<p>EIQ-PALIQ01: Procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de agua:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Registrar el valor del consumo de agua directamente del hidrómetro (<math>m^3</math>) al iniciar la práctica</li> <li>b) Registrar el valor del consumo de agua directamente del hidrómetro (<math>m^3</math>) al finalizar la práctica</li> <li>c) Restar el valor del inciso a) al valor del inciso b)</li> <li>d) Convertir el valor del inciso c) a litros (L)</li> <li>e) Determinar el tiempo de duración de la practica</li> <li>f) Dividir el valor del inciso d) por el valor del inciso e)</li> <li>g) Multiplicar el valor del inciso f) por el numero de prácticas y por el total de horas en cada práctica</li> <li>h) Dividir el valor del inciso g) entre el número de alumnos de la sección</li> </ol>	
Fórmula para calcular el indicador del consumo de agua:	
$\frac{\text{ICA}}{\text{L}}$	
<p>En donde:</p> <p>ICA= Indicador del consumo de agua en el Laboratorio L= litros</p>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Programa Ambiental del consumo de papel en el laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**

LÍNEA DE ACCIÓN: CONSUMO DE PAPEL		
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1		Hoja No. _1_ de _3_
<b>OBJETIVOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el consumo de papel en el Laboratorio de Ingeniería Química 1</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> <li>• Monitorear el consumo de papel</li> </ul>		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Inducción sobre el uso adecuado de papel	Profesores de la sección	Indicar en la sesión informativa que los estudiantes utilicen papel reciclado, impreso a ambos lados de la hoja y sin fólder.
Cumplir con el programa del curso, del uso de papel	Estudiantes	Utilizar papel reciclado, imprimir en ambos lados de la hoja y eliminar el fólder para la entrega de reportes, investigaciones y preparaciones.
Verificar el cumplimiento del programa del curso del uso correcto del papel	Profesores de la sección	Verificar que los estudiantes utilicen ambos lados de las hojas en sus reportes de laboratorio, tareas e investigaciones, que las hojas sean de papel reciclado y que no utilicen fólder.
Recolección y reciclaje del papel	Estudiantes	Al finalizar el semestre, todas las hojas que ya fueron calificadas, debe ser entregado al centro de acopio de la oficina verde de la facultad.
	Profesores de la sección	Al finalizar el semestre todas las hojas, deben ser entregados al centro de acopio de la oficina verde de la facultad.
Determinación del indicador ambiental de papel	Auxiliar de la sección	Determinar el indicador ambiental de consumo de papel con el procedimiento EIQ-PALIQ02.
Monitoreo de la reducción del indicador del consumo de papel	Auxiliar de la sección	Determinar el indicador ambiental del consumo del papel al finalizar el semestre, registrar los datos en el plan de control y monitoreo EIQ-PALIQ-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad
Acciones para la no conformidad	Auxiliar de la sección	Si el indicador calculado conlleva a una no conformidad determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla VIII.

LÍNEA DE ACCIÓN: CONSUMO DE PAPEL		
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 2		Hoja No. _2_ de _3_
<b>OBJETIVOS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el consumo de papel en el Laboratorio de Ingeniería Química 2</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> <li>• Monitorear el consumo de papel</li> </ul>		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Inducción sobre el uso adecuado de papel	Profesores de la sección	Indicar en la sesión informativa que los estudiantes utilicen papel reciclado, impreso a ambos lados de la hoja y sin fólder.
Cumplir con el programa del curso, del uso de papel	Estudiantes	Utilizar papel reciclado, imprimir en ambos lados de la hoja y eliminar el fólder para la entrega de reportes, investigaciones y preparaciones.
Verificar el cumplimiento del programa del curso del uso correcto del papel	Profesores de la sección	Verificar que los estudiantes utilicen ambos lados de las hojas en sus reportes de laboratorio, tareas e investigaciones, que las hojas sean de papel reciclado y que no utilicen fólder.
Recolección y reciclaje del papel	Estudiantes	Al finalizar el semestre, todas las hojas que ya fueron calificadas, debe ser entregado al centro de acopio de la oficina verde de la facultad.
	Profesores de la sección	Al finalizar el semestre todas las hojas, deben ser entregados al centro de acopio de la oficina verde de la facultad.
Determinación del indicador ambiental de papel	Auxiliar de la sección	Determinar el indicador ambiental de consumo de papel con el procedimiento EIQ-PALIQ02.
Monitoreo de la reducción del indicador del consumo de papel	Auxiliar de la sección	Determinar el indicador ambiental del consumo del papel al finalizar el semestre, registrar los datos en el plan de control y monitoreo EIQ-PALIQ-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad
Acciones para la no conformidad	Auxiliar de la sección	Si el indicador calculado conlleva a una no conformidad determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla VIII.

LÍNEA DE ACCIÓN: CONSUMO DE PAPEL	
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	Hoja No.3_de_3_
EIQ-PALIQ02: Procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de papel	
a) Pesar las preparaciones, reportes, investigaciones y hojas utilizadas por el profesor y estudiantes de todo el semestre.	
b) Anotar el peso correspondiente de papel en Kg	
c) Dividir el resultado del inciso b) entre el número de estudiantes	
Fórmula para calcular el indicador del consumo de papel:	
$ICP = \frac{\text{Peso de papel}}{\text{Número de estudiantes}}$	
ICP = Indicador de consumo de papel en el laboratorio	
*Kg = kilogramos	
*1Kg = 221 Hojas tamaño carta de 80gr	

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Programa Ambiental del consumo de energía eléctrica en el laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**

LÍNEA DE ACCIÓN: CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1		Hoja No. 1_de_3_
Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma hábitos en los profesores y estudiantes para el uso eficiente de la energía eléctrica</li> <li>• Disminuir el consumo de energía eléctrica</li> <li>• Desarrollar un procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de energía eléctrica</li> <li>• Monitorear el consumo de energía eléctrica.</li> </ul>		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Inducción sobre el uso adecuado de la energía eléctrica	Profesor de la sección	Incluir en la sesión informativa una sección sobre el uso adecuado de la energía eléctrica dentro del laboratorio
Buenas prácticas en el uso de computadoras	Estudiantes	Ajustar el brillo de la pantalla a un grado medio. Este ajuste ahorra entre un 15-20% de energía. Únicamente el salva pantallas “negro” produce un ahorro de 7.5 W. Configure la computadora para que entre en modo “espera”, o apague la pantalla.
Buenas prácticas en la iluminación	Auxiliar encargado	Verificar que las ventanas se mantengan limpias. Verificar que las lámparas funcionen correctamente. Encender la luz únicamente para las secciones de la noche (después de las 18:00hrs)
Buenas prácticas en el uso de equipo	Auxiliar encargado	Los equipos consumen una energía mínima incluso apagados, por lo que se debe desconectar el alimentador de corriente al final de la jornada.
	Estudiantes	Apagar y desconectar el equipo (bombas centrífugas, caldera, etc) que no está siendo usado y/o al finalizar la práctica
Determinación del indicador ambiental de energía eléctrica	Auxiliar encargado	Determinar el indicador ambiental de consumo de energía eléctrica con el procedimiento EIQ-PALIQ03.
Monitoreo del indicador del consumo de energía	Auxiliar encargado	Determinar el indicador ambiental de energía eléctrica al inicio y final de semestre. Registrar los datos en el plan de control y monitoreo EIQ-PALIQ-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
Acciones para la no conformidad	Auxiliar encargado	Si el indicador calculado conlleva a una no conformidad determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla IX.

LÍNEA DE ACCIÓN: CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA		
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 2		Hoja No. <u>  2  </u> de <u>  3  </u>
Objetivos:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma hábitos en los profesores y estudiantes para el uso eficiente de la energía eléctrica</li> <li>• Disminuir el consumo de energía eléctrica</li> <li>• Desarrollar un procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de energía eléctrica</li> <li>• Monitorear el consumo de energía eléctrica.</li> </ul>		
ACTIVIDAD	RESPONSABLE	TAREAS
Inducción sobre el uso adecuado de la energía eléctrica	Profesor de la sección	Incluir en la sesión informativa una sección sobre el uso adecuado de la energía eléctrica dentro del laboratorio
Buenas prácticas en el uso de computadoras	Estudiantes	Ajustar el brillo de la pantalla a un grado medio. Este ajuste ahorra entre un 15-20% de energía.
		Únicamente el salva pantallas “negro” produce un ahorro de 7.5 W. Configure la computadora para que entre en modo “espera”, o apague la pantalla.
Buenas prácticas en la iluminación	Auxiliar de la sección	Verificar que las ventanas se mantengan limpias.
		Verificar que las lámparas funcionen correctamente y que las pantallas de las lámparas se mantengan limpias
		Encender la luz únicamente para las secciones de la noche (después de las 18:00hrs)
Buenas prácticas en el uso de equipo	Auxiliar de la sección	Los equipos consumen una energía mínima incluso apagados, por lo que se debe desconectar el alimentador de corriente al final de la jornada.
	Estudiantes	Apagar y desconectar el equipo (bombas centrífugas, caldera, etc) que no está siendo usado y/o al finalizar la práctica
Determinación del indicador ambiental del consumo de energía eléctrica	Auxiliar de la sección	Determinar el indicador ambiental de consumo de energía eléctrica con el procedimiento EIQ-PALIQ03.
Monitoreo del indicador del consumo de energía	Auxiliar de la sección	Determinar el indicador ambiental del consumo de energía eléctrica al inicio del semestre y al terminar el semestre. Registrar los datos en el plan de control y monitoreo EIQ-PALIQ-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
Acciones para la no conformidad	Auxiliar de la sección	Si el indicador calculado conlleva a una no conformidad determinar y desarrollar acciones para superarla.



Continuación de la tabla IX.

LÍNEA DE ACCIÓN: CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	Hoja No. 3_de_3
<p>EIQ-PALIQ03: Procedimiento para la obtención del indicador ambiental del consumo de energía</p> <p>a) Realizar un inventario de todos los equipos que consumen energía eléctrica dentro del laboratorio, con sus respectivas especificaciones</p> <p>b) Calcular el tiempo en que los equipos están encendidos por práctica</p> <p>c) El consumo total se divide por el número de estudiantes semestre.</p> <p style="text-align: center;">—</p> <p>En donde:            Potencia= Potencia del equipo (Kw)            V= Voltaje del Equipo (Volts)            I= Corriente (Amperio)</p> <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>	
Fórmula para calcular el indicador del consumo de energía:	
<p style="text-align: center;">—————</p> <p>En donde:            IEE= Indicador del consumo de Energía Eléctrica en el Laboratorio            KWh= Kilowatt hora            No. Estudiante x semestre= Número de estudiantes atendidos por semestre.</p>	

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Programa Ambiental de residuos y desechos en el laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la Unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2		Hoja No. 1 de 4
<b>OBJETIVOS:</b> <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 procedimientos 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 en el laboratorio	Profesores de la sección	Incluir en la sección informativa una sección sobre el uso adecuado de los reactivos y materiales dentro del laboratorio
Verificar el cumplimiento del procedimiento en cada practica del manual del estudiante de los laboratorios de ingeniería química 1 y 2	Profesores de la sección	Verificar que los estudiantes utilicen como máximo el valor establecido en los procedimientos para el uso de reactivos dentro del laboratorio.
Clasificación de los residuos químicos	Profesores de la sección	Verificar que los residuos químicos sean depositados en recipientes debidamente identificados. Apartar los que necesitan un tratamiento especial y los residuos químicos que se puedan tratar fácilmente.
Aceptación de donaciones de reactivos en los laboratorios de Ingeniería Química 1 y 2	Coordinador del Laboratorio de Operaciones unitarias	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 químico producidos por trabajos de graduación de estudiantes dentro de las instalaciones del Laboratorio.	Coordinador del laboratorio de Operaciones unitarias, 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.

Continuación de la tabla X.

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la Unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2		Hoja No. 2 de 4
Cumplir con el "procedimiento" establecido en cada practica del manual del estudiante de los laboratorios de ingeniería química 1 y 2	Estudiantes	Utilizar como máximo el valor establecido en los procedimientos para el uso de reactivos dentro de los laboratorios de Ingeniería Química 1 y 2
Tratamiento de los residuos químicos	Estudiantes	Darle tratamiento a los residuos químicos generados en el laboratorio que se puedan tratar fácilmente, revisar la tabla adjunta PA-LIQ-04-TA
RESIDUOS QUÍMICOS DE LA TABLA: PA-LIQ-04-TA		
Medición del pH de los residuos químicos	Estudiantes	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 ( $\text{pH} > 7.5$ ).
Neutralización	Estudiantes	a) Preparar la solución de HCl o NaOH, de acuerdo a la concentración que se necesite, revisar si ya existen soluciones que puedan ser reutilizadas. b) agregar HCl o NaOH dependiendo el caso hasta lograr un pH dentro del rango neutro ( $6.5 \leq \text{pH} \leq 7.5$ )
Diluir	Estudiantes	Diluir la solución y descargarla al desagüe
Supervisar el tratamiento de los residuos químicos	Profesores de la sección	Supervisar que los estudiantes utilicen los procedimientos adecuados para tratar los residuos químicos generados en el laboratorio que se puedan tratar fácilmente, revisar la tabla adjunta PA-LIQ-04-TA.
RESIDUOS QUÍMICOS DE LA TABLA: PA-LIQ-04-TB		
Disposición final de los residuos químicos que necesitan un tratamiento especial	Profesores de la sección	Almacenar los recipientes con los residuos químicos que necesitan un tratamiento especial revisar tabla PA-LIQ-04-TB en un lugar designado por el coordinador del LIQ para su posterior recolección por parte de la empresa de manejo de residuos químicos especiales

Continuación de la tabla X.

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS		
Nombre de la Unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2		Hoja No. <u>3</u> de <u>4</u>
Recolección de los residuos químicos especiales	Coordinador del LIQ/ 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	Profesores de la sección	Asegurarse que los recipientes de desechos (papel, plástico, vidrio, y orgánicos) se encuentren debidamente identificados
Verificar la clasificación de los desechos	Profesores de la sección	Verificar que los estudiantes depositen los desechos en el recipiente respectivo
Clasificación de los desechos	Estudiantes	Depositar los desechos en el recipiente respectivo (papel, vidrio, plásticos y orgánicos)
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 residuos y desechos	Auxiliar encargado	Determinar el indicador ambiental con el procedimiento EIQ- PALIQ04.
Monitoreo de la reducción del indicador de residuos y desechos	Auxiliar encargado	Determinar el indicador ambiental al inicio del semestre y al terminar el semestre, registrar los datos en el plan de control y monitoreo EIQ-PALIQ-PM y verificar que el indicador lleve a una conformidad.
Acciones para la no conformidad	Auxiliar encargado	Si el indicador calculado conlleva a una no conformidad determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla X.

LÍNEA DE ACCIÓN: RESIDUOS Y DESECHOS	
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	HojaNo.4_de_4
EIQ-PALIQ04: Procedimiento para la obtención del indicador ambiental de residuos y desechos:	
LÍQUIDOS:	
a) Registrar el volumen de residuos químicos líquidos que son tratados y desechados en el laboratorio por práctica. b) Convertir esta cantidad en litros (L) c) dividir el resultado del inciso b) dentro del número de estudiantes	
Fórmula para calcular el indicador de la generación de residuos químicos líquidos y desechos líquidos:	
$\text{IRQL} = \frac{\text{L}}{\text{N}}$	
En donde: IRQL= Indicador de Residuos Químicos/Desechos Líquidos L=Litros	
SÓLIDOS:	
a) Registrar la masa de residuos químicos sólidos que son tratados y desechados en el laboratorio por práctica. b) Convertir esta cantidad en litros (Kg) c) dividir el resultado del inciso b) dentro del número de estudiantes	
Fórmula para calcular el indicador de la generación de residuos químicos y Desechos Sólidos:	
$\text{IRQS} = \frac{\text{Kg}}{\text{N}}$	
IRQS = Indicador de residuos químicos/Desechos sólidos Kg= Kilogramos	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Programa Ambiental de factores ambientales en el Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2**

FACTORES AMBIENTALES		
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2		Hoja No.1_de_3
<p>Objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir la temperatura y el porcentaje de humedad relativa en el laboratorio</li> <li>• Mantener aceptable 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	Auxiliar encargado	Verificar que estén en funcionamiento los ventiladores y extractores del Laboratorio desde el inicio hasta el final de la práctica
Determinación del Factor Ambiental	Estudiante Practicante (delegado por Oficina Verde)	Determinar el factor ambiental con el procedimiento EIQ-PA-LIQ05, registrar los valores de los factores ambientales y entregarlos al Profesor del Laboratorio.
Monitoreo del Factor Ambiental	Estudiante Practicante (delegado por Oficina Verde)	Verificar que el factor ambiental este dentro del rango adecuado según las normas indicadas en el procedimiento EIQ-PA-LIQ05. Entregar el plan de control y monitoreo al Profesor del Laboratorio.
Acciones para la no conformidad	Auxiliar de la sección	Si el factor ambiental conlleva a una no conformidad, determinar y desarrollar acciones para superarla.

Continuación de la tabla XI.

FACTORES AMBIENTALES	
Nombre de la unidad: Laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2	Hoja No:2_de_3
EIQ-PALIQ05: procedimiento para la temperatura y porcentaje de humedad relativa	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Solicitar el higrómetro Datalogger USB - WK057 al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia</li> <li>b) Colocar el equipo en seis puntos diferentes dentro del laboratorio</li> <li>c) Registrar la hora de inicio de la medición</li> <li>d) Por cada punto donde se colocó el equipo darle un tiempo de 5min. aproximadamente</li> <li>e) Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia indicándole al técnico el horario en que se utilizó el equipo.</li> <li>f) Leer las gráficas asociadas a las horas o al tiempo de medición en función de la temperatura y la humedad relativa</li> <li>g) Comparar los datos obtenidos con los valores de referencia</li> </ul>	
<p>Valor de Referencia: Norma ANSI/ASHRAE 62.12004 establece que el rango estándar de valores del parámetro de Humedad Relativa recomendado para recintos cerrados, se debe encontrar entre 30% a 65%. La Norma ASHRAE 1991 establece que la temperatura de confort para recintos cerrados debe estar entre 20°C a 24°C.</p>	
EIQ-PALIQ05: Procedimiento para el ruido	
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Solicitar el Decibelímetro SPER Scientific 840013 al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia</li> <li>b) Colocar el decibelímetro en seis puntos diferentes dentro del laboratorio</li> <li>c) Registrar el valor de decibeles (dB<sub>A</sub>) por cada punto en el laboratorio</li> <li>d) Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia</li> <li>e) Comparar los datos obtenidos con los valores de referencia.</li> </ul>	
<p>Valor de Referencia: Legislación Colombiana. Resoluciones 8321 y 1792 extendidas por el ministerio de Salud y Trabajo Social para 4 horas de trabajo debe ser menor o igual a 95dB<sub>A</sub>.</p>	

Continuación de la tabla XI.

EIQ-PALIQ05: Procedimiento para la iluminación
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>a)</b> Solicitar el Luxómetro. SPER Scientific 84006 al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia</li> <li><b>b)</b> Colocar el Luxómetro en seis puntos diferentes dentro del laboratorio (el luxómetro se coloca a la altura del ojo para hacer la medición)</li> <li><b>c)</b> Registrar el valor del luxómetro (luxes) por cada punto en el laboratorio</li> <li><b>d)</b> Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia</li> <li><b>e)</b> Comparar los datos obtenidos con los valores de referencia.</li> </ul>
Valor de Referencia: Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2005, Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo debe ser mayor o igual a 300luxes.
EIQ-PALIQ05: Procedimiento para la Calidad del Aire
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>a)</b> Solicitar el Medidor de Calidad del Aire al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia</li> <li><b>b)</b> Colocar el equipo en tres puntos diferentes dentro del laboratorio</li> <li><b>c)</b> Registrar la hora de inicio de la medición</li> <li><b>d)</b> Por cada punto donde se colocó el equipo darle un tiempo de 30min.</li> <li><b>e)</b> Devolver el equipo al Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia indicándole al técnico el horario en que se utilizó el equipo.</li> <li><b>f)</b> Leer las gráficas asociadas a las horas o al tiempo de medición en función de los parámetros especificados en el equipo.</li> <li><b>g)</b> Comparar los datos obtenidos con los valores de referencia</li> </ul>
Valor de Referencia: PM10 debe ser menor o igual a 120µg/m3 según Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, CO debe ser menor o igual a 35ppm según PEL-TWA(OSHA), CO2 debe ser menor o igual a 1000ppm según ASHRAE ESTANDAR 62-1989

Fuente: elaboración propia.



#### 5.4. Plan de control y monitoreo del Programa Ambiental

El plan de control y monitoreo es para registrar mediciones hechas en las líneas de acción incluyendo la meta a la que se quiere reducir el consumo de cada línea de acción y dejar un formato para asegurar la mejora continua, actualizando las metas por cada vez que se hagan los analices según correspondan.

Tabla XII. Plan de control y monitoreo

EIQ-PALIQ-PM: Plan de control y monitoreo

Meta	Indicador	Fecha	Respon sable	Conformidad		Observaciones	Acciones para superar la no conformidad
Línea de acción: Agua							
Reducir el consumo de agua al re-circular el agua en un 10% (de 4600L/ estudiante* semestre a 4140L/ estudiante* semestre)				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		
Línea de acción: Papel							
Reducir el consumo de papel un 5% de 0,92 Kg/ Estudiante - semestre a 0,87Kg/ Estudiante - semestre				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		

Continuación de la tabla XII.

Línea de acción: Energía Eléctrica							
Reducir el consumo de energía eléctrica en 20% (de 12,24KWH/sección* práctica a 9,68KWH/sección* práctica)				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		
Línea de acción: Residuos y Desechos							
Reducir la generación de residuos químicos a 0 L y 0 Kg				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		
Factores Ambientales							
Ruido							
Legislación colombiana, valores límites permisibles para el ruido continuo resoluciones 8321 y 1792, Para 3 horas el valor límite es de 97 dB.				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		

Continuación de la tabla XII.

Iluminación							
Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2005, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Distinción moderada de detalles, niveles mínimos de iluminación: 300 lux				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		
Porcentaje de humedad relativa							
Norma ANSI/ASHRA E 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		
Temperatura							
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		

Continuación de la tabla XII.

Calidad de Aire							
Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1193, PM <sub>10</sub> , aceptable ≤ 120 microgramos/m <sup>3</sup> ; CO PEL-TWA (OSHA), aceptable ≤ 120 ppm; CO <sub>2</sub> ASHRAE ESTANDAR 62-1989, aceptable ≤ 1000 ppm; DFI NORMA 1910.1000 (OSHA) Y ACGIH (1989-1990)				si	no		
				si	no		
				si	no		
				si	no		

Fuente: elaboración propia.

## 6. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En la evaluación para determinar los potenciales de mejora se desarrollaron mediciones en diferentes puntos en el laboratorio de Operaciones Unitarias generando resultados para cada línea de acción, entre los que se pueden mencionar los siguientes: en la línea de acción del consumo de agua se utilizó un caudalímetro ultrasónico para conocer el valor del flujo de agua en las tuberías principales del laboratorio, obteniendo así para el laboratorio de Ingeniería Química 1 que el suministro de agua hacia los equipos de Intercambiadores de Calor proviene de la tubería de la pileta rectangular de 160 m<sup>3</sup> ubicada en el mismo laboratorio.

El agua llega a los intercambiadores y es utilizada por cada equipo saliendo de este hacia el drenaje y el flujo de salida para el Intercambiador de Calor de Tubos Concéntricos equivale a un indicador de 1817,28 L/estudiante\*semestre y para el Intercambiador de Calor de Concha y Tubos equivalente a un indicador de 2782,71 L/estudiante\*semestre, cabe mencionar que los equipos de Medidores de Flujo, Bomba Centrífuga y Caídas de Presión cuentan con su propio tanque de suministro de agua el cual es un circuito de agua cerrado por lo que no se tomó en cuenta en las mediciones del flujo de agua.

Obteniendo de esa manera para el laboratorio de Ingeniería Química 1 un indicador ambiental de consumo de agua de 4600 L/estudiante\*semestre, según tabla II de la sección de resultados.

Para el laboratorio de Ingeniería Química 2 se identificó que el agua utilizada en los equipos provenía de la tubería de la pileta rectangular de 160m<sup>3</sup> ubicada en el mismo laboratorio, el agua era suministrada a la torre de Humidificación que se encuentra en recirculación al mismo punto, al igual que a la torre de destilación el agua va hacia este equipo pero regresa a la pileta, la caldera cuenta con su propio tanque de agua donde el agua utilizada se convierte en vapor para ser suministrado a los equipos con una eficiencia global en la caldera de 82%.

Según figura 9 de la sección de resultados, el equipo de secado no utiliza agua para su funcionamiento al igual que los equipos de extracción líquido-líquido (que no está siendo utilizado por más de tres semestres) ni el equipo de adsorción, por lo que solo se consideró el flujo de agua en la tubería de agua en la pileta rectangular, que es el consumo de agua por equipo que cuenta con sistema de recirculación de agua obteniendo un indicador de consumo de agua de 1987,65 L/estudiante\*semestre, según tabla II de la sección de resultados.

Para la línea de acción del consumo de papel se utilizó una balanza para obtener el peso en kg del papel generado por los estudiantes y del papel consumido por profesores y/o auxiliares por lo que, en el laboratorio de Ingeniería Química 1 se obtuvo un indicador de papel generado por estudiantes de 0,57 kg/estudiante\*semestre, según tabla III de la sección de resultados, este valor consiste en reportes, investigaciones y preparaciones donde cada grupo de trabajo de cinco estudiantes imprimen un promedio de 20 hojas impresas a ambos lados de la hoja en sus reportes que deben entregar al auxiliar o profesor de la sección cada 8 días desde el inicio del semestre.

El papel consumido por el profesor y/o auxiliar de laboratorio se obtuvo un indicador de 0,03 kg/estudiante\*semestre, según tabla III de la sección de

resultados, este valor consiste en hojas de asistencia, hojas de trabajo y exámenes que son reproducidos en el centro de impresión de la Facultad de Ingeniería. Cabe mencionar que el profesor después de calificar cada investigación o reporte de laboratorio a cada grupo de trabajo, se los devuelve a cada uno de ellos, por lo que no se acumula papel dentro del Laboratorio de Ingeniería Química 1 generando así una inexistencia de acumulación de papel dentro del laboratorio.

En el laboratorio de Ingeniería Química 2 se tiene un indicador de papel generado por los estudiantes de  $0,24 \text{ kg/estudiante*semestre}$ , según tabla III de la sección de resultados, que consiste en reportes e investigaciones que los estudiantes imprimen en sus casas o en la universidad por grupos de trabajo de cinco integrantes, las hojas son impresas a doble cara y lo entregan al profesor y/o auxiliar cada 8 días desde el inicio del semestre, luego para el papel consumido por profesores y/o auxiliares se obtuvo un indicador de  $0,09 \text{ kg/estudiante*semestre}$ .

Según tabla III de la sección de resultados, este valor consiste en hojas de asistencia, hojas de trabajo y exámenes que son reproducidos en el centro de impresión de la Facultad de Ingeniería. Cabe mencionar que el profesor después de calificar cada investigación o reporte de laboratorio a cada grupo de trabajo, se queda él con los reportes o investigaciones sin devolvérselos a los estudiantes, generando así una inexistencia de acumulación de papel en el laboratorio.

Para la línea de acción de consumo de energía eléctrica se midió con un multímetro el valor del voltaje y la corriente en cada equipo de laboratorio para conocer el valor de la potencia de consumo de cada equipo según las horas de utilización del equipo, también se verificó el valor de la potencia de cada

luminaria y en las computadoras e impresoras que los alumnos ingresan a dicho laboratorio.

Para el curso de Ingeniería Química 1 se obtuvo un indicador de consumo de 10,91 KWH/estudiante\*semestre, según tabla IV de la sección de resultados, este valor se debe al uso de bombas centrífugas para la circulación de fluidos, un rotor que se utiliza en la práctica de curvas características en la bomba centrífuga y en la parte eléctrica que posee la caldera, al mismo tiempo incluye el uso de computadoras portátiles y/o impresoras que los estudiantes ingresan al laboratorio de dos a tres por cada grupo de trabajo y el uso de luminarias que se utilizan dicho laboratorio.

En el laboratorio de Ingeniería Química 2 se obtuvo un indicador de 18,03 KWH/estudiante\*semestre, según tabla IV de la sección de resultados, este valor se debe al uso de bombas centrífugas para la circulación de fluidos, siete resistencias que se utilizan en la práctica de torre de destilación y en la parte eléctrica que posee la caldera, al mismo tiempo incluye el uso de computadoras portátiles y/o impresoras que los estudiantes ingresan al laboratorio de dos a tres por cada grupo de trabajo y el uso de luminarias que se utilizan dicho laboratorio.

En la línea de acción de residuos químicos y desechos se realizaron mediciones para reactivos químicos sólidos y reactivos químicos líquidos al igual que desechos sólidos y desechos líquidos, para los reactivos o desechos sólidos se pesaron con una balanza y para los reactivos o desechos líquidos se cuantificó su volumen en ml.



En el laboratorio de Ingeniería Química 1 se obtuvo un indicador de 0 ml de reactivo o desecho/estudiante\*semestre y 0 kg de reactivo o desecho/estudiante\*semestre, según tabla V de la sección de resultados.

Esto debido a que el laboratorio no produce materiales; en dicho laboratorio se utiliza aceite en el intercambiador de calor de tubos concéntricos pero este cuenta con un sistema de recirculación por lo que no se desecha en el laboratorio y no se generan desechos sólidos o líquidos debido a que no es permitido ingresar alimentos al laboratorio y existe un adecuado control del mismo.

En el laboratorio de Ingeniería Química 2 se determinó que el indicador de residuos químicos líquidos es de 105,88 ml/estudiante\*semestre, según tabla V de la sección de resultados, no existen residuos químicos sólidos ni desechos sólidos y/o líquidos actualmente en el laboratorio, el indicador obtenido es debido a la utilización de Alcohol Etílico en la práctica de la torre de destilación.

Cabe mencionar que actualmente no se está utilizando el equipo de extracción líquido-líquido en cual se utilizaba éter di etílico, ácido acético, agua y hidróxido de sodio 3M, ni se está utilizando la torre de absorción que utilizaba acetona para su realización, por lo que no se consideró en las mediciones realizadas.

El equipo de combustión utiliza combustible tipo diesel para su realización pero este al quemarse emite gases de combustión que fueron analizados según la figura 9 de la sección de resultados que muestran las concentraciones en porcentaje de volumen para el oxígeno y dióxido de Carbono y las concentraciones en partes por millón de dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno respectivamente.

Otras de las mediciones que se realizaron en los laboratorios de Ingeniería Química 1 y 2 fueron los factores ambientales en los que se consideraron: iluminación, temperatura, porcentaje de humedad relativa, ruido y parámetros medibles en la calidad del aire como partículas en suspensión  $PM_{10}$ , dióxido y monóxido de carbono y detector de fotoionización DFI.

Para cada uno de estos parámetros se buscaron normas y legislaciones internacionales debido a que no existen normas guatemaltecas que regulen estos parámetros, por lo que podemos observar en la figura 4 “Nivel de Iluminación en el laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2” de la sección de resultados, que la iluminación de 17:00 a 19 hrs es inaceptable en cualquier punto de medición según la 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.

Para la figura 5 “Nivel de temperatura en el laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2” en la sección de resultados, se observa que la temperatura en cualquier horario calculado es mayor a  $24^{\circ}C$  que es el máximo valor permisible según la Norma ASHRAE 1991 que establece que la temperatura de confort para recintos cerrados debe estar entre  $20^{\circ}C$  a  $24^{\circ}C$ .

Para la figura 6 “Nivel de porcentaje de Humedad Relativa en el laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2” de la sección de resultados, se observa que existen algunos puntos dentro del laboratorio en que no se cumple con el rango permitido 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%.

Para la figura 7 “Nivel de ruido en el laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2” de la sección de resultados, se observa que nivel de ruido es aceptable en los puntos medidos en el laboratorio según la 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 4 horas el valor límite es de 95dB.

Para la figura 8 “Calidad del aire en el laboratorio de Ingeniería Química 1 y 2” de la sección de resultados, se observa que los parámetros están de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1193,  $PM_{10}$ , aceptable  $\leq 120$  microgramos/  $m^3$ ; CO PEL-TWA (OSHA), aceptable  $\leq 35$  ppm; CO2 ASHRAE ESTANDAR 62-1989, aceptable  $\leq 1000$  ppm; DFI NORMA 1910.1000 (OSHA) Y ACGIH (1989-1990).

Los factores ambientales calculados y descritos anteriormente se consideraron debido al impacto ambiental que puede estar causando el laboratorio a nuestro entorno o que el entorno pueda incurrir sobre él, debido a la actividad creciente del calentamiento global debido a emisiones atmosféricas que contribuyen a este fenómeno.

Además el análisis termográfico, según figura 10 de la sección de resultados, realizado en la caldera y el análisis de gases de chimenea solo ayudó a diagnosticar la posible contaminación ambiental que la caldera tenga hacia el ambiente, sin continuar en un análisis de mejora debido a que la caldera no cumple con normativos internacionales en cuanto a disposición y espacio.

Según la tabla VI “Plan de acción y mejora ambiental en los laboratorios de Ingeniería Química 1 y 2” de la sección de resultados, se describe cada una

de las tareas y actividades que deben realizarse para que se mejoren o disminuyan los indicadores ambientales obtenidos en cada línea de acción y diagnóstico realizado en el laboratorio, incluye un porcentaje de lo que se desea reducir al implementar cada mejora y las personas que se verán involucradas así como el financiamiento que se requerirá para que existan las mejoras en el laboratorio.

Las tablas de la VII a XI “Programa ambiental en los laboratorios de ingeniería Química 1 y 2” de la sección de resultados, se muestra todas las actividades y tareas que deben seguir tanto estudiantes, auxiliares como profesores cuando el plan de acción y mejora esté implementado, considerando variantes que puedan incurrir en el laboratorio.

La tabla XII “Plan de Control y Monitoreo del programa ambiental” de la sección de resultados, incluye las metas a las que se quiere llegar después de implementado el plan de mejora, luego que el plan de mejora se haya implementado se deben seguir haciendo mediciones para asegurar la mejora continua, con la variante en que las metas se irán mejorando cada vez que se hayan superado las no conformidades.

## CONCLUSIONES

1. Los laboratorios de Ingeniería Química 1 y 2 no cuentan con un contador de agua que facilite el monitoreo del consumo de agua.
2. Al cambiar la tecnología de la luminaria de T-12 a T-8 se reducirá el consumo en un 20%.
3. El consumo de agua en el laboratorio de Ingeniería Química 1 se reducirá en un 10% al instalar un sistema de recirculación de agua a los intercambiadores de calor.
4. El papel generado por estudiantes y profesores se reciclará con el proyecto de oficina verde que será aprobado por la Facultad de Ingeniería.
5. Se desarrolló un plan de acción y mejora con base a los indicadores ambientales obtenidos para cada línea de acción diagnosticada en este trabajo, con el fin de reducir el impacto ambiental que el laboratorio de hacia su entorno.
6. El programa ambiental servirá como una base para la reforma curricular pendiente de aprobación por junta directiva, como parte del desarrollo académico de la Facultad de Ingeniería.
7. El plan de control y monitoreo será utilizado para asegurar el cumplimiento del programa, como parte de la formación académica que se cumple en el laboratorio.



## RECOMENDACIONES

1. Considerar las actividades y tareas descritas en el programa ambiental como obligatorias, para asegurar que el cumplimiento de éstas, contribuirá a formar ingenieros con educación ambiental en cualquier proceso en la industria.
2. Utilizar el análisis presentado en el trabajo de graduación del Ing. Diego Colindres titulado “Estudio técnico para el traslado de dos equipos de generación de vapor que funcionan en el edificio T-5. Implementación y ubicación de una sala de calderas”, para el cambio de la caldera que se encuentra dentro del laboratorio hacia un lugar estandarizado y normalizado para su disposición.
3. Sugerir un análisis completo en la caldera que justifique el traslado de la misma hacia un área estandarizada y normalizada, por medio de un trabajo de graduación o de una empresa de análisis de equipos como lo es el Centro de Producción Más Limpia.
4. Incluir a estudiantes del último año de la carrera de Ingeniería Química, para que realicen sus prácticas finales en hacer las mediciones ambientales que incluye el préstamo del equipo proporcionado por el Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia, y dejando un estudio completo junto con profesores y auxiliares de cada laboratorio.
5. Comprar equipo de medición de factores ambientales para que la Escuela de Ingeniería Química cuente con su propio equipo ambiental.





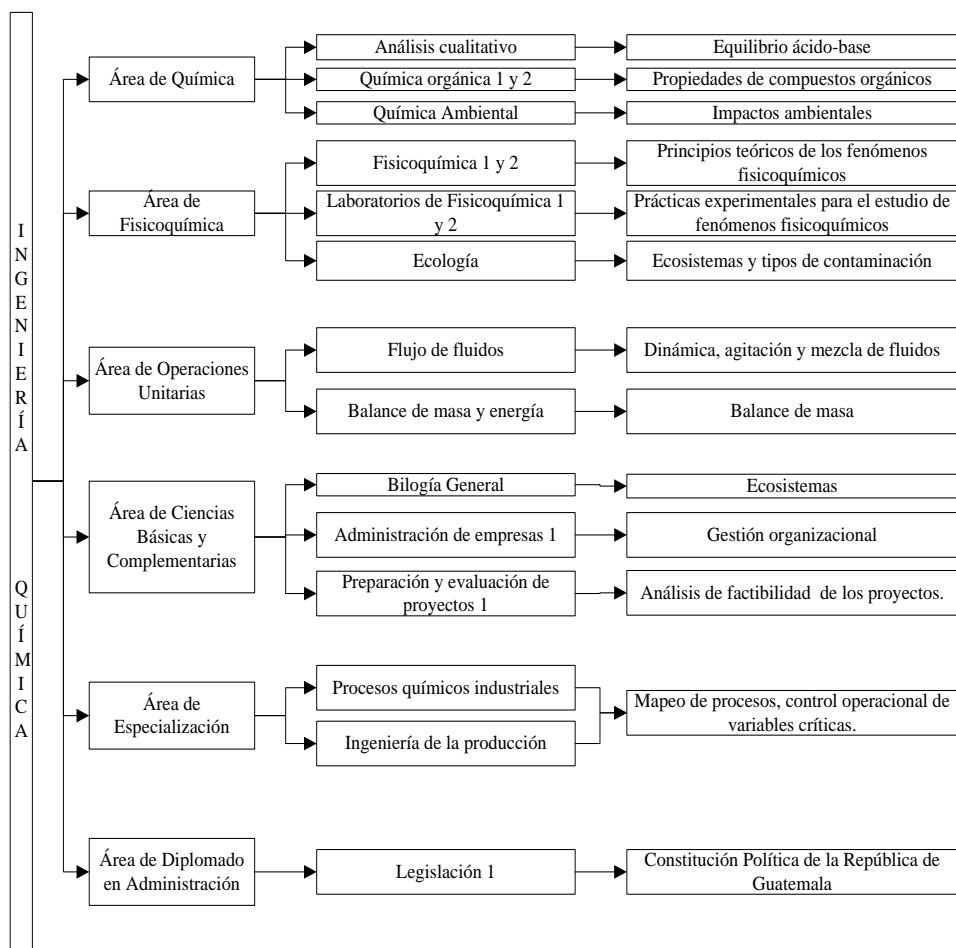
## BIBLIOGRAFÍA

1. ASHRAE *Standard: Ventilation for acceptable indoor air quality*. ANSI/ASHRAE. *Normativa 62.1*. Atlanta: ASHRAE, 2004. 52 p.
2. COLINDRES LÓPEZ, Diego Ricardo. *Estudio técnico para el traslado de dos equipos de generación de vapor que funcionan en el edificio T-5. Implementación y ubicación de una sala de caldera*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Facultad de ingeniería. Universidad de San Carlos, 2010. 121 p.
3. Colombia. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social y de Salud. *Valores límites permisibles para ruido continuo o intermitente. Resolución 001792*. Mayo 1990.
4. Guatemala. Ministerio de Ambiente. *La gestión del MARN en la temática de Producción más Limpia*. Guatemala: MARN, 2010. 5-43 p.
5. \_\_\_\_\_. *Política Nacional de Producción más Limpia. Acuerdo Gubernativo 258-2010*. Septiembre 2010. 10 p.
6. MONROY, Nestor; SAER, Alex; VAN HOOFF, Bart. *Producción más Limpia paradigma de gestión ambiental*. Colombia: Alfa Omega, 2009. 23 p.
7. Secretaría de Trabajo y Previsión Social. *Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1193*. México: STPS, 1994. 3 p.

8. \_\_\_\_\_. *Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2005*. México:  
STPS, 2005. 10 p.

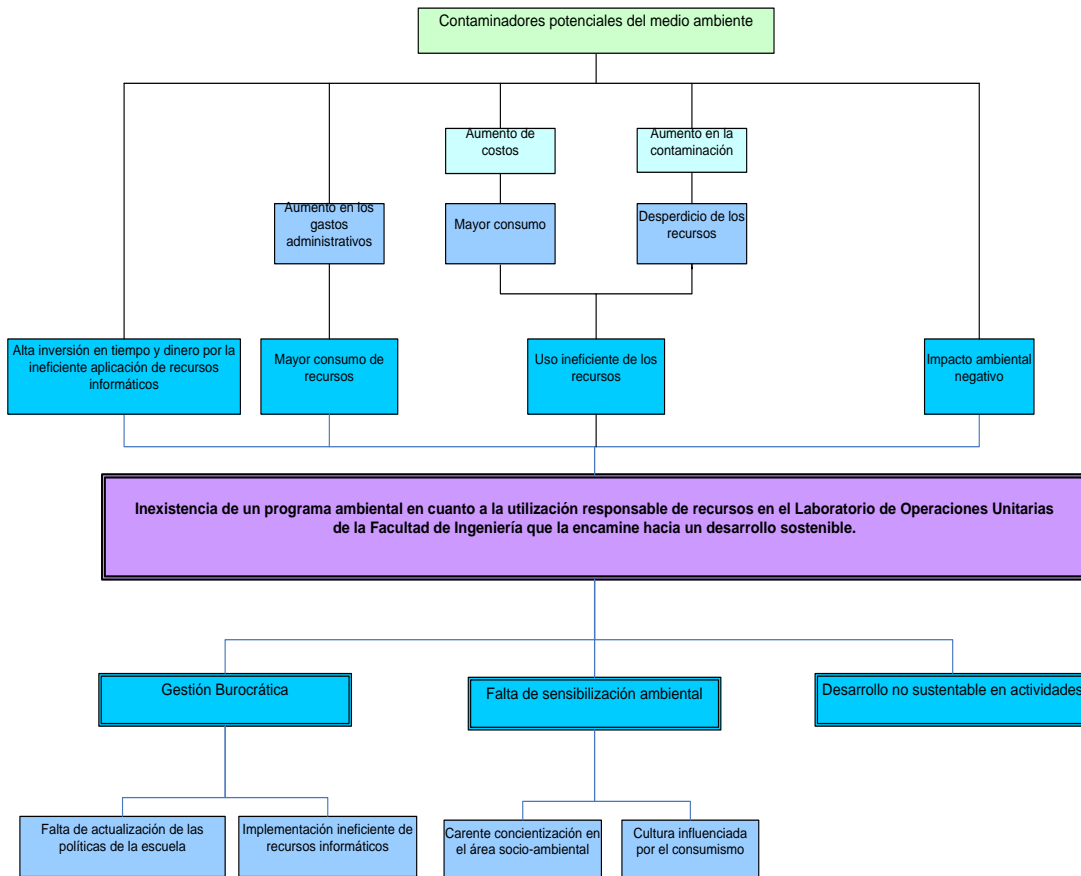
# APÉNDICE

## Apéndice 1. Requisitos académicos



Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Árbol de problemas



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Formato de declaración de donaciones**

<b>FORMATO DECLARACIÓN DE DONACIONES (PAESIQ-001-FDD)</b>	
	Hoja No. <u>1</u> de <u>1</u>
<b>NOMBRE DE LA UNIDAD A LA QUE REALIZA LA DONACIÓN:</b>	
<b>ÁREA DE LA UNIDAD A LA QUE SE REALIZA LA DONACIÓN:</b>	
<b>NOMBRE DEL COORDINADOR DEL ÁREA DE LA UNIDAD A LA QUE SE REALIZA LA DONACIÓN:</b>	
<b>FIRMA DEL COORDINADOR DE LA UNIDAD A LA QUE SE REALIZA LA DONACIÓN DE ENTERADO:</b>	
Sr. (a) Director Escuela de Ingeniería Química (ESIQ)	
Con base en 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.	
<b>Nombre de la empresa o institución donante:</b>	
<b>Nombren de persona que lo envía:</b>	
<b>Firma de la persona que lo envía:</b>	
<b>Tipo de donación :</b>	
<b>Motivo de donación:</b>	
<b>Valor estimado(Q) :</b>	
<b>Estado de la donación:</b>	
<b>Fecha de vencimiento:</b>	
<b>Nombre de la persona que lo recibe en ESIQ:</b>	
<b>Firma de la persona que lo recibe en ESIQ:</b>	
<b>Puesto y cargo de la persona que lo recibe en ESIQ:</b>	
Firma y sello _____ <b>Vo.Bo. Director(a) ESIQ</b>	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Formato de solvencia de desechos**

<b>FORMATO DE SOLVENCIA DE DESECHOS (PAESIQ-002-FSD)</b>	
	Hoja No. <u>1</u> de <u>1</u>
<b>NOMBRE DEL LABORATORIO EN EL QUE REALIZA SU TRABAJO DE GRADUACIÓN:</b>	
<b>NOMBRE DEL COORDINADOR DEL LABORATORIO EN EL QUE REALIZA SU TRABAJO DE GRADUACIÓN:</b>	
<b>NOMBRE DEL COORDINADOR DEL LABORATORIO EN EL QUE REALIZA SU TRABAJO DE GRADUACIÓN DE ENTERADO</b>	
Sr. (a) Coordinador de área	
Con base en lo establecido en el procedimiento estoy declarando que les dí tratamiento a los desechos generados por mi trabajo de graduación dentro de las instalaciones del laboratorio utilizado.	
<b>Nombre del estudiante:</b>	
<b>Número de carné:</b>	
<b>Firma del estudiante:</b>	
<b>Nombre del trabajo de graduación :</b>	
<b>Desechos que generó:</b>	
<b>Nombre de la empresa que trató sus desechos</b>	
<b>Fecha que inició a utilizar las instalaciones:</b>	
<b>Fecha que finalizó a utilizar las instalaciones:</b>	
<b>Nombre del asesor de tesis:</b>	
<b>Firma del asesor de tesis:</b>	
<b>Puesto y cargo del asesor de tesis:</b>	
Firma y sello _____ <b>Vo.Bo. Coordinador de área</b>	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Formato de etiquetado e identificación de desechos**

<b>FORMATO DE ETIQUETADO E IDENTIFICACIÓN DE DESECHOS (PAESIQ-003-FID)</b>	
Hoja No. <u>1</u> de <u>1</u>	
<b>Nombre del estudiante:</b>	
<b>Nombre del de trabajo de graduación</b>	
<b>Nombre del asesor de trabajo de graduación</b>	
<b>Tipo de desecho</b>	
<b>Cantidad de desecho</b>	

Fuente: elaboración propia.