



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

**ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE  
EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

**Héctor Rolando Méndez Rossal**

Asesorado por la MA. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, mayo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE  
EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**HÉCTOR ROLANDO MÉNDEZ ROSSAL**

ASESORADO POR LA MA. INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MAYO 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

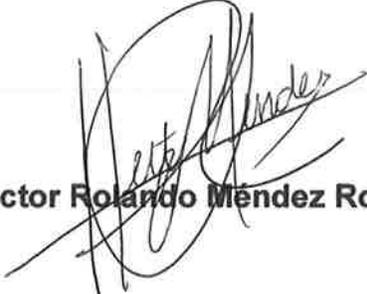
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **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:

### **ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**

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



**Héctor Rolando Méndez Rossal**



Guatemala, 25 de marzo de 2015.  
REF.EPS.DOC.272.03.2015.

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

Estimado Ing. Rodríguez Serrano.

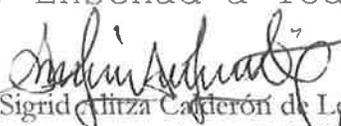
Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Héctor Rolando Méndez Rossal**, Carné No. **200714487** procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

  
Inga. Sigrid Alitza Calderón de León  
Asesora-Supervisora de EPS  
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



Guatemala, 25 de marzo de 2015.  
REF.EPS.D.151.03.2015

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

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**, que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Héctor Rolando Méndez Rossal** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte de la Asesora-Supervisora de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvia José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS

SJRS/ra





Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Rolando Méndez Rossal**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas  
Catedrático / Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2015.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.062.015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Rolando Méndez Rossal**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. César Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2015.

/mgp



DTG. 200.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC**, presentado por el estudiante universitario: **Héctor Rolando Méndez Rossal**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Angel Roberto Sic García  
Decano

Guatemala, 7 de mayo de 2015



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por guiarme a lo largo de este camino y ayudarme a tomar las mejores decisiones.
- Mis padres** Rolando Méndez Sosa y Claudia Eugenia Rossal Álvarez, este éxito es de todos y con su apoyo fue más fácil alcanzarlo.
- Mis hermanas** Claudia y Ana Cecilia Méndez Rossal, por compartir nuestros éxitos y juntos seguir adelante.
- Mis abuelas** Carmen Álvarez y Amalia Sosa, guías de la familia. Por sus oraciones, cuidados, consejos y preocupaciones que ya han tenido sus frutos.
- En memoria** Raúl Méndez (q.e.p.d.), Leonel Rossal (q.e.p.d.) y César Recinos (q.e.p.d.).

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **Mis padres**

Por el apoyo incondicional, confianza y ayuda que me brindaron durante toda la carrera. Por quererme, aconsejarme y acompañarme en todos los momentos que viví estos años.

### **Mis hermanas**

Por compartir los momentos de alegría, tristeza y por escucharme cuando las necesité.

### **Mis abuelas**

Por la atención que me brindaron, sus oraciones, sus comidas y porque siempre me tuvieron en su pensamiento.

### **Carolina Corzo**

Por acompañarme en todos mis momentos de alegría, estrés, felicidad y estudio.

### **Mis tíos**

Mario Méndez, Héctor Méndez, Ingrid Rossal, Lily Rossal y todos los que siempre me han mostrado su apoyo, interés, ayuda y confianza en mí.

**Mis primos**

Javier Rossal, Ericka Vásquez, Andrea Vásquez y todos los que me motivan a seguir adelante y por los momentos que pasamos juntos.

**Mis amigos**

Por todos los momentos compartidos que hicieron que estos años sean de los mejores de mi vida.

**M. Sc. Ingrid Benítez**

Por su continuo apoyo y por todas las enseñanzas que me han ayudado a ser mejor persona, tanto personal como profesionalmente.

**Inga. Sigrid Calderón**

Por su apoyo, guía, consejos y asesoría a lo largo de este proyecto que hoy está culminando con éxito.

**Ing. Jorge Antonio  
Doradea**

Por todo el apoyo y ayuda en el desarrollo de este proyecto desde el inicio.

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por brindarme las instrucciones que me formaron y presentarme a personas que hoy considero más que profesores y compañeros, son amigos que me acompañan en todos estos procesos.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XVII
GLOSARIO .....	XIX
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN .....	XXVII
1. GENERALIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.....	1
1.1. Breve historia.....	1
1.2. Descripción general.....	4
1.3. Misión .....	6
1.4. Visión.....	6
1.5. Organización de la institución.....	7
1.6. Población estudiantil, personal administrativo y docente .....	9
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FIUSAC .....	11
2.1. Diagnóstico.....	11
2.1.1. Antecedentes y situación actual .....	11
2.1.2. Identificación de emisiones en la FIUSAC .....	16
2.1.3. Análisis FODA .....	19
2.1.3.1. Fortalezas.....	19
2.1.3.2. Oportunidades .....	20

	2.1.3.3.	Debilidades.....	21
	2.1.3.4.	Amenazas .....	21
	2.1.3.5.	Estrategias FODA .....	22
2.2.		Capacitación para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero .....	25
	2.2.1.	Guía Bibliográfica de Capacitación .....	25
		2.2.1.1. Monografía Efecto Invernadero .....	25
		2.2.1.2. Resumen técnico PAS 2050:2011.....	26
		2.2.1.3. Resumen técnico del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero .....	27
		2.2.1.3.1. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero Parte 1.....	28
		2.2.1.4. Resumen técnico ISO 14064.....	33
	2.2.2.	Capacitación externa.....	34
2.3.		Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC .....	36
	2.3.1.	Guía para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC .....	36
	2.3.2.	Límites del inventario de las emisiones de gases de efecto invernadero de la FIUSAC .....	39
	2.3.3.	Informe de la identificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC .....	41
		2.3.3.1. Identificación de fuentes de emisiones de GEI: área administrativa .....	44
		2.3.3.2. Identificación de fuentes de emisiones de GEI: área docencia.....	46

2.3.4.	Selección de un método de cálculo de las emisiones de GEI en la FIUSAC.....	48
2.3.4.1.	Combustibles .....	49
2.3.4.2.	Soldaduras.....	52
2.3.4.3.	Aire acondicionado .....	54
2.3.4.4.	Reacciones químicas.....	55
2.3.4.5.	Extintores.....	58
2.3.4.6.	Energía eléctrica.....	59
2.3.5.	Recolección de la información para la cuantificación de los GEI .....	62
2.3.5.1.	Manual de procedimientos e instructivos de recolección de la información de fuentes de emisiones de GEI en la FIUSAC.....	62
2.3.5.2.	Programa de recolección de la información .....	104
2.3.5.3.	Información recolectada y ordenamiento de la información.....	112
2.3.6.	Aplicar herramientas de cálculo para la cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC.....	116
2.3.7.	Informe de la cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC.....	128
2.4.	Propuesta del plan de mitigación de las emisiones de GEI de la FIUSAC.....	151
2.4.1.	Introducción de la propuesta.....	151
2.4.2.	Objetivos de la propuesta .....	152
2.4.3.	Análisis de las principales emisiones de GEI cuantificadas (Línea base 2013).....	152

2.4.4.	Análisis y selección de alternativas de mitigación. ....	156
2.4.5.	Propuesta de trabajo para la implementación en la FIUSAC .....	195
2.4.5.1.	Objetivo general de la propuesta.....	195
2.4.5.2.	Estrategias de trabajo .....	196
2.4.6.	Cronograma de actividades.....	203
2.5.	Costos de la propuesta .....	204
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Y EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL .....	205
3.1.	Diagnóstico .....	205
3.2.	Oportunidades de mejora.....	218
3.3.	Alternativas de mejora.....	222
3.4.	Propuesta del plan de reducción del consumo de agua.....	225
3.5.	Costos de la propuesta .....	231
4.	FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN.....	233
4.1.	Diagnóstico de necesidades de capacitación.....	233
4.2.	Planificación de capacitación .....	243
4.3.	Programa de capacitación.....	269
4.4.	Capacitación al equipo del LAFIQ del Centro de Investigaciones de Ingeniería.....	271
4.5.	Costos de la propuesta .....	275

CONCLUSIONES .....	277
RECOMENDACIONES .....	279
BIBLIOGRAFÍA.....	281
ANEXOS.....	285



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Organigrama de la Facultad de Ingeniería .....	8
2.	Incorporación FIUSAC a la educación y gestión ambiental.....	15
3.	Evaluación de redes de estudio de la FIUSAC .....	17
4.	Diagrama de Ishikawa emisiones de GEI en la FIUSAC.....	18
5.	Principios de contabilidad y reporte de GEI .....	29
6.	Alcances de las emisiones de gases de efecto invernadero .....	33
7.	Capacitación externa.....	35
8.	Portada de la guía .....	37
9.	Diagrama de flujo de cuantificación de las emisiones de GEI .....	38
10.	Límite organizacional y operacional de las escuelas facultativas de la FIUSAC .....	40
11.	Límite organizacional y operacional de las otras unidades de la FIUSAC .....	41
12.	Portada del Informe de la Identificación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la FIUSAC.....	42
13.	Identificación de emisiones por áreas .....	44
14.	Portada documento selección de un método de cálculo de las emisiones de GEI en la FIUSAC.....	48
15.	Ecuación emisiones por combustibles según consumo total (en quetzales) .....	50
16.	Ecuación emisiones por combustibles según volumen consumido.....	51
17.	Ecuación emisiones de otros GEI por combustibles .....	52
18.	Ecuación emisiones a partir del consumo de acetileno.....	53

19.	Ecuación de emisiones por aire acondicionado .....	55
20.	Reacción de combustión.....	56
21.	Emisiones generadas por reacciones de combustión .....	57
22.	Emisiones generadas por extintores.....	59
23.	Emisiones generadas por consumo de energía eléctrica .....	61
24.	Portada manual.....	63
25.	Flujograma del procedimiento PRI-01-13 .....	67
26.	Listado maestro de la documentación .....	68
27.	Flujograma del procedimiento PRI-02-13 .....	71
28.	Formulario FRI-02-13 Áreas administrativas, de docencia y de ocio.....	72
29.	Flujograma del procedimiento PRI-03-13 .....	75
30.	Formulario FRI-03-13 Laboratorios de química, hoja 1.....	76
31.	Formulario FRI-03-13 Laboratorios de química, hoja 2.....	77
32.	Flujograma del procedimiento PRI-04-13 .....	80
33.	Formulario FRI-04-13 Laboratorios.....	81
34.	Flujograma del procedimiento PRI-05-13 .....	84
35.	Formulario FRI-05-13 Combustible equipos .....	85
36.	Flujograma del procedimiento PRI-06-13 .....	88
37.	Formulario FRI-06-13 Combustible transporte.....	89
38.	Flujograma del procedimiento PRI-07-13 .....	92
39.	Formulario FRI-07-13 Soldadura .....	93
40.	Formulario FRI-08-13 Control de áreas evaluadas .....	95
41.	Formato FRI-09-13 Carta de solicitud de información .....	103
42.	Portada del Informe de la cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC.....	128
43.	Procedimiento de cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC.....	129

44.	Emisiones totales generadas en la FIUSAC en el primer semestre de 2013 .....	131
45.	Porcentaje de las emisiones totales por el tipo de alcance .....	131
46.	Emisiones generadas por edificio .....	132
47.	Emisiones primarias de GEI generadas en la FIUSAC .....	133
48.	Emisiones primarias generadas por consumo de combustible para transporte.....	134
49.	Emisiones primarias generadas por consumo de combustible para calderas y equipos .....	135
50.	Emisiones primarias generadas por consumo de combustible en prácticas de laboratorios .....	137
51.	Emisiones secundarias de GEI generadas en la FIUSAC.....	138
52.	Emisiones secundarias generadas en la FIUSAC por edificio .....	140
53.	Emisiones secundarias generadas en la FIUSAC por mes.....	140
54.	Emisiones terciarias de GEI generadas en la FIUSAC .....	150
55.	Diagrama de Pareto de las emisiones de GEI en la FIUSAC.....	153
56.	Estimación del consumo de energía eléctrica por equipo o aparato en la FIUSAC .....	154
57.	Estimación del consumo de energía eléctrica por edificio en la FIUSAC .....	155
58.	Reducción del cinco por ciento de emisiones de GEI .....	158
59.	Porcentaje de reducción del consumo de energía eléctrica del edificio T-3.....	159
60.	Paneles fotovoltaicos .....	161
61.	Elementos de los paneles fotovoltaicos .....	163
62.	Funcionamiento de los paneles fotovoltaicos.....	164
63.	Sistemas de paneles fotovoltaicos .....	166
64.	Partes de un led .....	169
65.	Lámparas led .....	170

66.	Cuadro comparativo de las características de las lámparas led.....	171
67.	Paneles fotovoltaicos propuestos .....	199
68.	Ciclo del agua .....	206
69.	Oferta del agua año 2005 .....	209
70.	Tanque almacenamiento de agua para práctica de empuje y estabilidad.....	216
71.	Tanque almacenamiento de agua para práctica de vertederos .....	217
72.	Tanque almacenamiento de agua para práctica pérdidas de energía por fricción .....	217
73.	Consumo de agua en prácticas del Laboratorio de Operaciones Unitarias .....	219
74.	Consumo agua en prácticas del Laboratorio de Mecánica Fluidos .....	220
75.	Comparación consumo de agua por laboratorio en metros cúbicos .....	221
76.	Afiche 1: Optimiza el uso del agua.....	229
77.	Afiche 2: Apaga el grifo .....	229
78.	Afiche 3: No contamines el agua .....	230
79.	Afiche 4: Reporta las fugas.....	230
80.	Encuesta acerca del fenómeno de efecto invernadero .....	235
81.	Ecuación para la estimación de la muestra a encuestar .....	236
82.	Porcentaje respuesta pregunta 1 .....	238
83.	Porcentaje respuesta pregunta 2 .....	239
84.	Porcentaje respuesta pregunta 3 .....	240
85.	Porcentaje respuesta pregunta 4 .....	241
86.	Porcentaje respuesta pregunta 5 .....	241
87.	Porcentaje respuesta pregunta 6 .....	242
88.	Organigrama equipo de seguimiento del proyecto.....	247
89.	Perfil de los puestos del equipo de seguimiento del proyecto .....	248

90.	Diapositivas capacitación Efecto invernadero .....	250
91.	Diapositivas capacitación Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero .....	253
92.	Diapositivas de la presentación Emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC.....	255
93.	Diapositivas presentación Reduzcamos nuestras emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC .....	260
94.	Campaña de concientización, afiche 1 .....	264
95.	Campaña de concientización, afiche 2.....	265
96.	Campaña de concientización, afiche 3.....	266
97.	Campaña de concientización, afiche 4.....	267
98.	Campaña de concientización, afiche 5.....	268
99.	Capacitación LAFIQ .....	273

## TABLAS

I.	Identificación de fuentes de emisiones de GEI.....	17
II.	Fechas de capacitación externa .....	34
III.	Límites de operación de las actividades de la FIUSAC .....	39
IV.	Emisiones de alcance 1, área administrativa.....	44
V.	Emisiones de alcance 2, área administrativa.....	45
VI.	Emisiones de alcance 3, área administrativa.....	45
VII.	Emisiones de alcance 1, área de docencia .....	46
VIII.	Emisiones de alcance 2, área de docencia .....	46
IX.	Emisiones de alcance 3 , área de docencia .....	47
X.	Consumo de combustibles en la FIUSAC.....	49
XI.	Laboratorios con emisiones por soldadura .....	52
XII.	Refrigerantes utilizados .....	54

XIII.	Descripción del procedimiento de identificación y registro de documentos: listado maestro.....	66
XIV.	Descripción del procedimiento de recolección de información: áreas administrativas, de docencia y de ocio.....	70
XV.	Descripción del procedimiento de recolección de información: laboratorios de química.....	74
XVI.	Descripción del procedimiento de recolección de información: laboratorios .....	79
XVII.	Descripción del procedimiento de recolección de información: combustible equipos .....	83
XVIII.	Descripción del procedimiento de recolección de información: combustible transporte.....	87
XIX.	Descripción del procedimiento de recolección de información: soldadura .....	91
XX.	Programa de recolección de la información edificio T-1.....	104
XXI.	Programa de recolección de la información edificio T-3.....	105
XXII.	Programa de recolección de la información edificio T-4.....	107
XXIII.	Programa de recolección de la información edificio T-5.....	108
XXIV.	Programa de recolección de la información edificio T-6.....	109
XXV.	Programa de recolección de la información edificio T-7.....	109
XXVI.	Programa de recolección de la información edificio S-11.....	110
XXVII.	Programa de recolección de la información edificio S-12.....	110
XXVIII.	Otras áreas .....	111
XXIX.	Ordenamiento de la información de emisiones de alcance 1 .....	113
XXX.	Ordenamiento de la información de emisiones de alcance 2.....	114
XXXI.	Ordenamiento de la información de emisiones de alcance 3.....	115

XXXII.	Emisiones de GEI generadas por el transporte para actividades del Centro de Investigaciones de Ingeniería, FIUSAC .....	117
XXXIII.	Emisiones de GEI generadas por el transporte para actividades de la Facultad de Ingeniería, USAC .....	117
XXXIV.	Emisiones de GEI generadas por el combustible utilizado en las calderas del Laboratorio de Operaciones Unitarias LOPU y el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE .....	118
XXXV.	Emisiones de GEI generadas por el combustible utilizado equipos del taller de Tecnología de la Madera .....	118
XXXVI.	Emisiones de GEI generadas por los procesos de soldadura en el Laboratorio de Procesos de Manufactura, FIUSAC.....	119
XXXVII.	Emisiones de GEI generadas en los laboratorios de Química 3, 4 y Química Orgánica.....	120
XXXVIII.	Emisiones de GEI generadas en los laboratorios de Química General y EMPAGUA.....	120
XXXIX.	Emisiones de GEI generadas por el consumo de energía eléctrica en los edificios de la FIUSAC.....	121
XL.	Estimación de la potencia de energía eléctrica consumida mensual por equipo, aparato o electrodoméstico de la FIUSAC.....	122
XLI.	Emisiones de GEI generadas por los procesos de soldadura en el laboratorio de procesos de manufactura, FIUSAC .....	126
XLII.	Estimación consumo de energía eléctrica ITUGS .....	127
XLIII.	Cuantificación de las emisiones primarias en la FIUSAC .....	133
XLIV.	Cuantificación de las emisiones secundarias en la FIUSAC .	138

XLV.	Consumo de energía eléctrica por edificio y mes de la FIUSAC .....	139
XLVI.	Inventario de aparatos, equipos y electrodomésticos de la FIUSAC.....	142
XLVII.	Estimación de la potencia consumida por equipo y aparato de energía eléctrica .....	146
XLVIII.	Cuantificación de las emisiones secundarias en la FIUSAC .....	149
XLIX.	Identificación de fuente según numeral de la figura 55 .....	153
L.	Cuadro analítico de las fuentes de GEI e identificación de alternativas de mitigación .....	157
LI.	Potencia promedio utilizada en los edificios de la FIUSAC ....	159
LII.	Ventajas y desventajas de los paneles solares .....	167
LIII.	Ventajas y desventajas lámparas led .....	172
LIV.	Propuesta de la instalación empresa 1 .....	173
LV.	Propuesta de la instalación empresa 2 .....	174
LVI.	Costos propuesta 1 lámparas led.....	175
LVII.	Propuesta de la instalación lámparas led empresa 1 .....	175
LVIII.	Costos propuesta 2 lámparas led.....	175
LIX.	Propuesta de la instalación lámparas led empresa 2 .....	176
LX.	Costos propuesta 3 lámparas led.....	176
LXI.	Propuesta de la instalación lámparas led empresa 3 .....	177
LXII.	Flujo luminoso actual en el edificio T-3 por área en el nivel 0.....	178
LXIII.	Flujo luminoso actual en el edificio T-3 por área en el nivel 1 .....	179
LXIV.	Flujo luminoso actual en el edificio T-3 por área en el nivel 2.....	180

LXV.	Flujo luminoso actual en el edificio T-3 por área en el nivel 3 .....	181
LXVI.	Flujo luminoso actual en el edificio T-3 por área en el nivel 4 .....	182
LXVII.	Cantidad de lámparas a instalar por área en el nivel 0.....	183
LXVIII.	Cantidad de lámparas a instalar por área en el nivel 1.....	184
LXIX.	Cantidad de lámparas a instalar por área en el nivel 2.....	185
LXX.	Cantidad de lámparas a instalar por área en el nivel 3.....	186
LXXI.	Cantidad de lámparas a instalar por área en el nivel 4.....	187
LXXII.	Lámparas fluorescentes sustituidas reales.....	188
LXXIII.	Costo total de instalación de lámparas led por nivel.....	189
LXXIV.	Resumen de las alternativas de sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas led.....	190
LXXV.	Inversión inicial propuesta 1 y 2 lámparas led .....	191
LXXVI.	Ahorro monetario mensual de las propuestas de paneles fotovoltaicos .....	191
LXXVII.	Ahorro monetario mensual de las propuestas lámparas led.....	192
LXXVIII.	Comparación del análisis financiero de las cuatro propuestas finales .....	193
LXXIX.	Estrategias de trabajo para el plan de mitigación .....	197
LXXX.	Propuesta para la instalación de paneles fotovoltaicos en el edificio T-3 .....	198
LXXXI.	Actividades propuestas para la estrategia de instalación de paneles fotovoltaicos .....	200
LXXXII.	Propuesta para la instalación de paneles fotovoltaicos en el edificio T-3 .....	201

LXXXIII.	Actividades propuestas para la estrategia de creación de una cultura de ambiente y reducción de emisiones de GEI .....	202
LXXXIV.	Cronograma de actividades propuestas.....	203
LXXXV.	Costos de la propuesta .....	204
LXXXVI.	Categorías del uso del agua .....	208
LXXXVII.	Demanda del agua por sectores .....	209
LXXXVIII.	Evaluación de equipos de las prácticas de laboratorio.....	211
LXXXIX.	Evaluación de equipos de LOPU .....	212
XC.	Evaluación de equipos de las prácticas del Laboratorio de Hidráulica .....	214
XCI.	Consumo de agua actual en las prácticas de LOPU .....	215
XCII.	Consumo de agua actual en las prácticas del Laboratorio de Mecánica de Fluidos.....	218
XCIII.	Alternativas de reducción identificadas.....	223
XCIV.	Proyectos propuestos.....	226
XCV.	Costos de la propuesta .....	231
XCVI.	Estimación de la población de la FIUSAC.....	236
XCVII.	Variables estimación tamaño de la muestra.....	237
XCVIII.	Resumen de respuestas de la encuesta acerca del fenómeno de efecto invernadero.....	238
XCIX.	Estrategias para Capacitación del Equipo de LAFIQ .....	244
C.	Programación de la capacitación de equipo de LAFIQ .....	269
CI.	Programa propuesto Capacitación efecto invernadero .....	270
CII.	Control de programación de capacitación a LAFIQ.....	272
CIII.	Logros de la capacitación del LAFIQ.....	274
CIV.	Costos de la propuesta de capacitación.....	275

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>C<sub>2</sub>H<sub>2</sub></b>	Acetileno
<b>C<sub>p</sub></b>	Calor específico
<b>C<sub>ext</sub></b>	Carga del extintor
<b>C<sub>ref</sub></b>	Carga del refrigerante en el equipo
<b>LED</b>	Diodo emisor de luz
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>CO<sub>2eq</sub></b>	Dióxido de carbono equivalente
<b>EE</b>	Energía eléctrica
<b>F</b>	Factor
<b>F<sub>conv</sub></b>	Factor de conversión
<b>F<sub>e</sub></b>	Factor de emisión de dióxido de carbono
<b>F<sub>pcg</sub></b>	Factor de potencial de calentamiento global
<b>F<sub>est</sub></b>	Factor estequiométrico
<b>Φ</b>	Flujo luminoso
<b>Gal</b>	Galones
<b>GEI</b>	Gases de efecto invernadero
<b>GJ</b>	Giga Joules
<b>G</b>	Gramos
<b>H</b>	Hora
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>kW-h</b>	Kilowatts por hora
<b>Lb</b>	Libras
<b>Lm</b>	Lúmenes

<b>M</b>	Masa molar
<b>m<sub>2</sub></b>	Metro cuadrado
<b>n</b>	Moles
<b>No.</b>	Número
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxígeno
<b>pie<sup>3</sup></b>	Pie cúbico
<b>W</b>	Potencia
<b>F<sub>m</sub></b>	Precio mensual de combustible
<b>P(A)</b>	Presente dado una anualidad
<b>Q</b>	Quetzales
<b>TIR</b>	Tasa interna de retorno
<b>t</b>	Toneladas
<b>mol</b>	Unidad de moles
<b>U</b>	Unidades
<b>VPN</b>	Valor presente neto
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Vapor de agua
<b>V<sub>c</sub></b>	Volumen consumido
<b>W-h</b>	Watts por hora

## GLOSARIO

<b>Alcance</b>	Capacidad de cubrir cierta cantidad de un total de individuos.
<b>Campaña</b>	Conjunto de actos o esfuerzos de índole diversa que se aplican a conseguir un fin determinado.
<b>Capacitación</b>	Hacer a alguien apto, habilitarlo para algo.
<b>CII</b>	Centro de Investigaciones de Ingeniería.
<b>Combustible</b>	Material que se emplea para producir energía en forma de calor mediante reacciones.
<b>Cuantificación</b>	Expresión de la cantidad (extensión y comprensión).
<b>Efecto invernadero</b>	Elevación de la temperatura de la atmósfera próxima a la corteza terrestre, por la dificultad de disipación de la radiación calorífica, debido a la presencia de una capa de gases procedentes de las combustiones industriales.

<b>Emisiones</b>	Son todos los fluidos gaseosos, puros o con sustancias en suspensión, así como toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora que se emanen como residuos o productos de la actividad humana o natural.
<b>Energía eléctrica</b>	Forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos.
<b>FIUSAC</b>	Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala.
<b>Formulario</b>	Impreso con espacios en blanco.
<b>Fotovoltaico</b>	Perteneciente o relativo a la generación de fuerza electromotriz por la acción de la luz.
<b>Fuentes</b>	Principio, fundamento u origen de algo.
<b>Instructivo</b>	Documento o folleto que contiene instrucciones escritas de una tarea específica.
<b>Identificar</b>	Se refiere a la acción de asimilar un aspecto, propiedad, atributo u característica que se busca.
<b>Método</b>	Modo de decir o hacer con orden.

<b>Mitigación</b>	Es la reducción de la vulnerabilidad, es decir el conjunto de medidas que se pueden tomar para contrarrestar o minimizar los impactos ambientales negativos que pudieran tener algunas intervenciones antrópicas.
<b>Plan</b>	Escrito en que sumariamente se precisan los detalles para realizar una obra.
<b>Potencia</b>	Capacidad generativa.
<b>Procedimiento</b>	Método de ejecutar alguna cosa, con una secuencia de pasos.
<b>Reacción</b>	Transformación de unos compuestos químicos en otros.
<b>Recolectar</b>	Juntar cosas dispersas.
<b>Refrigerante</b>	Producto químico líquido o gaseoso, fácilmente licuable, que es utilizado como medio transmisor de calor entre dos materiales en una máquina.
<b>Registro</b>	Anotar, señalar.
<b>Sensibilizar</b>	Dotar de sensibilidad o despertar sentimientos morales, estéticos, etc.

**Soldadura**

Resultado de la unión sólida de dos cosas, o partes de una misma cosa.

**USAC**

Universidad de San Carlos de Guatemala.

## RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal proponer un plan de mitigación que permita reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, que son generadas en las distintas actividades de la Facultad de Ingeniería, USAC (FIUSAC).

Los gases de efecto invernadero retienen parte de la energía que es emitida por la superficie terrestre y esto permite mantener la temperatura del planeta. Sin embargo, las emisiones generadas por la industria han incrementado las concentraciones de estos gases en la atmósfera y está provocando uno de los problemas ambientales de mayor impacto, el calentamiento global.

Iniciativas a nivel mundial, como el Protocolo de Kyoto, tienen por objetivo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en donde los países que participan se comprometen a cumplir con la reducción de las emisiones. A través de ellos se han producido diferentes metodologías que permiten crear planes de mitigación y reducción de estas emisiones.

La fase de servicio técnico profesional de este proyecto se basó en la elaboración de una propuesta de plan de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero que se generan en la Facultad de Ingeniería. Esto se realizó, inicialmente, mediante la identificación de las fuentes de emisión en las actividades administrativas y de docencia. Posteriormente, se elaboraron los procedimientos y herramientas de recolección de la información, con los cuales

se obtuvieron todos los datos necesarios para la cuantificación de las emisiones.

Por último, se aplicaron los métodos de cálculo según las fuentes de emisión y se logró la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC. Se estimó que esta Facultad genera 361,36 toneladas de dióxido de carbono semestralmente y que la fuente de emisión más contaminante es el consumo de energía eléctrica.

Partiendo de esto, se identificaron diversas alternativas y estrategias, las cuales fueron evaluadas mediante un análisis financiero y se determinó que la instalación de paneles solares es la de mayor viabilidad. Además, se complementó con una campaña de sensibilización en donde se busca concientizar a la población de la Facultad para implementar distintas acciones que permiten reducir el consumo de energía eléctrica y por consiguiente, las emisiones.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Elaborar la propuesta del plan de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la Facultad de Ingeniería, USAC.

### **Específicos**

1. Identificar y cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero de la Facultad de Ingeniería, USAC.
2. Evaluar y desarrollar estrategias de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero identificadas.
3. Elaborar una propuesta de la campaña de concientización de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.
4. Elaborar una propuesta de plan de reducción de consumo de agua en los Laboratorios de Operaciones Unitarias y del Laboratorio de Mecánica de Fluidos.
5. Desarrollar un plan de capacitación del tema de efecto invernadero.



## INTRODUCCIÓN

Desde 1875 cuando se inició la creación de las diferentes carreras de ingeniería, el objetivo de la Facultad de Ingeniería ha sido formar profesionales competentes para las diferentes necesidades y requerimientos del país. Ello conlleva muchos cambios a través del tiempo, los cuales son necesarios para irse ajustando a los temas de la actualidad.

Los términos de mejora continua y calidad han cobrado mucha importancia, sobre todo en las últimas décadas. Sin embargo, al revisar la historia de la Facultad de Ingeniería se observa que estos conceptos han sido parte importante de la evolución diaria de este centro de estudios. Fue así como se fueron creando las carreras que se ofrecen, las distintas sedes y ahora muy importante la búsqueda de la acreditación de todas las escuelas que la conforman.

A pesar de todos los esfuerzos es momento que esta Facultad tome la iniciativa en otro de los grandes temas de ahora, el ambiente. Actividades diarias de la industria y el transporte causan un impacto en el ambiente. Cada vez, la velocidad con que se impacta negativamente al ambiente es mayor que la velocidad con la que este puede procesar todos los contaminantes que llegan, como desechos, efluentes y gases contaminantes. De estos últimos, se produce el fenómeno de efecto invernadero que como bien se sabe es una de las causas del calentamiento global.

A partir de esto nace este trabajo, con el fin de identificar todos aquellos puntos en los que se emiten gases de efecto invernadero en las actividades

propias de docencia, investigación, servicio y extensión. Y con ello, desarrollar un plan de mitigación con propuestas reales, accesibles y viables. Siendo así, la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, una vez más, pionera y líder en responsabilizarse de sus actividades y del impacto que provocan en el ambiente.

# **1. GENERALIDADES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

La Facultad de Ingeniería es una de las diez facultades por las que está constituida la Universidad de San Carlos de Guatemala. La FIUSAC alberga una población estudiantil de más de doce mil estudiantes, siendo la de mayor importancia a nivel nacional.

## **1.1. Breve historia**

La FIUSAC ha evolucionado desde la creación de las primeras carreras de ingeniería en Guatemala. Desde el establecimiento de esta hasta convertirse en una de las facultades de mayor relevancia de la universidad. Se resume su historia con respecto de la información proporcionada en el sitio web de esta Facultad.

Desde 1676, la Universidad de San Carlos de Guatemala graduaba teólogos, abogados, y más tarde, médicos. Hacia 1769 se crearon cursos de Física y Geometría, lo que marcó el inicio de la enseñanza de las ciencias exactas en Guatemala.

La Revolución de 1871 hizo tomar un rumbo distinto a la enseñanza técnica superior. Se fundó la Escuela Politécnica en 1873 para formar ingenieros militares, topógrafos y de telégrafos, además de oficiales militares. Decretos gubernativos de 1875 son el punto de partida cronológico para considerar la creación formal de las carreras de ingeniería.

En 1879 se estableció la Escuela de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala y por decreto del gobierno en 1882 se elevó a la categoría de Facultad dentro de la misma Universidad, separándose así de la Escuela Politécnica. Sin embargo, en 1894, por razones de economía, esta fue adscrita nuevamente a la Escuela Politécnica, iniciándose un período de inestabilidad para ella. Se iniciaron nuevamente los estudios de Ingeniería en la Escuela Politécnica y se ofrecían las carreras de Ingeniería en Topografía, Ingeniería Civil e Ingeniería Militar; habiéndose graduando 11 ingenieros civiles y militares.

Dicha inestabilidad terminó con la supresión de la Escuela Politécnica en 1908. A partir de entonces la Facultad tuvo una existencia ficticia hasta 1918, cuando la Universidad fue reabierta por Estrada Cabrera y se le denominó Facultad de Matemáticas.

En 1930 se reestructuraron los estudios estableciéndose la carrera de Ingeniería Civil. En 1935 se impulsaron reformas que elevaron el nivel académico y la categoría del currículum. El nuevo plan incluía conocimientos de Física, Termodinámica, Química, Mecánica y Electricidad.

El año 1944 sobresale por el reconocimiento de la autonomía universitaria, a partir de entonces, la Facultad se independiza de las instituciones gubernamentales y se integra al régimen autónomo estrictamente universitario.

Para 1947 solo se ofrecía la carrera de Ingeniería Civil. En 1951 se fundó la Escuela Técnica. En 1953 se creó la carrera de ingeniero arquitecto de donde nace la carrera de Arquitectura que posteriormente dio lugar a la creación de la Facultad de Ingeniería. En 1959 se creó el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII). En el año 1965 se puso en funcionamiento el Centro de Cálculo

Electrónico dotado de computadoras y del equipo periférico necesario. En 1966 se estableció, en la Facultad de Ingeniería, un primer programa regional (centroamericano) de estudios a nivel de Postgrado, creándose la Escuela Regional de Ingeniería a Sanitaria y la Maestría en Ingeniería Sanitaria.

La Escuela de Ingeniería Química, que estaba funcionando en la Facultad de Farmacia desde 1939, se integró a la Facultad en 1967, año en que se creó también la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial teniendo a su cargo las carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica y la combinada de Ingeniería Mecánica Industrial. Por su parte, la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica se creó en 1968 teniendo a su cargo las carreras de Ingeniería Eléctrica y la combinada de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Posteriormente, en 1970, se creó la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas a nivel de Licenciatura.

Al final de la década de los sesentas se realizaron estudios para la reestructuración y modernización del Plan de Estudios de la Facultad. El nuevo plan fue conocido y aprobado por la Junta Directiva y por el Honorable Consejo Superior Universitario en octubre y noviembre de 1970. Fue así como en el año 1971 se inició la ejecución del Plan de Reestructuración de la Facultad, que impulsaba la formación integral de los estudiantes para una participación cada vez más efectiva de la ingeniería en el desarrollo del país.

En 1974 se creó la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado para todas las carreras de la Facultad. En 1975 fueron creados los estudios de Postgrado en ingeniería de recursos hidráulicos, en tres opciones: calidad del agua, hidrología e hidráulica. En 1976 se creó la Escuela de Ciencias para atender la etapa básica, área común, para las diferentes carreras de ingeniería.

En 1980 se establecieron, dentro de la Escuela de Ciencias, las carreras de licenciatura en matemática aplicada y licenciatura en física aplicada. En 1984 fue creado el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas. En 1986, con el fin de mejorar su administración docente, la carrera de Ingeniería Mecánica se separó de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial. Así mismo, debido al avance tecnológico en las ramas de Ingeniería Eléctrica, en 1989 se creó la carrera de Ingeniería Electrónica.

Durante el período comprendido del año 2001 al 2005 se iniciaron las nuevas maestrías adicionales a la de Ingeniería Sanitaria; algunas de estas fueron: Ciencias de Ingeniería Vial, Gestión Industrial, Desarrollo Municipal, Mantenimiento Industrial y otras que se desarrollaron. En el primer semestre de 2007 se creó la carrera de Ingeniería Ambiental. A partir de dicha década la Facultad se amplió a las regiones del Norte y Occidente, ofreciendo algunas carreras de ingeniería.

## **1.2. Descripción general**

El objetivo de la Facultad ha sido la formación de profesionales de alto prestigio, que contribuyan, con sus conocimientos, al progreso científico y tecnológico de Guatemala. Con sus 12 carreras en 6 Escuelas Facultativas de Pregrado, una Escuela de Postgrado a nivel regional centroamericano y un Centro de Investigaciones, tiene presencia en las distintas actividades económicas y sociales del país. Los objetivos que persigue son:

- Formar, adecuadamente, los recursos humanos dentro del área técnico científica que necesita el desarrollo de Guatemala, dentro del ambiente físico natural, social, económico, antropológico y cultural del

medio que lo rodea, para que pueda servir al país eficiente y eficazmente como profesional de la Ingeniería.

- Formar, adecuadamente, los recursos humanos dentro del área técnico científica que necesita el desarrollo de Guatemala, dentro del ambiente físico natural, social, económico, antropológico y cultural del medio que lo rodea, para que pueda servir al país eficiente y eficazmente como profesional de la Ingeniería.
- Proporcionar al estudiante de Ingeniería en los diferentes niveles académicos, las facilidades y oportunidades necesarias para que obtenga tanto la formación básica que le sirva de fundamento para cualquier especialización técnico científica, como conocimiento sobre tecnologías aplicadas al medio y, también, una mentalidad abierta a cualquier cambio y adaptación futura.
- Proporcionar al estudiante la suficiente formación científica general, en el conocimiento y aplicaciones de las ciencias físico matemáticas y en tecnología moderna; en el sentido más amplio de la ingeniería, como la ciencia y arte de utilizar las propiedades de la materia y las fuentes de energía, para el dominio de la naturaleza, en beneficio del hombre.
- Estructurar una programación adecuada que cubra el conocimiento teórico y la aplicación de las disciplinas básicas de la ingeniería.
- Proporcionar al estudiante experiencia práctica de las situaciones problemáticas que encontrará en el ejercicio de su profesión.

- Capacitar a los profesionales para su autoeducación, una vez egresen de las aulas.
- Utilizar métodos de enseñanza aprendizaje que estén en consonancia con el avance acelerado de la ciencia y la tecnología.
- Fomentar la investigación y el desarrollo de la tecnología y las ciencias.
- Intensificar las relaciones con los sectores externos del país vinculados con las diversas ramas de la Ingeniería, no sólo con el fin de conocer mejor sus necesidades, sino para desarrollar una colaboración de mutuo beneficio.

### **1.3. Misión**

“Formar profesionales en las distintas áreas de la Ingeniería que, a través de la aplicación de la ciencia y la tecnología, conscientes de la realidad nacional y regional, y comprometidos con nuestras sociedades, sean capaces de generar soluciones que se adapten a los desafíos del desarrollo sostenible y los retos del contexto global.”<sup>1</sup>

### **1.4. Visión**

“Somos una Institución académica con incidencia en la solución de la problemática nacional, formando profesionales en las distintas áreas de la Ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales,

---

<sup>1</sup> <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/index.php>. Consulta: 20 de marzo de 2013.

fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hacia la excelencia profesional.”<sup>2</sup>

### **1.5. Organización de la institución**

Se encuentra organizada en:

- Escuelas facultativas
- Centros
- Departamentos
- Unidades académicoadministrativas

Y está integrada por:

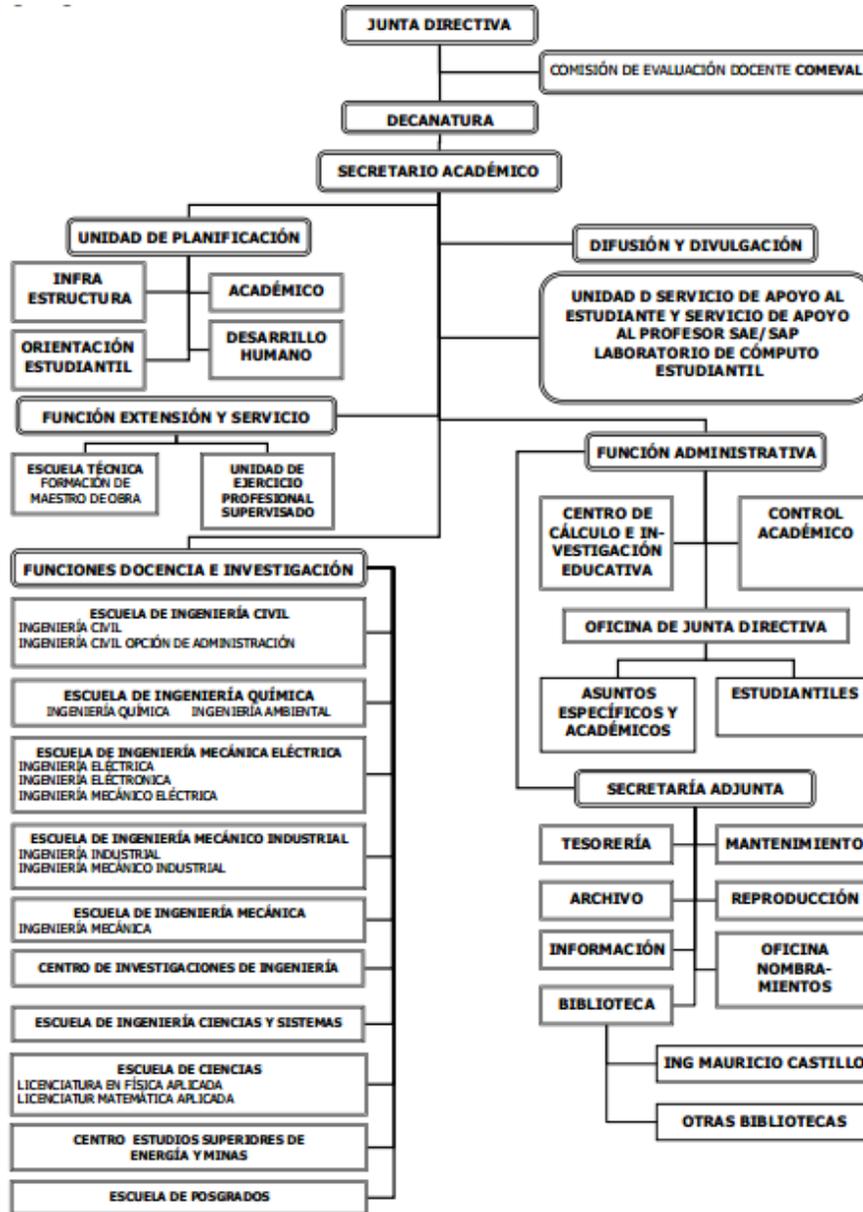
- Centro de Investigaciones de Ingeniería
- Centro de Cálculo e Investigación Educativa
- Biblioteca Ing. Mauricio Castillo
- Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado, EPS
- Unidad de Servicio de Apoyo al Estudiante y de Apoyo al Profesor, SAESAP

Ver figura 1.

---

<sup>2</sup> <https://www.ingenieria.usac.edu.gt/index.php>. Consulta: 20 de marzo de 2013.

Figura 1. Organigrama de la Facultad de Ingeniería



Fuente: <https://www.ingenieria.usac.edu.gt>. Consulta: 13 de noviembre de 2014.

## **1.6. Población estudiantil, personal administrativo y docente**

En el año 2011, la Facultad tuvo inscritos a 13 922 estudiantes distribuidos en las diferentes carreras de la siguiente forma:

- Ingeniería Civil 2 401
- Ingeniería Industrial 3 289
- Ingeniería en Ciencias y Sistemas 2 679
- Ingeniería Mecánica Industrial 1 116
- Ingeniería Mecánica Eléctrica 422
- Ingeniería Química 965
- Ingeniería Electrónica 991
- Ingeniería Mecánica 836
- Ingeniería Ambiental 192
- Ingeniería Eléctrica 792
- Ingeniería en Industrias Agropecuarias y Forestales 89
- Licenciatura en Física Aplicada 101
- Licenciatura en Matemática Aplicada 49

Se estima que la Facultad cuenta con una planilla de mil personas entre personal administrativo y docente, quienes ocupan diferentes plazas en las distintas actividades realizadas.



## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FIUSAC**

### **2.1. Diagnóstico**

Pertenece a la fase de servicio técnico profesional. Esta consiste en la evaluación de los antecedentes de la FIUSAC, en términos de la integración de la formación profesional con el desarrollo sostenible y la educación ambiental. Así como un análisis de la situación actual y la identificación de las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero.

#### **2.1.1. Antecedentes y situación actual**

La Misión de la FIUSAC establece que todo egresado de esta Facultad deberá ser capaz de generar soluciones, a través de la ciencia y la tecnología, que se adapten a los desafíos del desarrollo sostenible. La integración de este tema demuestra la importancia de fomentar la preservación ambiental sin limitar el desarrollo industrial del país.

Para su cumplimiento, la Facultad ha incorporado diferentes actividades, herramientas y cursos dentro de las redes de estudio, además de que se creó la carrera de Ingeniería Ambiental dentro de su oferta académica. Los avances alcanzados se explican en los siguientes párrafos y se observará que, conforme los años, hay una mayor integración entre las actividades de docencia, de administración, de investigación y el ambiente.

El primer paso de esta integración fue la introducción de cursos en los pensum de estudios de las carreras. Ecología fue el primer curso introducido en la mayoría de las carreras ofrecidas, ya sea como curso obligatorio u opcional. Su objetivo es impartir los conceptos ecológicos y los enfoques de acuerdo a los diferentes campos de estudio. Algunos de ellos son la introducción de los temas de contaminación, recursos y energías renovables y no renovables, así como la problemática del calentamiento global y la sostenibilidad.

Otro aspecto de gran valor es la ejecución de proyectos en donde se promueven el reciclaje de papel y la recolección de residuos electrónicos, el aprovechamiento de residuos orgánicos y la reforestación. Todo esto permite capacitar al estudiantado en los conceptos y fundamentos de la preservación ambiental para su aplicación en la etapa profesional.

Otro curso que se implementó, de forma opcional, es Introducción al Estudio de Impacto Ambiental siendo su objetivo promover la cultura de gestión ambiental y sostenibilidad en la implementación de proyectos. Esto se logró a través de la enseñanza de la metodología de ejecución de estudios de impacto ambiental.

Para la carrera de Ingeniería Química se incluyó también el curso de Química Ambiental de forma obligatoria. Este se enfoca en los procesos dinámicos del ambiente y la intervención de las actividades del hombre en ellos. Se presentan los recursos energéticos en el planeta, los tipos de contaminación y las estrategias de mitigación o tratamiento. Fortaleciendo así, las capacidades y habilidades para enfrentar la problemática ambiental.

A pesar de la implementación de cursos en las redes de estudio, la demanda de profesionales enfocados en la gestión ambiental y la sostenibilidad

hacía necesaria la creación de una nueva rama de especialistas, que la Facultad bajo dichas condiciones de enseñanza, no era capaz de ofrecer.

A partir de esa deficiencia se inicia un estudio de campo acerca de la demanda de la carrera de Ingeniería Ambiental, a través de una encuesta dirigida por catedráticos de la FIUSAC con alcance de estudiantes a nivel medio hasta universitarios de diferentes facultades. En ella, los resultados mostraban interés en la temática.

Se nombró una comisión para el desarrollo de una propuesta de la carrera de Ingeniería Ambiental y en el 2006 esta fue aprobada por los miembros de la Junta Directiva, para su implementación a partir del primer semestre del año 2007.

También en el 2006 se iniciaron dos maestrías en la Escuela de Postgrados, conteniendo un enfoque ambiental. Estas son: Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente y Maestría en Energía y Ambiente. Ambas se desarrollaron en colaboración con la Universidad de Cádiz, España.

Esto representó un gran paso para la Facultad ya que cubrió una necesidad de profesionales con especialización en ambiente y que con el transcurso de los años aumenta su demanda.

Se resalta también la incorporación de la educación y la gestión ambiental en las actividades administrativas de la Facultad. Por ello, se redactó y aprobó la Política Ambiental, que menciona:

“En la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala (FIUSAC), nos dedicamos a formar profesionales en las distintas

áreas de la ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales.

La protección del entorno, el desarrollo de una conciencia ambiental y la prevención de la contaminación es una de nuestras principales preocupaciones, razón por la cual implementamos una Oficina para la Sostenibilidad y Salud Ocupacional, que nos permita involucrarnos como facultad en la constante mejora de los procedimientos y controles, minimizando el impacto que hacemos al medio ambiente. Cumpliendo las normas legales existentes y los compromisos voluntarios, utilizando adecuadamente los recursos y manejando responsablemente nuestros desechos que no es solo una obligación sino una necesidad para mejorar la calidad de vida de las personas del entorno y de las futuras generaciones.”<sup>3</sup>

Como se observa se creó la Oficina para la Sostenibilidad y Salud Ocupacional, en el año 2011, que busca ser un ente regulador y ejecutor que se compromete en velar por el cumplimiento de la ejecución de las buenas prácticas ambientales y de los proyectos ambientales dentro de la FIUSAC. Su principal herramienta para regirse es la Política Ambiental de la FIUSAC.

Se observa, de esa forma, que las autoridades están interesadas en integrar los conceptos de la gestión ambiental dentro de los quehaceres rutinarios de la institución. Siendo esta una oportunidad para desarrollar proyectos que tengan un impacto positivo tanto para la Facultad como para el ambiente.

---

<sup>3</sup> [http://ofsso.ingenieria.usac.edu.gt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4&Itemid=4](http://ofsso.ingenieria.usac.edu.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=4&Itemid=4). Consulta: 20 de marzo de 2013.

En la figura 2, se muestra como ha sido el avance de la FIUSAC en su incorporación a la educación y gestión ambiental.

Figura 2. **Incorporación FIUSAC a la educación y gestión ambiental**



Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en la figura anterior que aún no se ha integrado la gestión ambiental dentro de esta. Por lo que, el siguiente paso es evaluar el impacto ambiental para proponer proyectos de mitigación e implementación de buenas prácticas ambientales en los procesos que rigen su funcionamiento.

La FIUSAC siendo una institución que alberga una población mayor a diez mil personas, entre estudiantes, catedráticos y trabajadores, con una amplia gama de actividades y recursos, genera diferentes fuentes de contaminación, es decir, un impacto negativo en el ambiente. Efluentes, residuos sólidos y emisiones son los principales impactos.

Sin embargo, tanto para las aguas negras como los residuos sólidos se han tenido iniciativas de tratamiento, recolección y disposición, mientras que las

emisiones hacia la atmósfera y sus impactos son subestimados. Es aquí donde radica la importancia de identificar las fuentes de contaminación para evaluarlas y proponer soluciones que permitan reducir el impacto o mitigarlo.

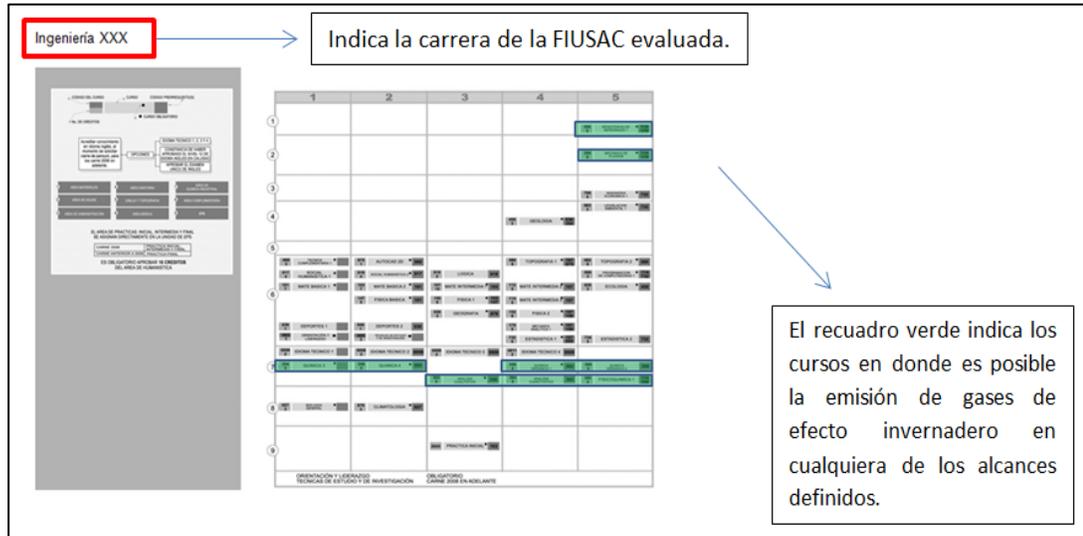
### **2.1.2. Identificación de emisiones en la FIUSAC**

En esta parte se evaluaron las redes de estudio de todas las carreras de la FIUSAC y se identificaron los cursos en donde es posible la generación de emisiones contaminantes, es decir, gases de efecto invernadero. Los parámetros que se eligieron para determinar si el curso genera emisiones son:

- Cursos con laboratorios que involucren entre sus prácticas algún tipo de combustión directa.
- Cursos con laboratorios que requieran la utilización de equipos que demandan un consumo de energía eléctrica superior.
- Cursos que requieran el traslado a otras instituciones educativas para llevarlos a cabo.

No se tomaron en cuenta los edificios y salones que se utilizan para impartir las clases magistrales, ya que muchos de estos son compartidos entre las escuelas de la FIUSAC. Para la comprensión de la identificación se sigue el siguiente formato.

Figura 3. Evaluación de redes de estudio de la FIUSAC



Fuente: elaboración propia.

Los resultados obtenidos se presentan en la tabla siguiente.

Tabla I. Identificación de fuentes de emisiones de GEI

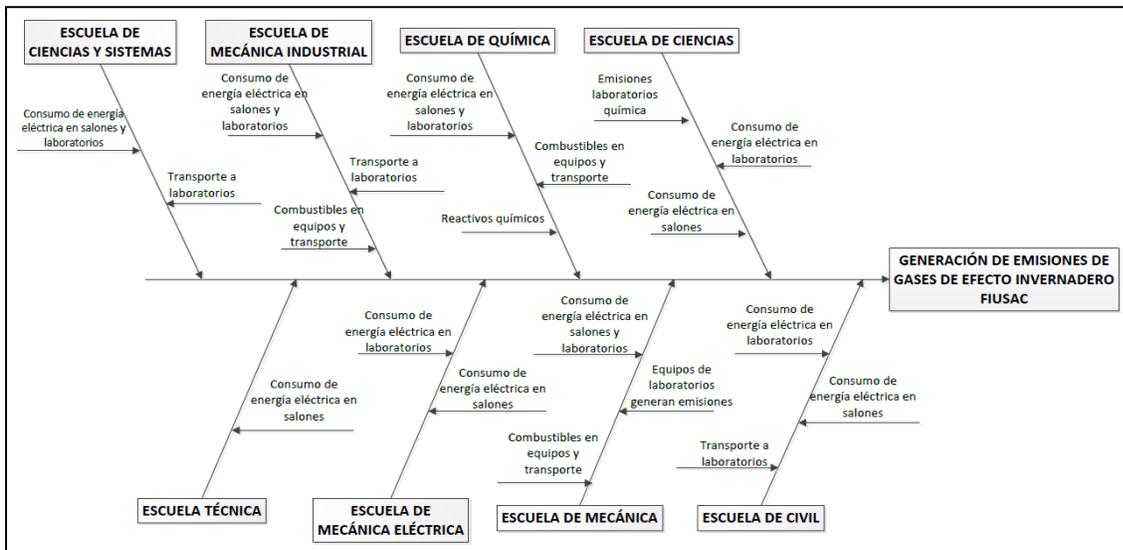
Carrera	Cursos identificados
Ambiental	10
Civil	8
Eléctrica	14
Electrónica	18
Industrial	9
Mecánica	17
Mecánica Industrial	16
Mecánica Eléctrica	21
Química	19
Ciencias y Sistemas	1
Licenciatura en Física	12
Licenciatura en Matemáticas	3

Fuente: elaboración propia.

Las redes de estudio evaluadas (ver Anexos), muestran los cursos potenciales de generar las emisiones de GEI en una mayor proporción.

La evaluación de las redes de estudio permitió identificar las posibles causas de generación de emisiones de las distintas escuelas que conforman la Facultad. Estas fueron confirmadas con visitas y consultas sobre la metodología de estudio. Se confirmó la generación de emisiones en todas las escuelas, como se muestra en la Figura 4, cada una presenta causas específicas.

Figura 4. Diagrama de Ishikawa emisiones de GEI en la FIUSAC



Fuente: elaboración propia.

Mediante este análisis de causa y efecto se determinó que si hay generación de emisiones de diferentes tipos y que se requiere su cuantificación para proponer estrategias de gestión adecuadas.

### **2.1.3. Análisis FODA**

La confirmación de las emisiones generadas dentro de la FIUSAC establece que existe el problema, de un impacto negativo sobre el ambiente. En este caso, la atmósfera y la acumulación de gases de efecto invernadero.

Sin embargo, se decidió realizar un análisis FODA para evaluar la situación actual de la Facultad con respecto de la temática ambiental y para desarrollar estrategias que permitan cumplir con el objetivo del proyecto, mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas.

A continuación se presenta el análisis realizado.

#### **2.1.3.1. Fortalezas**

Son todos aquellos factores internos característicos de la institución que permitirán alcanzar los objetivos del proyecto. Las identificadas, en la FIUSAC, son:

- Interés de las autoridades administrativas para la implementación de proyectos de gestión ambiental e incorporación dentro de las actividades de rutina.
- Interés por parte de los estudiantes, docentes y trabajadores en la implementación de estrategias y proyectos enfocados en la preservación del ambiente y el desarrollo sostenible.
- Capital humano calificado siendo la Facultad el ente de preparación de profesionales y especialistas con enfoque en el ambiente.

- Se cuenta con un Centro de Investigaciones que desarrolla proyectos con enfoque en la disposición de residuos y desarrollo sostenible.
- Impacto social fuerte en la sociedad por pertenecer a la única universidad pública del país.

### **2.1.3.2. Oportunidades**

Son los factores externos a la institución que le permiten desarrollar ventajas competitivas para el cumplimiento de sus objetivos. Las encontradas son:

- Existen entes de financiamiento de proyectos que tengan un impacto en la sociedad y el ambiente.
- Existen instituciones cuyo objetivo es el financiamiento de proyectos de investigación en la línea de ambiente.
- En Guatemala existe, por lo menos, una empresa dedicada a la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Interés en aumento de la sociedad con respecto de prácticas ambientalmente amigables.
- Escasos proyectos ejecutados en universidades que involucren una evaluación ambiental de sus actividades de docencia y administrativas.

### **2.1.3.3. Debilidades**

Aspectos internos que podrían afectar en el alcance de los objetivos establecidos ya que la institución no posee las características o habilidades requeridas. Se enlistan a continuación las registradas:

- La población tiene poco conocimiento sobre el tema de ambiente.
- Desconocimiento de las fuentes de contaminación y el impacto de las actividades realizadas en la Facultad.
- Eje ambiental no es prioritario entre las actividades administrativas.
- Presupuesto limitado para la ejecución de proyectos de infraestructura, ambiente y otros.
- Oficina de Sostenibilidad y Salud Ocupacional con poco apoyo para la ejecución de actividades y desarrollo de proyectos.

### **2.1.3.4. Amenazas**

Estas presentan aquellos factores externos a la institución que pueden desfavorecer el alcance de los objetivos. Se determinó que:

- En Guatemala, no existe legislación ambiental que regule la contaminación provocada por las emisiones de gases de efecto invernadero.

- Interés en el ambiente no es prioridad por la situación actual de Guatemala, donde se tienen deficiencias importantes en otras áreas como salud, educación, etc.
- Otras instituciones compiten por el financiamiento de proyectos.
- Los costos de implementación de alternativas de mitigación y corrección son altos en el mercado.
- Oferta limitada en el mercado de servicios para la implementación de proyectos amigables con el ambiente.

#### **2.1.3.5. Estrategias FODA**

De acuerdo al análisis de cada uno de los componentes del FODA, se desarrollan las estrategias siguientes que serán las bases para este proyecto.

- Estrategias FO: Fortalezas – Oportunidades

Basada en utilizar las fortalezas para desarrollar las oportunidades. Las estrategias son:

- Desarrollar propuesta de proyecto para la mitigación del impacto ambiental provocado por las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Capacitar a través de empresas especializadas en la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero sobre la temática.

- Realizar campañas de divulgación en la ejecución de proyectos con iniciativas ambientales.
- Estrategias FA: Fortalezas – Amenazas

Propone utilizar las fortalezas de la institución para evitar que las amenazas perjudiquen la implementación del proyecto. Las tácticas son:

- Establecer el impacto en el ambiente de las emisiones de gases de efecto invernadero para lograr el interés de su implementación.
  - Garantizar la calidad en las propuestas de proyectos para lograr el financiamiento y su ejecución.
  - Divulgar las iniciativas ambientales de proyectos a nivel nacional para contribuir al cambio en la cultura requerido.
- Estrategias DO: Debilidades – Oportunidades

Se busca optimizar las debilidades para aprovechar las oportunidades. Se propone:

- Capacitar a las autoridades y población de la institución en cuanto al impacto en el ambiente de nuestras actividades rutinarias.
- Crear herramientas de análisis y evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero para el desarrollo de proyectos basados en su mitigación.

- Involucrar a las autoridades en la formulación de proyectos para obtener el financiamiento requerido para su implementación.
- Estrategias DA: Debilidades – Amenazas

Examina la reducción de las debilidades para minimizar los posibles impactos sobre la institución. Las estrategias son:

- Crear herramientas de capacitación en los temas de contaminación por emisiones de gases de efecto invernadero.
- Capacitar y formar profesionales con nuevas capacidades y habilidades relacionadas al ambiente para fortalecer los conocimientos en la sociedad.
- Identificar a las empresas enfocadas en los proyectos de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y evaluar su oferta.

Las estrategias derivadas del FODA son una guía para la ejecución de este proyecto. Se desarrollarán las herramientas necesarias para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las actividades docentes y administrativas de la FIUSAC.

Con base en dicha cuantificación y las estrategias identificadas se buscó proponer proyectos para la mitigación de estas emisiones y crear campañas de capacitación y divulgación de los temas relacionados.

## **2.2. Capacitación para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero**

Esta capacitación se basó en la elaboración de resúmenes técnicos de normativas internacionales y una preparación por parte de un profesional en la temática, que trabaja directamente en este campo.

### **2.2.1. Guía Bibliográfica de Capacitación**

El objetivo de la elaboración de esta guía es brindar las fuentes bibliográficas relacionadas con la temática de efecto invernadero. Se enfatizará en la identificación y cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los documentos elaborados en este proyecto en la etapa de aprendizaje y capacitación en el tema se describen a continuación.

#### **2.2.1.1. Monografía Efecto Invernadero**

Consiste en un resumen del tema de efecto invernadero. Se incluyen los conceptos básicos del tema, una breve explicación del fenómeno y de los gases involucrados en los sistemas naturales que lo producen. También se incluye una introducción a las consecuencias del efecto invernadero y ciertas propuestas para la mitigación de las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Con este documento se introduce al lector, cualquiera que sea su finalidad, al tema de efecto invernadero. Se asentarán las bases y los conceptos claves que permitirán desarrollar la cuantificación de las emisiones

de gases de efecto invernadero y el seguimiento del proyecto. Además, funciona como punto de partida para ahondar en el tema, ya que se esquematizan los subtemas que permite buscar de una manera organizada la información.

### **2.2.1.2. Resumen técnico PAS 2050:2011**

La Norma PAS 2050 incluye todos los aspectos relevantes de la normativa. Se especifica cómo se cuantifican las emisiones de gases de efecto invernadero en la vida del producto o el servicio que ofrecen las empresas.

Se encuentran descritos los principios en los que trabaja esta especificación técnica. Además del procedimiento de cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero, los parámetros y condicionantes que deben tomarse en cuenta para ejecutar la cuantificación de forma adecuada.

El contenido es el siguiente:

- Generalidades
- Términos de importancia.
- Emisiones y remociones.
- Periodo de tiempo para la inclusión de emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.
- Potencial de calentamiento global.
- Almacenamiento de carbono en productos.
- Límites del sistema.
- Elementos del sistema del producto.
- Datos
- Cálculo de las emisiones de GEI.

### **2.2.1.3. Resumen técnico del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero**

La iniciativa del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es un logro de una alianza realizada entre diferentes entes de varios países. Empresas privadas, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales y otras instituciones, conformaron el equipo internacional que fue convocado por el Instituto de Recursos Mundiales.

Este protocolo comprende dos estándares, los cuales son:

- Estándar de Contabilidad y Reporte del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero.
- Estándar de Cuantificación de Proyectos del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero.

Para efectos del alcance de este proyecto el estándar que se utilizará es el primero, ya que se está elaborando la línea base de las emisiones de los GEI, es decir, la cuantificación del estado actual de la FIUSAC. En el momento en que se implementen los proyectos y planes de mitigación, ya entra en relevancia el segundo estándar. El resumen técnico del documento se dividió en dos partes estas se describen a continuación.

En el documento Protocolo de GEI parte 1, se explican los principios que se espera se utilicen en la cuantificación y el reporte de las emisiones del mismo. Se explican los límites que deben establecerse para la ejecución de la cuantificación de las emisiones. Una parte muy importante es la explicación de los diferentes alcances de emisiones, es decir, la base para la determinación del estado actual de la FIUSAC.

El documento Protocolo de GEI parte 2, se basa en el procedimiento de cuantificación de las emisiones propuestas por el comité que se mencionó inicialmente. En este se describe cada una de las etapas que conforman todo el proceso de cuantificación. También se describe la forma en que deben de manejar los datos globales para presentarlos ante las autoridades correspondientes.

#### **2.2.1.3.1. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero Parte 1**

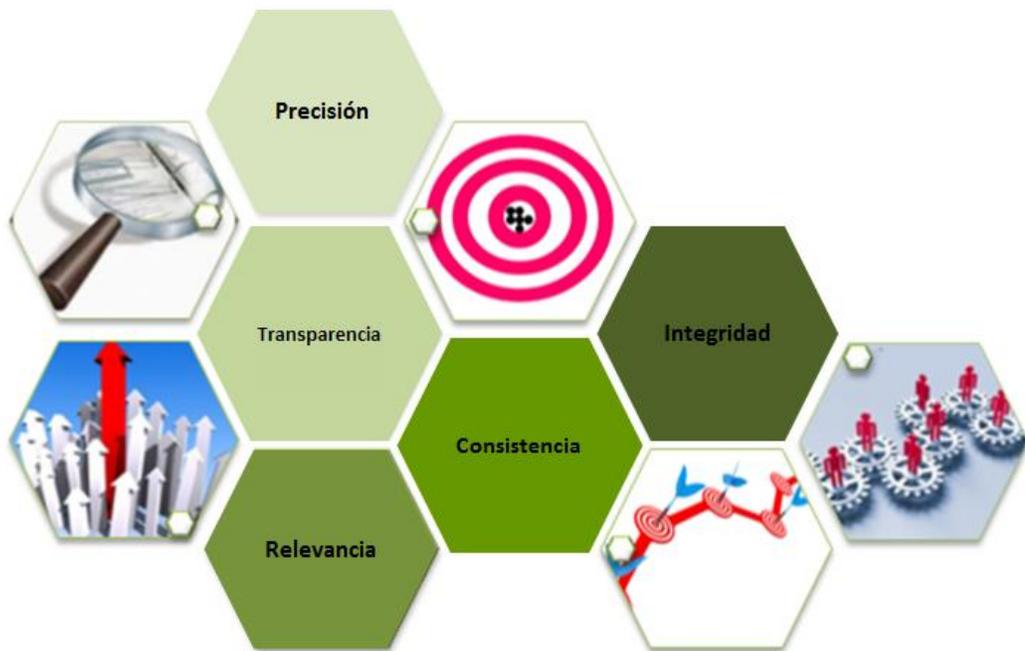
Este documento es la base para la ejecución del proyecto, razón por la cual se integra en esta parte del trabajo.

Los principios de contabilidad y reporte de gases de efecto invernadero (GEI) son todos aquellos en los que se debe basar cualquier estudio de cuantificación de emisiones. Estos son:

- **Relevancia:** busca que el estudio refleje de manera correcta las emisiones cuantificadas y que puedan ser parte de la toma de decisiones de manera objetiva.
- **Integridad:** establece abarcar todas las fuentes de emisiones de GEI que se incluyan en el límite del inventario.
- **Consistencia:** mantiene las metodologías de forma consistente para compararlas con respecto del tiempo.

- **Transparencia:** realiza la cuantificación de manera objetiva y revela todos los aspectos importantes, estableciendo las metodologías de contabilidad apropiadas.
- **Precisión:** cuida que la cuantificación se asemeje lo mayor posible a las emisiones reales, de manera que cualquier error y por ende la incertidumbre se minimice.

Figura 5. **Principios de contabilidad y reporte de GEI**



Fuente: elaboración propia.

Los límites organizacionales establecen que las operaciones de las empresas varían tanto en su estructura legal como en su estructura organizacional. Incluyen operaciones que son de su propiedad, alianzas incorporadas y no incorporadas, subsidiarias y otras modalidades. Para fines de

contabilidad financiera, estas operaciones son tratadas de acuerdo a reglas establecidas, que dependen de la estructura de la organización o empresa y de las relaciones entre las diferentes partes involucradas.

Para reportes corporativos es posible utilizar dos enfoques distintos orientados a consolidar las emisiones de GEI:

- Participación accionaria
- Enfoques de control

Las empresas deben contabilizar y reportar sus datos consolidados de GEI, en términos del enfoque elegido. Si la empresa que reporta es propietaria absoluta de todas sus operaciones, su límite organizacional será el mismo independientemente del enfoque que se utilice.

Los límites operacionales identifican emisiones asociadas a sus operaciones clasificándolas como emisiones directas o indirectas, y seleccionan el alcance de contabilidad y reporte para las emisiones indirectas.

- Las emisiones directas de GEI son emisiones de fuentes controladas por la empresa.
- Las emisiones indirectas de GEI son emisiones de fuentes resultantes a consecuencia de las actividades de otras empresas que trabajan para la institución.

Un límite operacional define el alcance de las emisiones directas e indirectas para operaciones que se encuentran dentro del límite organizacional establecido de la empresa.

Estas pueden ser:

- Alcance 1: emisiones directas de GEI

Ocurren de fuentes que son propiedad de la empresa. Estas emisiones son principalmente resultado de las siguientes actividades realizadas por la empresa:

- Generación de electricidad, calor o vapor.
- Procesos físicos o químicos.
- Transporte de materiales, productos, residuos y empleados.
- Emisiones fugitivas.

Las emisiones de GEI no cubiertas por el Protocolo de Kyoto, es decir los CFCs y NOx, no se incluyen en este alcance.

- Alcance 2: emisiones indirectas de GEI asociadas a electricidad

Incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa. La electricidad adquirida representa una de las fuentes más importantes de emisión de GEI, y la oportunidad más significativa de reducir dichas emisiones.

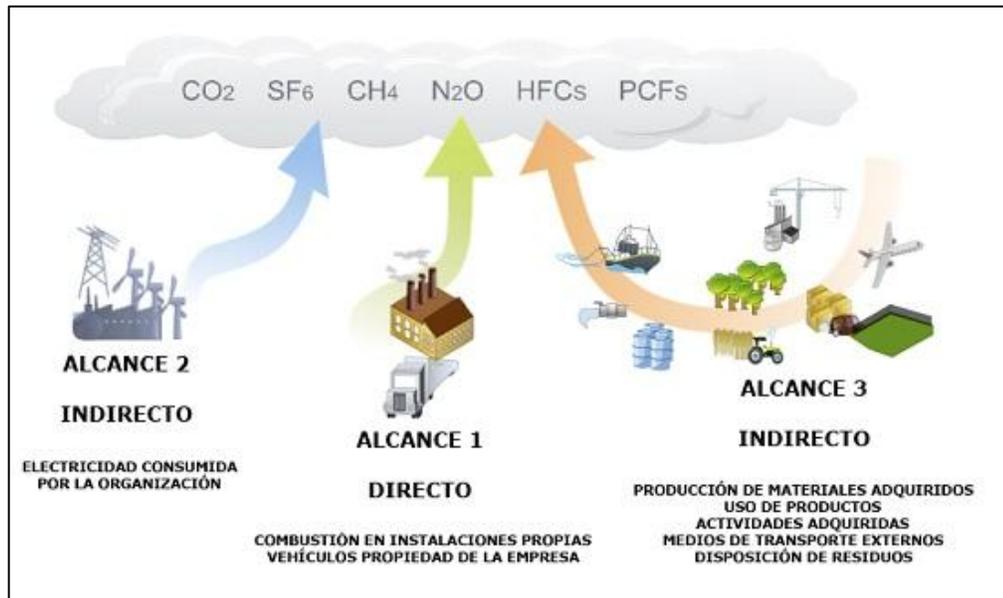
- Alcance 3: otras emisiones indirectas

Es una categoría opcional de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Estas son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa.

Para determinar si una actividad cae dentro del alcance 1 o el alcance 3, la empresa debe referirse a sus límites organizacionales. Entre las actividades se pueden mencionar:

- Extracción y producción de materiales y combustibles adquiridos.
- Actividades relacionadas al transporte.
- Transporte de materiales y bienes adquiridos.
- Transporte de combustibles adquiridos.
- Viajes de negocios de empleados.
- Viajes de empleados de ida y vuelta al trabajo.
- Transporte de productos vendidos.
- Transporte de residuos.
- Actividades relacionadas con la electricidad no incluidas en el alcance 2.
- Extracción, producción y transporte de combustibles consumidos en la generación de electricidad.
- Compra de electricidad que es vendida a un consumidor final.
- Generación de electricidad que es consumida en un sistema de transmisión y distribución (reportada por el consumidor final).
- Activos arrendados, franquicias y actividades realizadas por terceros.
- Uso de productos y servicios vendidos.
- Disposición de residuos.

Figura 6. Alcances de las emisiones de gases de efecto invernadero



Fuente: <http://blog.gesternova.com/tu-empresa-ya-puede-registrar-su-huella-de-carbono-y-reducirla/>. Consulta: 16 de noviembre de 2014.

Las empresas deben elegir y reportar un año base para el cual exista información confiable de emisiones. También, deben especificar las razones que condujeron a la elección de ese año en particular. El inventario del año base también puede ser utilizado como plataforma para fijar y dar seguimiento al desempeño de la empresa hacia ciertos objetivos de emisiones, en cuyo caso, el año base se denomina año base objetivo.

#### 2.2.1.4. Resumen técnico ISO 14064

Establece todos los aspectos relevantes para realizar la cuantificación de las emisiones de GEI, pero bajo un sistema de calidad basado en documentación y registro de la información.

Se incluyen los principios con los que se debe de trabajar y todas las indicaciones de la forma en que se deben manejar los datos obtenidos de los diferentes tipos de alcance identificados en las actividades docentes y administrativas de la FIUSAC.

### **2.2.2. Capacitación externa**

Fue brindada por el Ing. Jorge Antonio Doradea Cruz quien trabajó como consultor en una empresa de cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), o bien, como generalmente se conoce, en la medición de la huella de carbono de las actividades de instituciones y empresas.

Se obtuvo material bibliográfico y normativas útiles para la cuantificación de las GEI. Este material se utilizó como guía para enfocarlo al objetivo de este proyecto, una institución educativa, la FIUSAC. La programación fue de cinco días, las fechas se muestran a continuación:

Tabla II. **Fechas de capacitación externa**

<b>Capacitación</b>	<b>Fecha</b>
1	3-4-2013
2	5-4-2013
3	9-4-2013
4	11-4-2013
5	15-4-2013

Fuente: elaboración propia.

En los cinco días de capacitación se trabajaron temas de interés para la comprensión de la forma en que deben realizarse las cuantificaciones de emisiones de GEI. Los contenidos que se cubrieron fueron:

- Efecto invernadero
- Desarrollo sostenible
- Calentamiento global
- Efectos e impactos del calentamiento global
- Huella de carbono
- Cuantificación de las emisiones de GEI
- Normativas para la cuantificación de las emisiones de GEI
- Herramientas para la cuantificación de las emisiones de GEI
- Protocolo de Kyoto
- Casos exitosos en la cuantificación de las emisiones de GEI
- Enfoque de la cuantificación de las emisiones de GEI para FIUSAC

Figura 7. **Capacitación externa**



Fuente: elaboración propia.

## **2.3. Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC**

Para la cuantificación se utiliza un procedimiento normalizado, es decir, la metodología propuesta la cual se explica en el siguiente apartado.

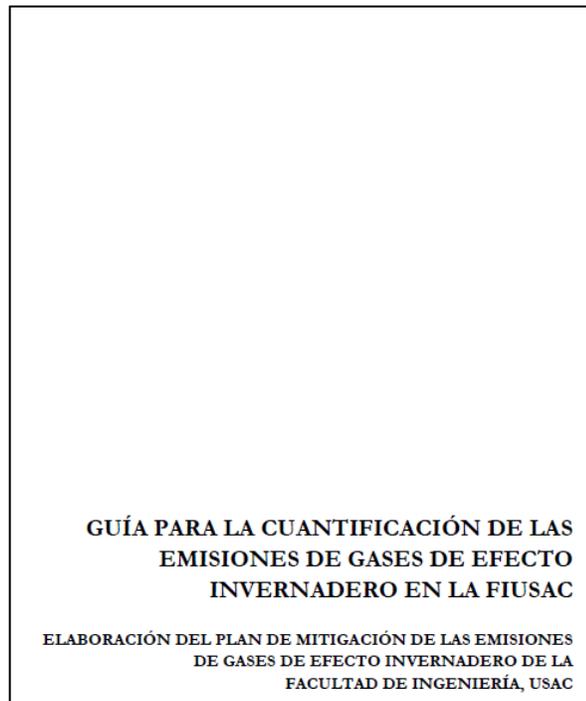
### **2.3.1. Guía para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC**

Este documento se preparó con base en la versión en español del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del World Business Council for Sustainable Development, del World Resources Institute y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México. Este representa la guía y procedimiento que se siguió en la cuantificación de las emisiones de GEI.

En la FIUSAC se realizan diversas actividades administrativas y de docencia, se utilizan varios edificios, laboratorios y equipos para el cumplimiento de las responsabilidades de cada área, departamento y unidad de la organización de la Facultad. Sin embargo, también hay muchas actividades que se realizan en edificios compartidos con otras facultades, en institutos que no se encuentran bajo la administración de la Facultad, o bien, se subcontratan servicios.

Por ello, se hace necesario el establecimiento del límite organizacional, el límite operacional y el límite del inventario que se utilizarán en la cuantificación de las emisiones de los GEI de la FIUSAC.

Figura 8. **Portada de la guía**



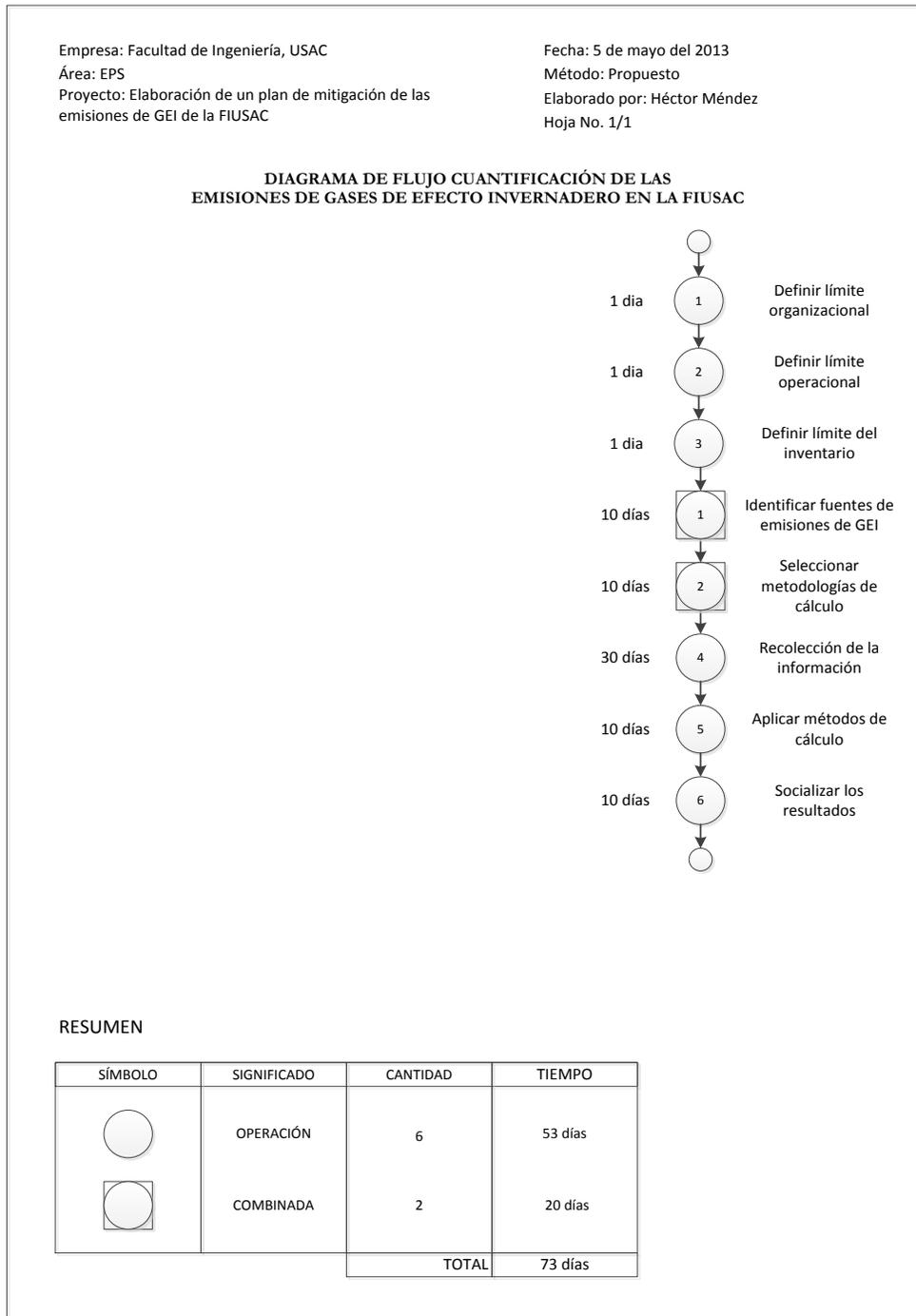
Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se sigue el procedimiento de cuantificación según se establece en el Protocolo, siendo este:

- Identificar fuentes de emisiones de GEI
- Seleccionar un método de cálculo de emisiones de GEI
- Recolectar datos sobre sus actividades y elegir factores de emisión
- Aplicar herramientas de cálculo
- Enviar los datos de las emisiones de GEI a nivel absoluto.

El procedimiento completo se describe en el diagrama de flujo adjunto a continuación.

Figura 9. Diagrama de flujo de cuantificación de las emisiones de GEI



Fuente: elaboración propia.

### 2.3.2. Límites del inventario de las emisiones de gases de efecto invernadero de la FIUSAC

La FIUSAC es una de las unidades académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Todas las operaciones y actividades involucradas en los procesos de aprendizaje profesional son controladas por esta unidad académica.

- Límite organizacional: el enfoque de control es el seleccionado. Por lo que se consideraron todas aquellas actividades, operaciones y procedimientos relacionados con los métodos de aprendizaje, medios de enseñanza, actividades teóricas-prácticas y actividades administrativas ejecutadas en las escuelas facultativas, centros, departamentos y unidades académico-administrativas de la FIUSAC.
- Límite operacional: se incluirán dentro de los límites de operación todas aquellas actividades dentro de los 3 alcances.

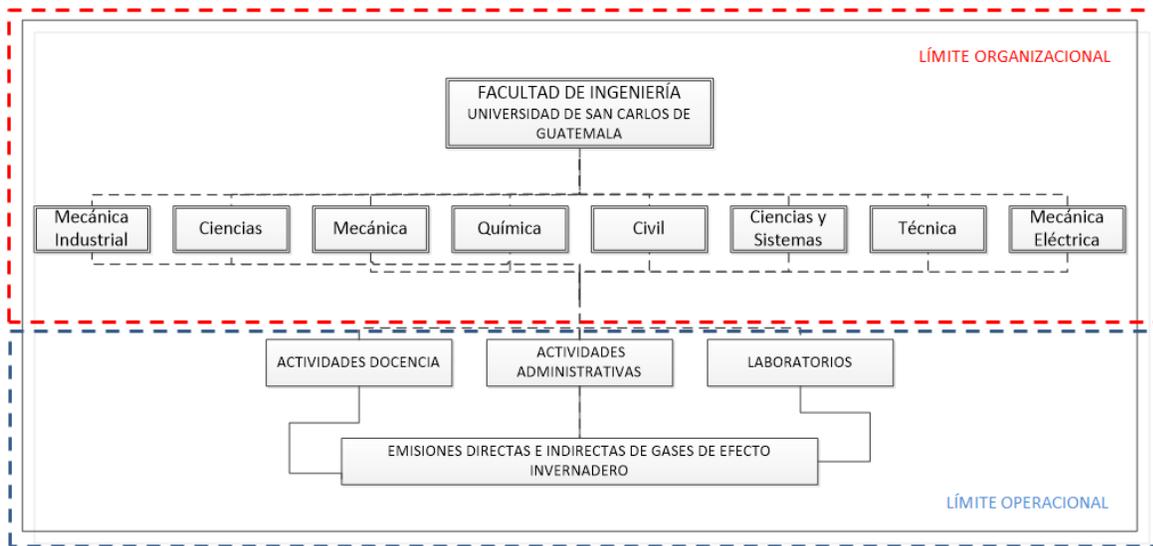
Tabla III. Límites de operación de las actividades de la FIUSAC

ALCANCE	DESCRIPCIÓN BREVE
1	Combustiones directas en laboratorios, transporte y cocinas.
2	Amplia utilización de la energía eléctrica en todas las actividades analizadas.
3	Utilización de instalaciones que no son propiedad de la Facultad, pero si se generan por actividades de docencia de la misma.

Fuente: elaboración propia.

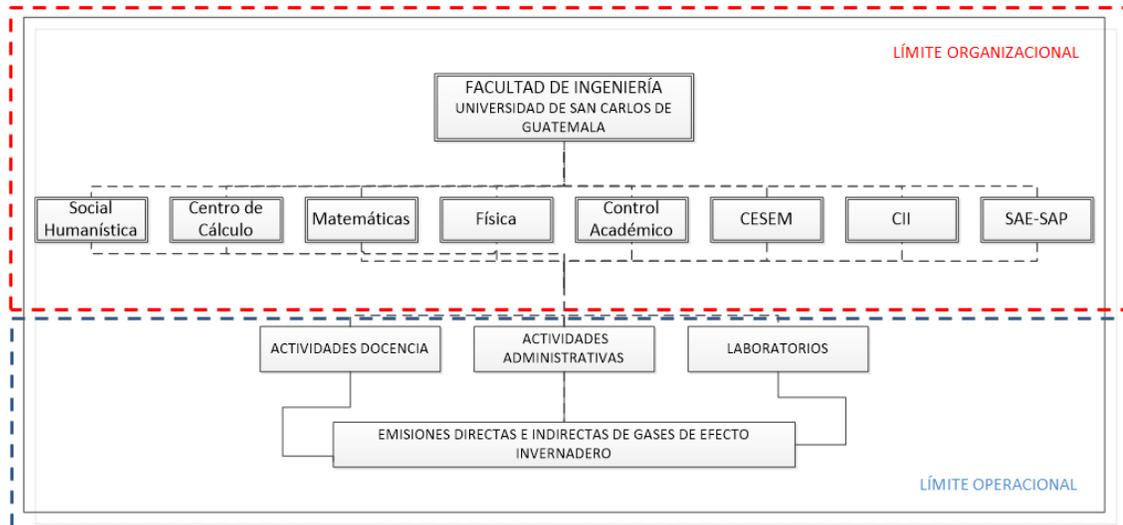
En los siguientes esquemas se muestran los límites organización y operacional de la cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC.

Figura 10. **Límite organizacional y operacional de las escuelas facultativas de la FIUSAC**



Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Límite organizacional y operacional de las otras unidades de la FIUSAC



Fuente: elaboración propia.

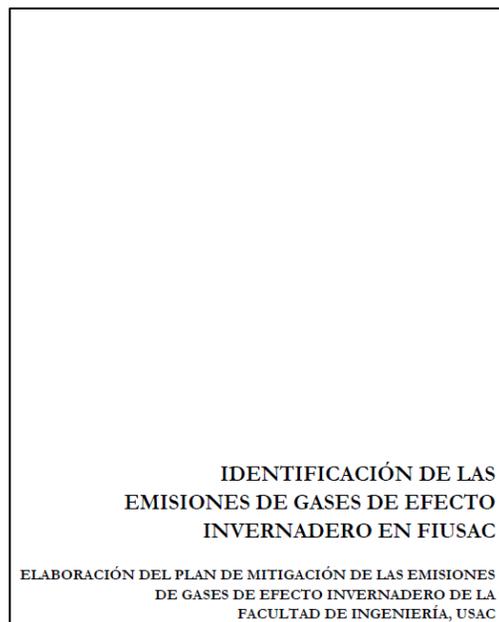
### 2.3.3. Informe de la identificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC

Se preparó el informe de la identificación de las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero GEI, la cual fue la etapa inicial del proceso de cuantificación. Para realizarlo se desarrollaron diferentes actividades con las que se identificaron todas las fuentes de emisión, estas fueron:

- Evaluación de los pensum de estudios de todas las carreras de la FIUSAC para identificar mediante los cursos, cuales potencialmente generan emisiones de GEI.

- Investigación temática de los cursos identificados de las distintas carreras ofrecidas.
- Exploración de fuentes de emisiones de GEI en las escuelas facultativas de la FIUSAC.
- Visitación a los edificios y laboratorios de la FIUSAC.
- Comparación de con las referencias bibliográficas (Protocolo de GEI) y actividades que generan emisiones de GEI según su alcance y se estableció si estas se realizan en la FIUSAC.

Figura 12. **Portada del Informe de la Identificación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la FIUSAC**



Fuente: elaboración propia.

Con respecto del diagnóstico de esta etapa y la evaluación de las redes se visitaron las instalaciones de los laboratorios y salones para consultar, inspeccionar e identificar las fuentes de emisión.

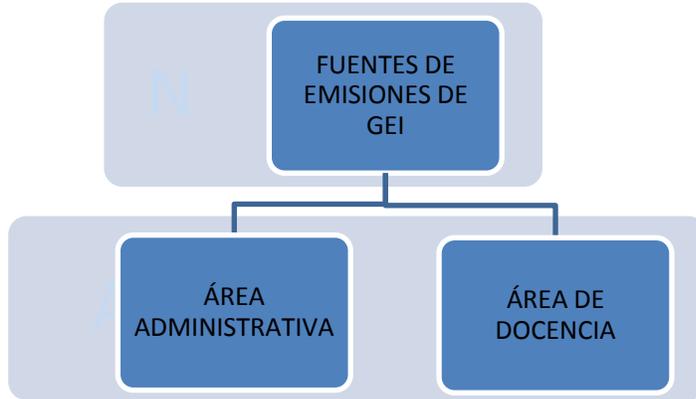
Los edificios que son tomados en cuenta en este proyecto son:

- Edificio T-1
- Edificio T-3
- Edificio T-4
- Edificio T-5
- Edificio T-6
- Edificio T-7
- Edificio S-11
- Edificio S-12
- Prefabricados

La identificación se dividió en dos áreas de acuerdo a la naturaleza de las actividades realizadas dentro de la FIUSAC, las cuales son:

- Área administrativa: todas aquellas áreas, departamentos y unidades en donde se realizan los procedimientos y gestiones administrativas que permiten el desarrollo de las actividades de docencia, así como el control de las mismas.
- Área docencia: todas aquellas áreas, departamentos, escuelas y unidades en donde se desarrollan todas las actividades de enseñanza tanto teóricas como prácticas.

Figura 13. **Identificación de emisiones por áreas**



Fuente: elaboración propia.

### 2.3.3.1. **Identificación de fuentes de emisiones de GEI: área administrativa**

A continuación se presentan las fuentes de emisión de GEI identificadas en el área administrativa y clasificadas de acuerdo al alcance definido por el Protocolo de GEI.

Tabla IV. **Emisiones de alcance 1, área administrativa**

Núm.	Identificación fuentes de emisión de GEI
1	<b>Transporte</b>
	Buses
	Automóviles
2	<b>Extintores</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Emisiones de alcance 2, área administrativa**

<b>Núm.</b>	<b>Identificación fuentes de emisión de GEI</b>
<b>1</b>	<b>Energía eléctrica por iluminación</b>
<b>2</b>	<b>Energía eléctrica por equipos y dispositivos electrónicos</b>
	Computadora
	Televisión
	Radio
	Reloj
	Microondas
	Horno
	<i>Laptop</i>
	Cargadores
	Impresora
	Fuentes de energía
	Fax
	Ventiladores
	Dispensadores de agua
Otros	
<b>3</b>	<b>Aire acondicionado</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Emisiones de alcance 3, área administrativa**

<b>Núm.</b>	<b>Identificación fuentes de emisión de GEI</b>
<b>1</b>	Viajes de empleados financiados por la FIUSAC

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.3.2. Identificación de fuentes de emisiones de GEI: área docencia

A continuación se presentan las fuentes de emisión de GEI identificadas en el área de docencia y clasificadas de acuerdo al alcance definido por el Protocolo de GEI.

Tabla VII. Emisiones de alcance 1, área de docencia

Núm.	Identificación fuentes de emisión de GEI
1	<b>Transporte</b>
	Buses
	Automóviles
2	<b>Laboratorios</b>
	Caldera
	Soldadura
	Refrigerantes
	Muflas
	Hornos
	Reactivos químicos
3	<b>Extintores</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Emisiones de alcance 2, área de docencia

Núm.	Identificación fuentes de emisión de GEI
1	<b>Energía eléctrica por iluminación</b>
2	<b>Energía eléctrica por equipos de docencia</b>

Continuación de la tabla VIII.

<b>3</b>	<b>Energía eléctrica por equipos y dispositivos electrónicos</b>
	Computadora
	Televisión
	Microondas
	<i>Laptop</i>
	Cargadores
	Fuentes de energía
	Impresora
	Escáner
	Ventiladores
	Dispensadores de agua
	Cañoneras
	Fotocopiadoras
	Otros
<b>4</b>	<b>Aire acondicionado</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Emisiones de alcance 3, área de docencia**

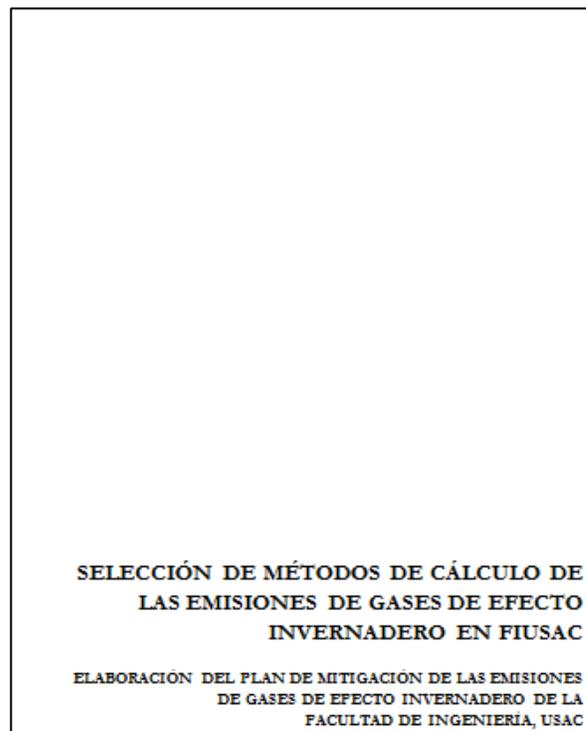
<b>Núm.</b>	<b>Identificación fuentes de emisión de GEI</b>
<b>1</b>	<b>Viajes financiados por la FIUSAC</b>
<b>2</b>	<b>Transporte propio empleados/estudiantes</b>
<b>3</b>	<b>Utilización de instalaciones de ITUGS</b>

Fuente: elaboración propia.

#### **2.3.4. Selección de un método de cálculo de las emisiones de GEI en la FIUSAC**

Se elaboró el documento de los métodos de cálculo que fueron utilizados para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero, según las fuentes que se recopilaron. La portada se muestra a continuación.

Figura 14. **Portada documento selección de un método de cálculo de las emisiones de GEI en la FIUSAC**



Fuente: elaboración propia.

Para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero se establecen los métodos de cálculo que se utilizarán de acuerdo al tipo de emisión con la que se está trabajando. A continuación se presentan los

métodos de cálculo utilizados para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero totales.

#### 2.3.4.1. Combustibles

Se identificaron en las diferentes actividades administrativas, de docencia, y servicios que se ejecutan dentro de la FIUSAC la utilización de combustibles. Estas se describen en la tabla X.

Tabla X. **Consumo de combustibles en la FIUSAC**

<b>Núm.</b>	<b>Utilización</b>
1	Generación de vapor en la caldera de Laboratorio de Operaciones Unitarias.
2	Generación de vapor en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales
3	Consumo de combustibles en los medios de transporte propios de la FIUSAC.

Fuente: elaboración propia.

- Los combustibles que se utilizan son:
  - Gasolina súper
  - Diésel
  
- El parámetro de medición es:
  - Registros de los consumos monetarios por concepto de gasolina o diésel en las áreas donde se identificaron.
  - Registros de los consumos volumétricos por concepto de gasolina o diésel en los laboratorios identificados.

- Factores de cálculo
  - Poder calorífico combustibles (Juan B. Saucedo)
  - Costo diésel/gasolina promedio según mes del 2013
  - Factor de emisión de toneladas de dióxido de carbono por galón de combustible consumido (IPCC 1996)
  
- Ecuaciones aplicadas
  - Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir de los registros del consumo total (en quetzales) del combustible:

Figura 15. **Ecuación emisiones por combustibles según consumo total (en quetzales)**

$$CO_2 = Q * F_m * F_e$$

(Ecuación 1)

Dónde

**CO<sub>2</sub>**: emisiones de dióxido de carbono (t)

**Q**: combustible consumido (Q)

**F<sub>m</sub>**: precio mensual del combustible (Q /gal)

**F<sub>e</sub>**: factor de emisión de dióxido de carbono equivalente (t CO<sub>2</sub>/gal)

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo de aplicación: en el mes de febrero de 2011, la FIUSAC consumió un total de Q 11 042,35 en términos de combustible diésel utilizado en los medios de transporte de la Facultad. Determinar las emisiones generadas.

$$CO_{2eq} = (Q11042,35) * (1gal / Q32,61) * (0,00897tCO_2 / gal) = \mathbf{3,04 t CO_{2eq}}$$

Se generan 3,04 toneladas de dióxido de carbono equivalente.

- Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir de los registros del volumen consumido del combustible:

Figura 16. **Ecuación emisiones por combustibles según volumen consumido**

$\text{CO}_2 = V_c * F_e$ <p>(Ecuación 2)</p>
Dónde
<b>CO<sub>2</sub></b> : emisiones de dióxido de carbono (t)
<b>V<sub>c</sub></b> : volumen de combustible consumido (gal)
<b>F<sub>e</sub></b> : factor de emisión de dióxido de carbono (t CO <sub>2</sub> /gal)

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo de aplicación: el Laboratorio de Tecnología de la Madera utiliza un galón de gasolina súper para el funcionamiento de diversos equipos. Se debe cuantificar las emisiones de dióxido de carbono equivalente.

$$\text{CO}_2 = (1 \text{ gal}) (0,00897 \text{ t CO}_2/\text{gal}) = \mathbf{0,02691 \text{ t CO}_{2\text{eq}}}$$

Se generan 0,0269 toneladas de dióxido de carbono equivalente por utilizar un galón de gasolina súper en el Laboratorio de Tecnología de la Madera.

### 2.3.4.2. Soldaduras

Se identificaron dos laboratorios específicamente del área de docencia donde son utilizadas este tipo de soldaduras con mayor relevancia. Sin embargo, se encuentran en alcances distintos dentro de la cuantificación de las emisiones de GEI. Los laboratorios son:

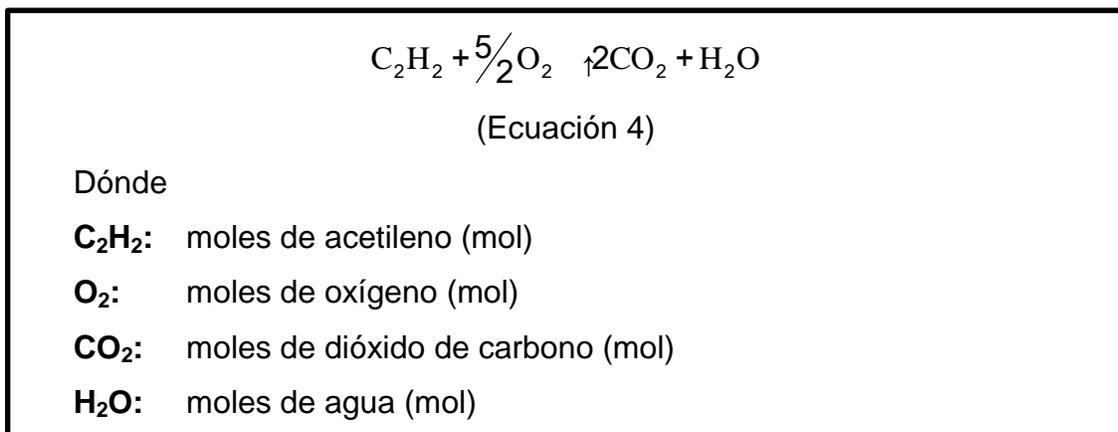
Tabla XI. **Laboratorios con emisiones por soldadura**

Núm.	Utilización
1	Laboratorio de Procesos de Manufactura 2 en el edificio T-7 de FIUSAC (alcance 1)
2	Laboratorio de Procesos de Manufactura ITUGS (alcance 3)

Fuente: elaboración propia.

El tipo de soldadura que se utiliza es la de acetileno, por lo que la generación del dióxido de carbono es mediante la reacción de combustión:

Figura 17. **Ecuación emisiones de otros GEI por combustibles**



Fuente: elaboración propia.

- Parámetro de medición
  - Registros de los consumos en masa de acetileno.
  
- Factores de cálculo
  - Factor estequiométrico de la reacción de combustión (Ecuación 4)
  
- Ecuación aplicada
  - Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir del consumo másico de acetileno.

Figura 18. **Ecuación emisiones a partir del consumo de acetileno**

$$CO_2 = M * M_{molC_2H_2} * F_{est} * M_{molCO_2} * F_{conv}$$

(Ecuación 5)

Dónde

**M:** masa acetileno utilizada (g)

**M<sub>molC<sub>2</sub>H<sub>2</sub></sub>:** masa molar acetileno (mol/g)

**F<sub>est</sub>:** factor estequiométrico de la reacción

**M<sub>molCO<sub>2</sub></sub>:** masa molar de dióxido de carbono (g/mol)

**F<sub>conv</sub>:** factor de conversión a toneladas (t/g)

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo de aplicación: en el Laboratorio de Procesos de Manufactura se utilizan 40 libras de acetileno para realizar las prácticas de docencia en un semestre. Utilizar la ecuación para cuantificar las emisiones generadas.

$$CO_{2eq} = (40 \text{ lb}) * (0,4535 \text{ kg/lb}) * (1000 \text{ g/1kg}) * (1 \text{ mol}/26,04 \text{ g}) * (2 \text{ mol } CO_2/1 \text{ mol } C_2H_2) * (44 \text{ g } CO_2/1 \text{ mol } CO_2) * (1 \text{ kg}/1000 \text{ g}) * (1 \text{ t}/1000 \text{ kg}) = \mathbf{0,06 \text{ t } CO_{2eq}}$$

Se emiten 0,06 toneladas de dióxido de carbono equivalente.

### **2.3.4.3. Aire acondicionado**

Representa una fuente de emisiones de gases de efecto invernadero debido a la carga de refrigerante que posee. Aunque el refrigerante no sea liberado se debe de considerar, ya que es un contenido de gas de efecto invernadero dentro del sistema, que en este caso, es la FIUSAC.

Los equipos fueron identificados en muchas de las áreas administrativas y de docencia de la FIUSAC. También, se identificaron varios equipos en el ITUGS, ya que en este se encuentra el Laboratorio de Refrigeración y Aire Acondicionado. Los refrigerantes que generalmente se utilizan son:

Tabla XII. **Refrigerantes utilizados**

<b>Núm.</b>	<b>Refrigerante</b>
1	R22
2	R410a
3	R134a

Fuente: elaboración propia.

- **Parámetro de medición**
  - Cantidad, marca y especificación de equipos de aire acondicionado.
  
- **Factores de cálculo**
  - Factor de potencial de calentamiento global

- Ecuación aplicada
  - Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) con respecto del potencial de calentamiento global.

Figura 19. **Ecuación de emisiones por aire acondicionado**

$$CO_2 = C_{ref} * F_{pcg} * F_{conv}$$

(Ecuación 6)

Dónde

**CO<sub>2</sub>**: emisiones de dióxido de carbono (t)

**C<sub>ref</sub>**: carga del refrigerante en el equipo (g)

**F<sub>pcg</sub>**: factor de potencial de calentamiento global (t CO<sub>2</sub>/t refrigerante)

**F<sub>conv</sub>**: factor de conversión a toneladas (t/g)

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo de aplicación: el equipo de aire acondicionado tiene una carga de refrigerante R22 de 1,25 kg. Se debe calcular las emisiones de dióxido de carbono equivalente que genera.

$$CO_{2eq} = (1,22 \text{ kg R22}) * (1\ 700 \text{ kg CO}_2 / \text{kg R22}) * (1 \text{ t} / 1\ 000 \text{ kg}) = 2,13 \text{ t CO}_{2eq}$$

Se emiten 2,13 toneladas de dióxido de carbono equivalente en una carga de 1,25 kilogramos de refrigerante R22.

#### 2.3.4.4. Reacciones químicas

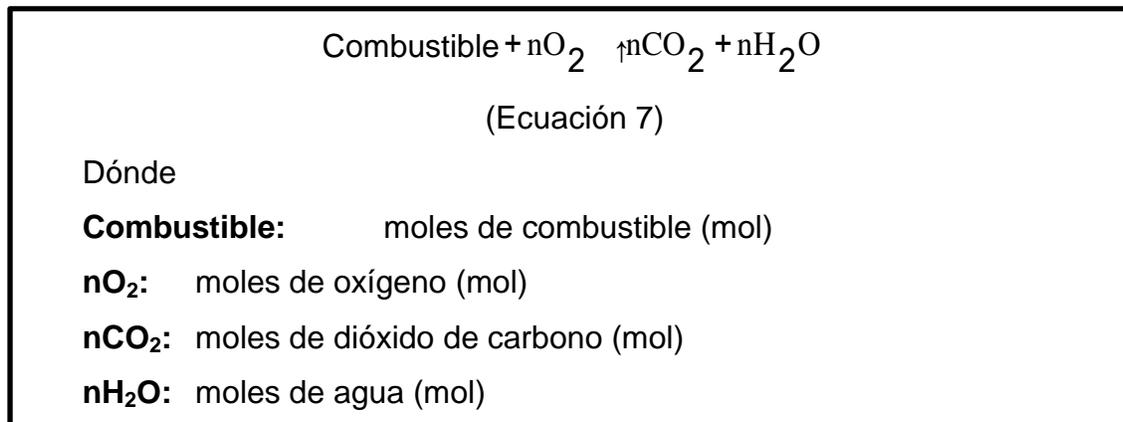
Existen prácticas de laboratorio en donde ocurren reacciones de combustión de diferentes especies químicas. Uno de los productos de la

reacción es el dióxido de carbono, es por ello que se tomarán en cuenta en la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la FIUSAC. A continuación se presentan los laboratorios en donde se han identificado este tipo de reacciones.

- Laboratorio de Química General
- Laboratorio de Química Orgánica
- Laboratorio de Fisicoquímica

Las reacciones de combustión se representan con la siguiente ecuación:

Figura 20. **Reacción de combustión**



Fuente: elaboración propia.

- Parámetro de medición
  - Reactivos utilizados en las reacciones de combustión
  - Cantidad de reactivos utilizados
  - Cantidad de reacciones por laboratorio

- Factores de cálculo
  - Factor estequiométrico de la reacción de combustión según reactivo.
- Ecuación aplicada
  - Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir del consumo de reactivos.

Figura 21. **Emisiones generadas por reacciones de combustión**

$$CO_2 = M * M_{molr} * F_{est} * M_{molCO_2} * F_{conv}$$

(Ecuación 8)

Dónde

**M:** masa de reactivo utilizado (g)

**M<sub>molr</sub>:** masa molar reactivo (mol/g)

**F<sub>est</sub>:** factor estequiométrico de la reacción

**M<sub>molCO<sub>2</sub></sub>:** masa molar de dióxido de carbono (g/mol)

**F<sub>conv</sub>:** factor de conversión a toneladas (t/g)

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo de aplicación: se utiliza un litro de etanol (789 g de etanol) en el semestre para las prácticas de química general. Se debe cuantificar las emisiones generadas.



$$CO_{2eq} = (789g \text{ } CH_3CH_2OH) * (1 \text{ mol}/46 \text{ g } CH_3CH_2OH) * (2 \text{ mol } CO_2/1 \text{ mol } CH_3CH_2OH) * (44 \text{ g } CO_2/1 \text{ mol } CO_2) * (1kg/1 \text{ 000g}) * (1t/1 \text{ 000kg}) = \mathbf{0,18 \text{ t } CO_{2eq}}$$

El consumo de un litro de etanol genera 0,18 toneladas de dióxido de carbono equivalente.

#### **2.3.4.5. Extintores**

Generalmente son identificados en las áreas administrativas y de docencia, están compuestos de dióxido de carbono. Aunque no sean utilizados se debe considerar, ya que es un contenido de gas de efecto invernadero dentro del sistema que, en este caso, es la FIUSAC.

Se identificó su uso en un curso de capacitación acerca del uso de extintores de diferentes tamaños, siendo esta, una emisión directa de dióxido de carbono.

- Parámetro de medición
  - Volumen del extintor
  - Tipo de extintor
  - Determinar qué tipo de alcance se categoriza
  
- Factores de cálculo
  - Factor de conversión a toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
  
- Ecuación utilizada
  - Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir de la masa del extintor

Figura 22. **Emisiones generadas por extintores**

$$CO_2 = C_{ext} * F_{conv}$$

(Ecuación 9)

Dónde

**CO<sub>2</sub>**: emisiones de dióxido de carbono (t)

**C<sub>ext</sub>**: carga del extintor (kg)

**F<sub>e</sub>**: factor de conversión (t CO<sub>2</sub>/kg CO<sub>2</sub>)

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo de aplicación: el extintor presenta una carga de dióxido de carbono de 50 kg. Se debe cuantificar las emisiones en toneladas de dióxido de carbono equivalente.

$$CO_{2eq} = (50kg CO_2) * (1 t / 1000kg) = 0,05 t CO_{2eq}$$

La carga de 50 kg representa 0,05 toneladas de dióxido de carbono equivalentes emitidas.

#### **2.3.4.6. Energía eléctrica**

Esta representa el alcance 2 de las emisiones de GEI. En estas se incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la FIUSAC.

Existen diferentes formas de establecer cuál fue el consumo de energía eléctrica en las instalaciones y actividades propias de las instituciones o empresas. Se puede utilizar el método directo o el indirecto.

El método directo establece que se deben obtener los consumos de energía eléctrica directamente de las facturas proporcionadas por la empresa eléctrica, donde se encuentra especificada la potencia utilizada por la entidad. Este método es el de mayor exactitud ya que toma en cuenta el consumo real.

El método indirecto es establecer mediante un inventario de todos los equipos y aparatos que consumen energía eléctrica y la potencia utilizada en un periodo de tiempo establecido. Este resulta una estimación que puede tener una gran variación, ya que se deben de conocer los consumos puntuales o incluso la variación en la energía suministrada. Sin embargo, resulta un método útil cuando no se dispone de las facturas o de los consumos energéticos registrados en la empresa eléctrica.

- Parámetro de medición
  - Registros de la potencia utilizada en los siguientes edificios de la FIUSAC:
    - T-1
    - T-3
    - T-4
    - T-5
    - T-6
    - T-7
    - S-11
    - S-12
    - Unidad de EPS, Prefabricados y CII

- Método indirecto para la medición de la energía eléctrica utilizada en el ITUGS.
- Factores de cálculo
  - Factor de emisión por consumo de energía eléctrica promedio (IPCC 1996)
- Ecuación utilizada
  - Emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a partir de la potencia de energía eléctrica consumida.

Figura 23. **Emisiones generadas por consumo de energía eléctrica**

$CO_2 = EE * F_{em}$ <p>(Ecuación 10)</p>
<p>Dónde</p> <p><b>CO<sub>2</sub>:</b> emisiones de dióxido de carbono (t)</p> <p><b>EE:</b> consumo de energía eléctrica (kWh)</p> <p><b>F<sub>e</sub>:</b> factor de emisión (t CO<sub>2</sub>/kWh)</p>

Fuente: elaboración propia.

Ejemplo de aplicación: según registros del consumo de energía eléctrica en el edificio T-3 de la FIUSAC, se tiene un promedio mensual de consumo de 44 380 kWh. Se debe cuantificar las emisiones generadas por ello.

$$CO_{2eq} = (44\ 380\ kWh) * (0,00065\ t\ CO_{2eq}/kWh) = \mathbf{28,94\ t\ CO_{2eq}}$$

El edificio T-3 genera un total de 28,94 toneladas de dióxido de carbono equivalente al mes.

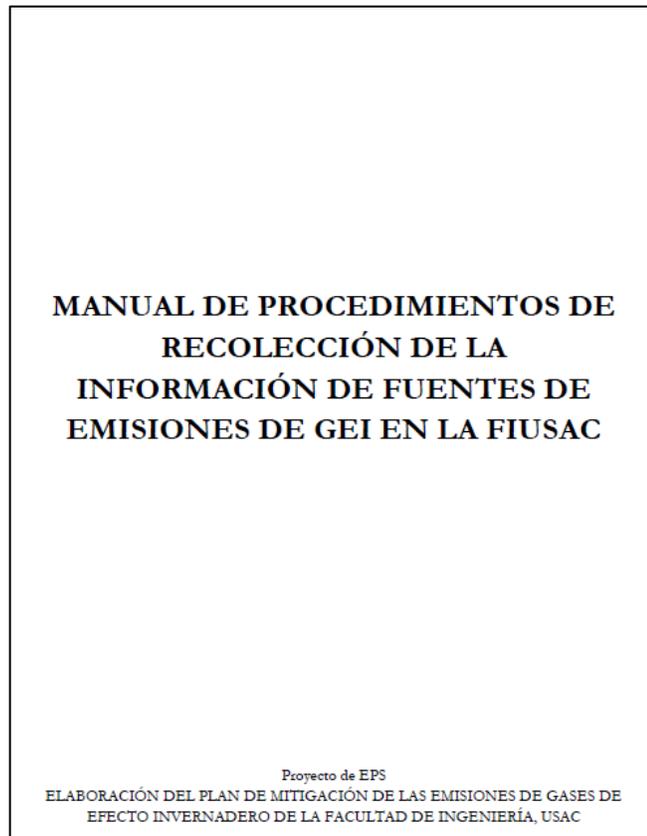
### **2.3.5. Recolección de la información para la cuantificación de los GEI**

En la etapa de identificación de las fuentes de emisiones de GEI en la FIUSAC se elaboró una base de datos de los lugares donde se generaban y los tipos de alcance en los que se clasificaban. Con respecto de esto se elaboró un Manual de Procedimientos de Recolección de la Información, el cual se presenta en el siguiente apartado.

#### **2.3.5.1. Manual de procedimientos e instructivos de recolección de la información de fuentes de emisiones de GEI en la FIUSAC**

Es un condensado de todos los procedimientos y formularios que se elaboraron como parte de este proyecto, con el fin de establecerlos y darle el seguimiento correspondiente a este trabajo.

Figura 24. **Portada manual**



Fuente: elaboración propia.

## i. Introducción

La cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la Facultad de Ingeniería requiere de la obtención de la información referente a las fuentes de emisiones identificadas. Así como, los parámetros de medición que se establecieron en la selección de los métodos de cálculo.

Para ello, se desarrollaron los procedimientos siguientes donde se establecen qué tipo de información se recolectará según el área que se evaluará y el tipo de emisiones que se identificaron en la misma. Además, se adjuntan los formularios donde se tiene el formato para obtener la información acorde al alcance de las emisiones evaluadas.

## ii. Objetivos

- Proporcionar los instrumentos de recolección de la información que permitan cuantificar las emisiones de GEI en la FIUSAC.
- Establecer tres procedimientos de recolección de la información para la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero en áreas administrativas, áreas de docencia y áreas de ocio y jardines.
- Desarrollar el procedimiento de recolección de la información de las emisiones de alcance 1 y 2 para los laboratorios de química y de mecánica.
- Determinar un procedimiento de recolección de la información de las emisiones de alcance 1 generadas por el consumo de combustible.
- Recolectar y registrar la información requerida para la cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC según los tres tipos de alcance.

## iii. Áreas de aplicación

Los procedimientos y formularios fueron elaborados según las siguientes áreas identificadas como puntos de generación de emisiones de GEI:

- Áreas administrativas (edificios, oficinas, cubículos).
  - Áreas de docencia (salones, laboratorios de computación, estudios).
  - Áreas de ocio, trabajo, jardines y pasillos.
  - Laboratorios de química (Química General, Ingeniería Química, Centro de Investigaciones de Ingeniería Química).
  - Laboratorios (Procesos de manufactura, Mecánica, Mecánica Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería).
- a. Procedimiento de identificación y registro de procedimientos y formularios: listado maestro
- Alcance

El listado maestro es un registro de toda la documentación que es creada para la obtención de la información referente a las fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero. Su finalidad es organizar todos los documentos bajo un código mediante el cual puedan identificar, controlar y utilizar en las diferentes áreas de evaluación.

- Objetivos
  - Organizar la documentación preparada de la recolección de la información para la cuantificación de las emisiones de GEI.
  - Identificar cada documento mediante un código que especifique su naturaleza.
  - Elaborar y registrar el listado maestro de documentación que permita la fácil identificación de los procedimientos ejecutados.

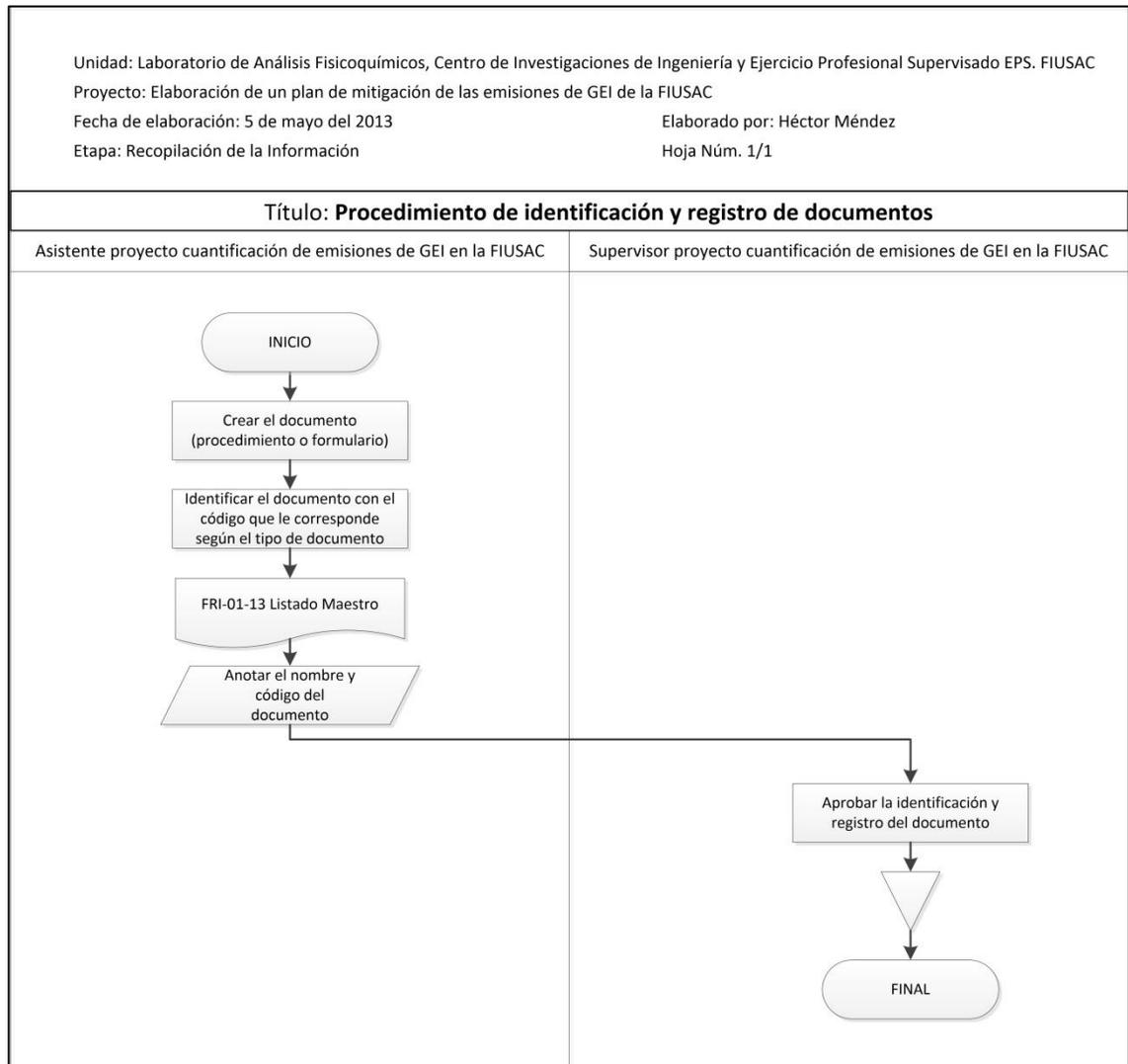
- Descripción del procedimiento

Tabla XIII. **Descripción del procedimiento de identificación y registro de documentos: listado maestro**

Descripción del procedimiento			
Unidad de Ejecución: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) y Ejercicio Profesional Supervisado (EPS). FIUSAC			
Título: <b>Procedimiento de identificación y registro de documentos</b>			
Hoja Núm. 1/1	Fecha elaboración: 05/05/2013	Elaborado por: Héctor Méndez	
Unidad	Puesto responsable	Pasos	Actividad
Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería	Asistente proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	1	Crear el documento (procedimiento o formulario)
		2	Identificar el documento, mediante la asignación del código con nomenclatura:  <b>PRI-XX-13:</b> Procedimientos <b>FRI-XX-13:</b> Formularios  Donde: <b>PRI:</b> Procedimiento de recolección de la información. <b>RRI:</b> Formulario de recolección de la información. <b>XX:</b> Número correlativo conforme se identifican los documentos. <b>13:</b> Año de identificación del documento.
		3	Registrar el documento en el formulario RRI-01-13 Listado Maestro. Se anota el nombre y el código del mismo.
	Supervisor proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	4	Aprobar la identificación del documento
	5	Almacenar el Listado Maestro actualizado.	

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Flujograma del procedimiento PRI-01-13



Fuente: elaboración propia.

- Formulario FRI-01-13 Listado maestro de la documentación

Figura 26. **Listado maestro de la documentación**

		<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>				
<b>Listado Maestro</b>						
Fecha: 05-06-13		Código Registro: FRI-01-13		Hoja: 1 / 1	Usuario: Héctor Méndez	
Núm	Código	Descripción				
1	PRI-01-13	Procedimiento de identificación y registro de documentos				
2	FRI-01-13	Registro de Listado Maestro				
3	PRI-02-13	Procedimiento de Recolección de Información Áreas Administrativas, de docencia y de ocio				
4	FRI-02-13	Registro de Recolección de Información Áreas Administrativas, de docencia y de ocio				
5	PRI-03-13	Procedimiento de Recolección de Información Laboratorios de Química				
6	FRI-03-13	Registro de Recolección de Información Laboratorios de Química				
7	PRI-04-13	Procedimiento de Recolección de Información Laboratorios Otros				
8	FRI-04-13	Registro de Recolección de Información Laboratorios Otros				
9	PRI-05-13	Procedimiento de Recolección de Información Equipos Combustible				
10	FRI-05-13	Registro de Recolección de Información Equipos Combustible				
11	PRI-06-13	Procedimiento de Recolección de Información Transporte				
12	FRI-06-13	Registro de Recolección de Información Transporte				
13	PRI-07-13	Procedimiento de Recolección de Información Soldaduras				
14	FRI-07-13	Registro de Recolección de Información Soldaduras				
15	FRI-08-13	Registro de Control de Áreas a Evaluar				
16	FRI-09-13	Registro de Solicitud de Apoyo e Información				
17	FRI-10-13	Ordenamiento de la Información Emisiones de Alcance 1				
18	FRI-11-13	Ordenamiento de la Información Emisiones de Alcance 2				
19	FRI-12-13	Ordenamiento de la Información Emisiones de Alcance 3				
Elaborado por: Héctor Rolando Méndez Rossal				Programa de EPS		

Fuente: elaboración propia.

b. Procedimiento de recopilación de información: áreas administrativas, de docencia y de ocio.

- Alcance

Este procedimiento establece los pasos a seguir para la obtención de la información referente a la cuantificación de las emisiones de GEI generadas en las áreas administrativas, de docencia y de ocio. En la etapa de identificación de las fuentes de emisiones de GEI se demostró que el tipo de fuentes en estas tres áreas son semejantes y por ello se condensan en un solo procedimiento.

- Objetivos

- Proporcionar la herramienta requerida para recolectar la información pertinente a las fuentes de emisiones de GEI en las diferentes áreas de la FIUSAC.
- Cuantificar los extintores presentes en dichas áreas como fuentes de emisiones de alcance 1.
- Establecer la cantidad de lámparas y equipos que consumen energía eléctrica, así como los equipos de aire acondicionado como fuentes de emisiones de alcance 2.
- Obtener la información de las fuentes de emisiones de GEI de una forma clara, organizada y de fácil recolección.

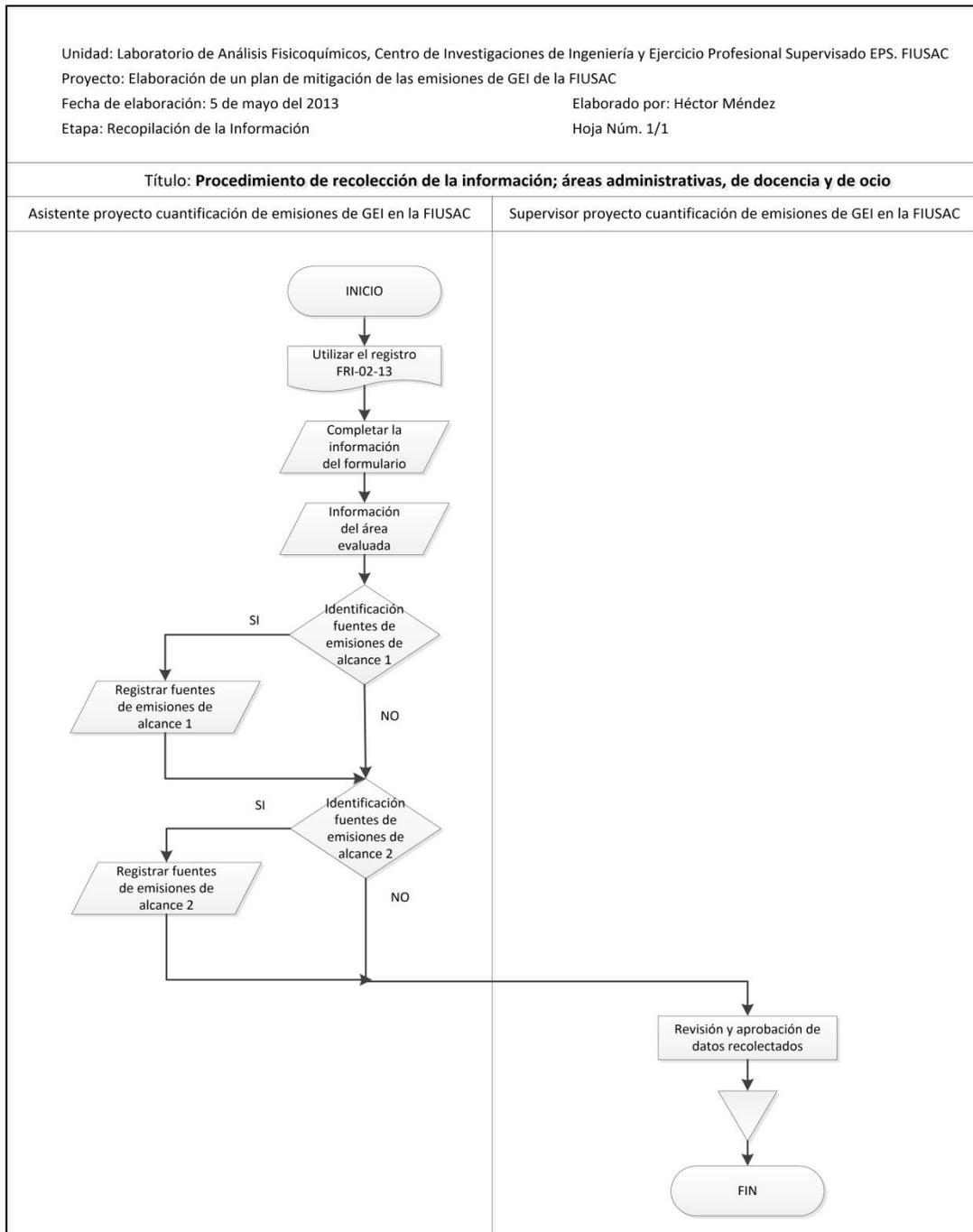
- Descripción del procedimiento

Tabla XIV. **Descripción del procedimiento de recolección de información: áreas administrativas, de docencia y de ocio**

Descripción del procedimiento			
Unidad de Ejecución: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería y Ejercicio Profesional Supervisado EPS. FIUSAC			
Título: <b>Procedimiento de recolección de información: áreas administrativas, de docencia y de ocio.</b>			
Hoja Núm. 1/1	Fecha elaboración: 05/05/2013	Elaborado por: Héctor Méndez	
Unidad	Puesto responsable	Pasos	Actividad
Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería  Ejercicio Profesional Supervisado	Asistente proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	1	Obtener el formulario FRI-02-13
		2	Identificar y registrar la información general del área que se está evaluando.
		3	Identificar y cuantificar las fuentes de emisiones de alcance 1 (extintores).
		4	Realizar el inventario de equipos electrónicos y la información general de cada equipo, emisiones de alcance 2.
		5	Identificar y cuantificar las lámparas y luminarias, emisiones de alcance 2.
	Supervisor proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	6	Revisar y aprobar la información recolectada.
		7	Almacenar el registro.

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **Flujograma del procedimiento PRI-02-13**



Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Formulario FRI-02-13 Áreas administrativas, de docencia y de ocio**

		<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>				
<b>Hoja de Toma de Datos Áreas Administrativas, de Docencia y de Ocio</b>						
Fecha:		Código Formulario: FRI-02-13		Hoja: /		Usuario:
Área Evaluada:				Ubicación:		
Persona entrevistada:				Cantidad personal:		
Horario:						
Observaciones:						
<b>Emisiones de Alcance 1</b>						
<b>1- Extintores</b>						
Existencia (SI/NO)		Tipo:	Cantidad:		Utilizado (SI/NO)	
<b>2- Aire Acondicionado</b>						
Existencia (SI/NO)		Uso:	Cantidad:		Utilizado (SI/NO)	
Especificaciones Técnicas:						
<b>Emisiones de Alcance 2</b>						
<b>1-Iluminación (Energía Eléctrica)</b>						
Luminarias (SI/NO)		Tipo:	Cantidad:		Estado:	
Lámparas		Tipo	Cantidad		Horario	
Observaciones						
<b>2-Electrodomésticos, Equipos y Dispositivos Electrónicos (Energía Eléctrica)</b>						
Electrodomésticos, Equipos y Dispositivos Electrónicos	Descripción		Especificaciones Técnicas		Cantidad	Horario
Firma Usuario		Elaborado por: Héctor Méndez			Programa de EPS	

Fuente: elaboración propia.

c. Procedimiento de recopilación de información: laboratorios de química

- Alcance

Este procedimiento permite recopilar la información de las emisiones generadas por la utilización de reactivos en todas las prácticas de los laboratorios de química. Se incluyen los laboratorios de Química General y los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Química de las áreas de Química y de Fisicoquímica.

- Objetivos

- Proporcionar la herramienta requerida para recolectar la información pertinente a las fuentes de emisiones de GEI en los laboratorios de química de las diferentes unidades de la FIUSAC.
- Obtener la información de las fuentes de emisiones de GEI de una forma clara, organizada y comprensible.
- Identificar y registrar los reactivos utilizados en prácticas de laboratorio involucrados en reacciones de combustión, emisiones de alcance 1.
- Establecer la cantidad de lámparas y equipos que consumen energía eléctrica, así como los equipos de aire acondicionado, emisiones de alcance 2.

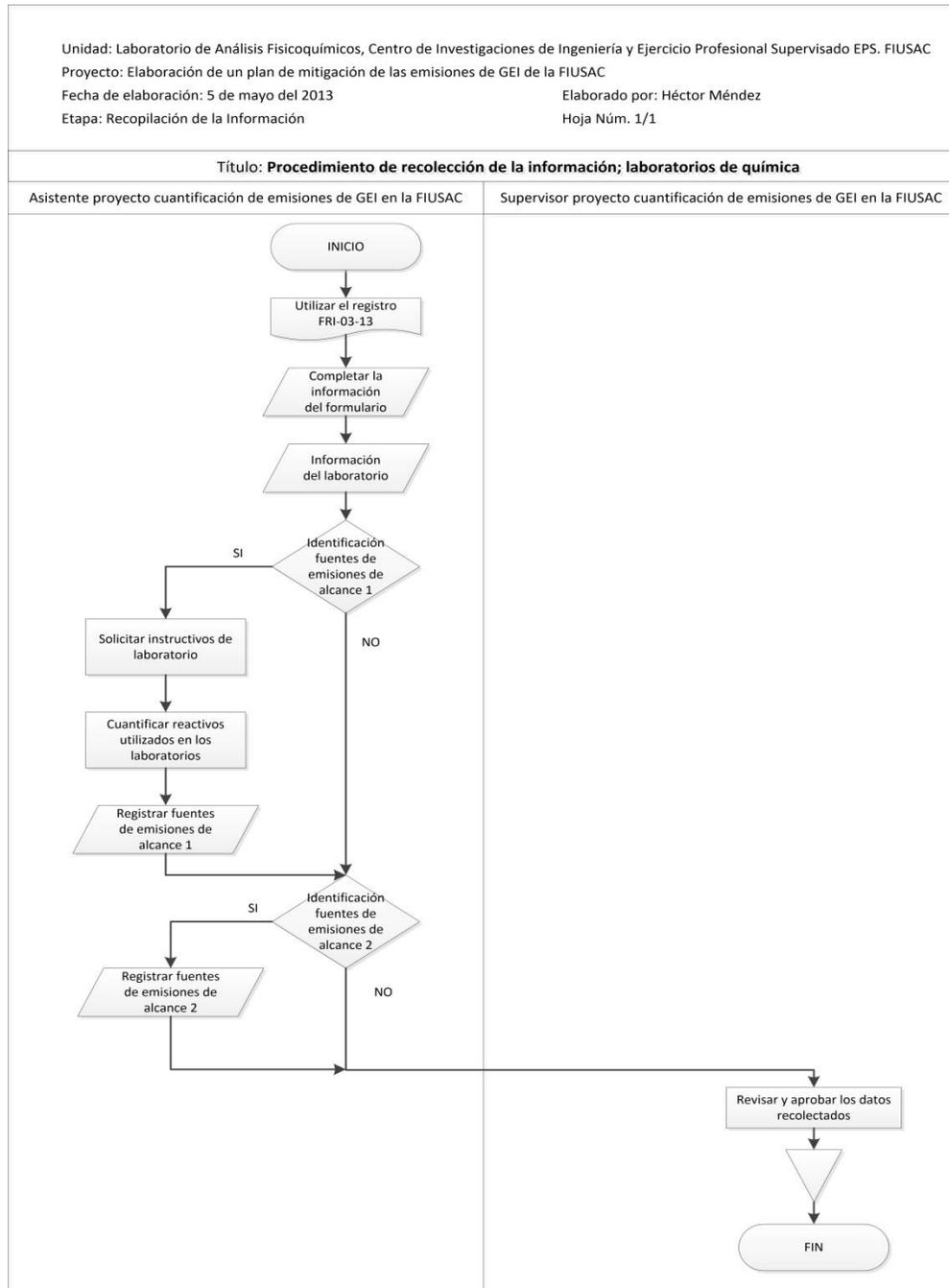
- Descripción del procedimiento

Tabla XV. **Descripción del procedimiento de recolección de información: laboratorios de química**

Descripción del procedimiento			
Unidad de Ejecución: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería y Ejercicio Profesional Supervisado EPS. FIUSAC			
Título: <b>Procedimiento de recolección de información: Laboratorios de Química</b>			
Hoja Núm. 1/1	Fecha elaboración: 05/05/2013	Elaborado por: Héctor Méndez	
Unidad	Puesto responsable	Pasos	Actividad
Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería  Ejercicio Profesional Supervisado	Asistente proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	1	Obtener el formulario FRI-03-13
		2	Identificar y registrar la información general del laboratorio que se está evaluando.
		3	Solicitar al encargado del laboratorio los instructivos de las prácticas de los diferentes laboratorios.
		4	Identificar y cuantificar los reactivos utilizados en reacciones de combustión según la cantidad de estudiantes y prácticas por semestre.
		5	Realizar el inventario de equipos electrónicos y la información general de cada equipo, emisiones de alcance 2.
		6	Identificar y cuantificar las lámparas y luminarias, emisiones de alcance 2.
	Supervisor proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	7	Revisar y aprobar la información recolectada.
		8	Almacenar el registro.

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Flujograma del procedimiento PRI-03-13**



Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Formulario FRI-03-13 Laboratorios de química, hoja 1**

		<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>				
<b>Hoja de Toma de Datos Laboratorios de Química</b>						
Fecha:	Código Registro:	FRI-03-13	Hoja: /	Usuario:		
Laboratorio:			Escuela:			
Profesional Entrevistado:						
Observaciones:						
<hr/>						
<b>Emisiones de Alcance 1</b>						
<b>1- Extintores</b>						
Existencia (SI/NO)	Tipo:	Cantidad:	Utilizado (SI/NO)			
<hr/>						
<b>2- Aire Acondicionado</b>						
Existencia (SI/NO)	Uso:	Cantidad:	Utilizado (SI/NO)			
Especificaciones Técnicas:						
<hr/>						
<b>3- Reactivos Químicos (Incineración de desechos/Emisiones directas en prácticas de laboratorio)</b>						
Tratamiento de incineración (SI/NO)		Emisiones directas (SI/NO)		Otros (SI/NO)		
Reactivo		Volumen o masa (mL/g)		Secciones	Grupos	
Firma Usuario		Elaborado por: Héctor Méndez			Programa de EPS	

Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Formulario FRI-03-13 Laboratorios de química, hoja 2**

		<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>				
<b>Hoja de Toma de Datos Laboratorios de Química</b>						
Fecha:		Código Registro:	FRI-03-13	Hoja: /	Usuario:	
<b>Emisiones de Alcance 2</b>						
<b>1-Iluminación (Energía Eléctrica)</b>						
		Tipo		Cantidad	Horario	
Luminarias						
		Tipo		Cantidad	Horario	
Lámparas						
Observaciones						
<b>2-Electrodomésticos, Equipos y Dispositivos Electrónicos (Energía Eléctrica)</b>						
		Descripción	Especificaciones Técnicas		Cantidad	Horario
Electrodomésticos, Equipos y Dispositivos Electrónicos						
Firma Usuario		Elaborado por: Héctor Méndez			Programa de EPS	

Fuente: elaboración propia.

d. Procedimiento de recopilación de información: laboratorios

- Alcance

Este procedimiento busca la recolección de la información referente a todos los laboratorios de la FIUSAC que utilizan equipos especiales o diferentes a los utilizados en las actividades de docencia, clases magistrales. Se exceptúan en este apartado todos los laboratorios de química y aquellos cuya metodología es similar al de las clases magistrales.

- Objetivos

- Proporcionar la herramienta requerida para recolectar la información pertinente a las fuentes de emisiones de GEI en los laboratorios de las diferentes escuelas de la FIUSAC.
- Obtener la información de las fuentes de emisiones de GEI de una forma clara, organizada y comprensible.
- Cuantificar los extintores instalados, emisiones de alcance 1.
- Establecer la cantidad de lámparas y equipos que consumen energía eléctrica, así como los equipos de aire acondicionado, emisiones de alcance 2.

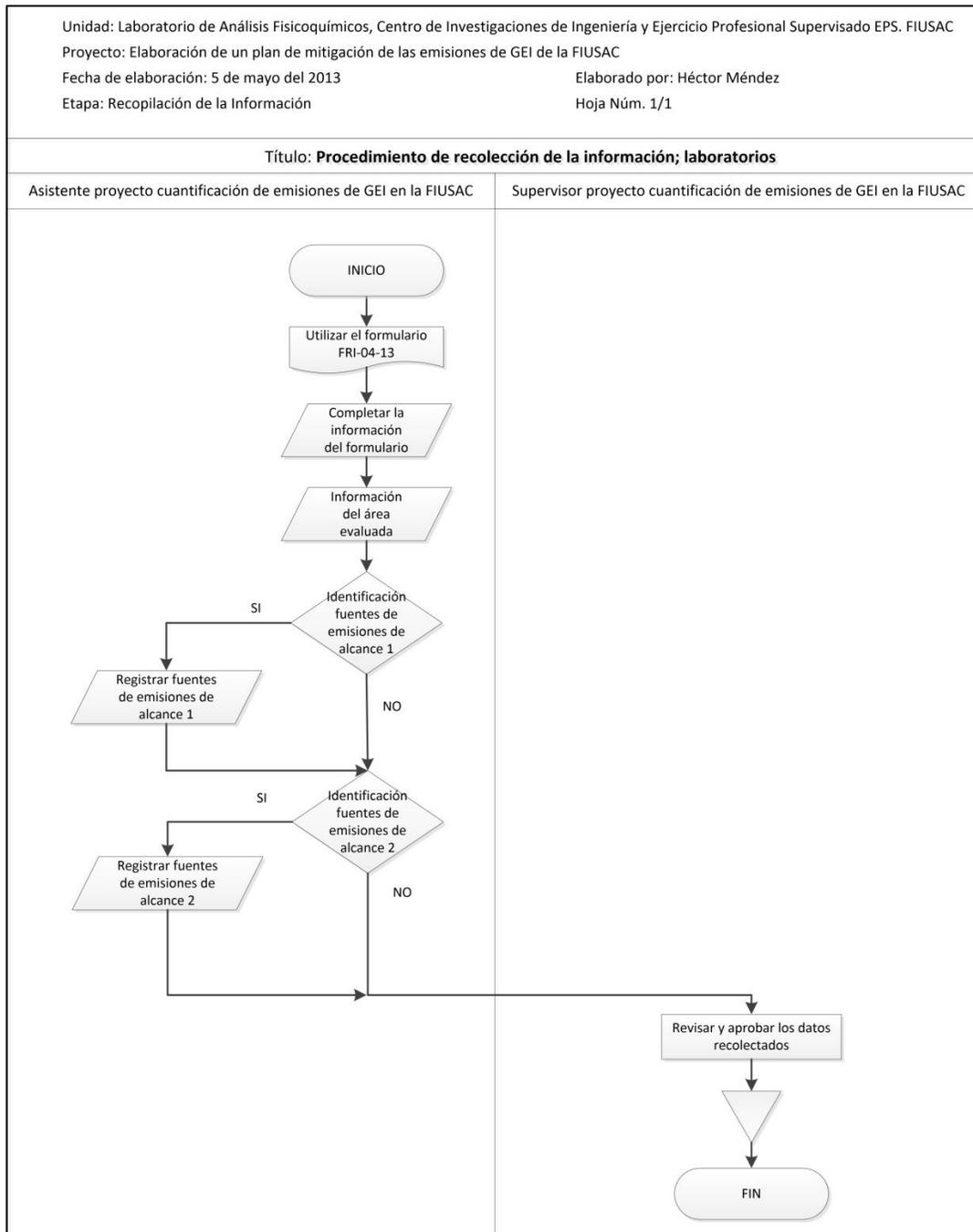
- Descripción del procedimiento

Tabla XVI. **Descripción del procedimiento de recolección de información: laboratorios**

Descripción del procedimiento			
Unidad de Ejecución: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería y Ejercicio Profesional Supervisado EPS. FIUSAC			
Título: <b>Procedimiento de recolección de información: laboratorios</b>			
Hoja Núm. 1/1	Fecha elaboración: 05/05/2013	Elaborado por: Héctor Méndez	
Unidad	Puesto responsable	Pasos	Actividad
Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería  Ejercicio Profesional Supervisado	Asistente proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	1	Obtener el formulario FRI-04-13.
		2	Identificar y registrar la información general del laboratorio que se está evaluando.
		3	Determinar y cuantificar las fuentes de emisiones de alcance 1 (extintores).
		4	Realizar el inventario de equipos electrónicos y la información general de cada equipo, emisiones de alcance 2.
		5	Identificar y cuantificar las lámparas y luminarias, emisiones de alcance 2.
	Supervisor proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	6	Revisar y aprobar la información recolectada.
		7	Almacenar el registro.

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Flujograma del procedimiento PRI-04-13**



Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Formulario FRI-04-13 Laboratorios**

		<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>				
<b>Hoja de Toma de Datos Laboratorios</b>						
Fecha:		Código Registro:		FRI-04-13	Hoja: /	Usuario:
Laboratorio Evaluado:				Escuela o Unidad:		
Profesional Entrevistado:						
Observaciones:						
<b>Emisiones de Alcance 1</b>						
<b>1- Extintores</b>						
Existencia (SI/NO)		Tipo:		Cantidad:	Utilizado (SI/NO)	
<b>2- Aire Acondicionado</b>						
Existencia (SI/NO)		Uso:		Cantidad:	Utilizado (SI/NO)	
Especificaciones Técnicas:						
<b>Emisiones de Alcance 2</b>						
<b>1-Iluminación (Energía Eléctrica)</b>						
Luminarias	Tipo			Cantidad	Horario	
Lámparas	Tipo			Cantidad	Horario	
Observaciones						
<b>2-Electrodomésticos, Equipos y Dispositivos Electrónicos (Energía Eléctrica)</b>						
Electrodomésticos, Equipos y Dispositivos Electrónicos	Descripción		Especificaciones Técnicas		Cantidad	Horario
Firma Usuario		Elaborado por: Héctor Méndez			Programa de EPS	

Fuente: elaboración propia.

e. Procedimiento de recopilación de información: combustible equipos

- Alcance

Este procedimiento busca la recopilación de los datos referentes al consumo de combustible en equipos de laboratorios, sin importar su naturaleza. Se incluyen las calderas, motores, sierras y cualquier otro equipo y/o aparato que requiera de combustible para su funcionamiento.

- Objetivos

- Proporcionar la herramienta requerida para recolectar la información relacionada con los combustibles utilizados en equipos de laboratorios y área de la FIUSAC.
- Obtener la información de las fuentes de emisiones de GEI de una forma clara, organizada y comprensible.
- Identificar y registrar los datos de los combustibles utilizados para el funcionamiento de los equipos, emisiones de alcance 1.

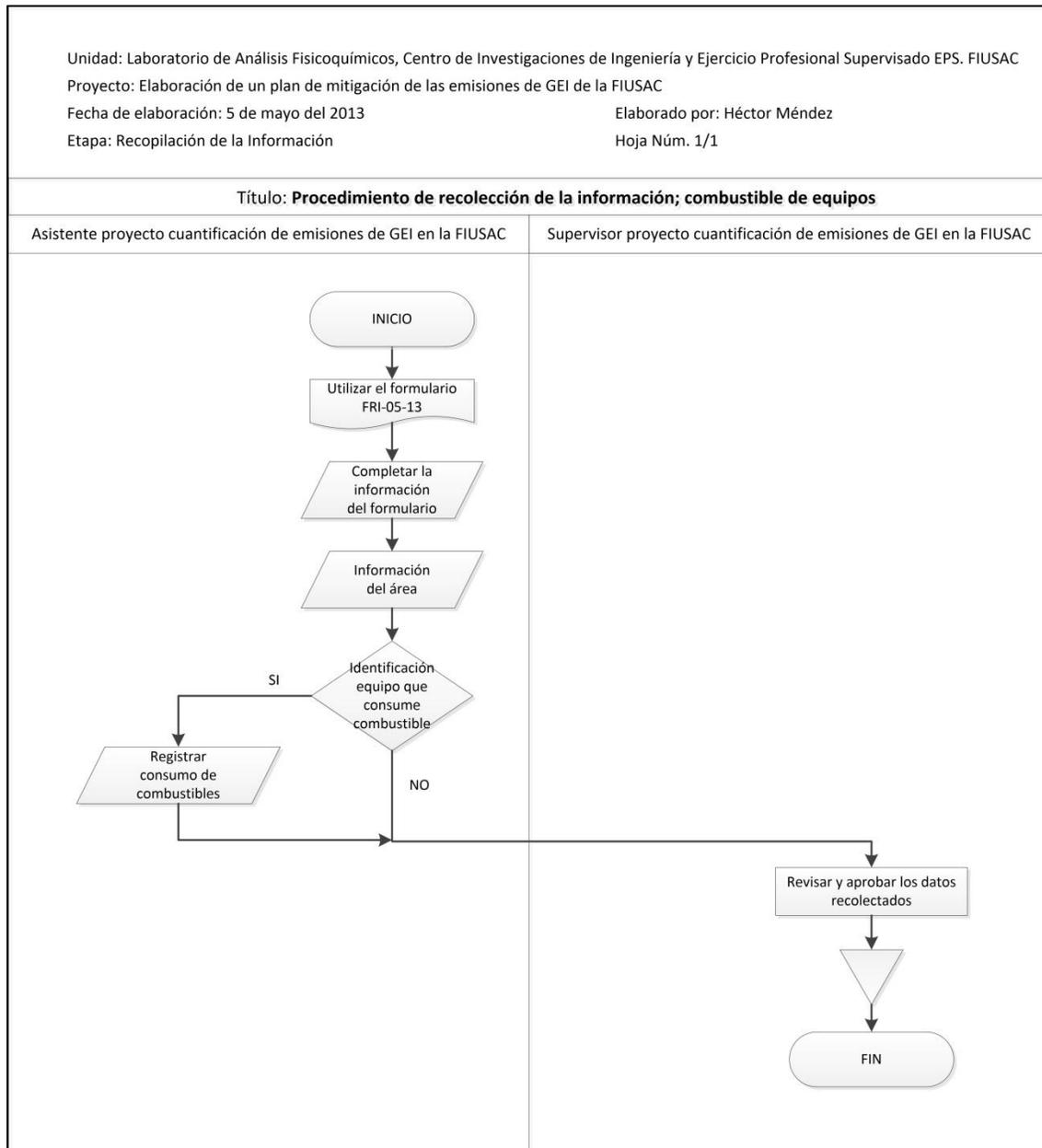
- Descripción del procedimiento

Tabla XVII. **Descripción del procedimiento de recolección de información: combustible equipos**

Descripción del procedimiento			
Unidad de Ejecución: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería y Ejercicio Profesional Supervisado EPS. FIUSAC			
Título: <b>Procedimiento de recolección de información: combustible equipos</b>			
Hoja Núm. 1/1	Fecha elaboración: 05/05/2013	Elaborado por: Héctor Méndez	
Unidad	Puesto responsable	Pasos	Actividad
Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería  Ejercicio Profesional Supervisado	Asistente proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	1	Obtener el formulario FRI-05-13.
		2	Identificar y registrar la información general del área donde se encuentra instalado o ubicado el equipo.
		3	Describir y anotar la información del equipo que utiliza combustible para su funcionamiento.
		4	Verificar el tipo de combustible y la cantidad que se utiliza según el periodo de uso que se indique.
	Supervisor proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	5	Revisar y aprobar la información recolectada.
		6	Almacenar el registro.

Fuente: elaboración propia.

Figura 34. **Flujograma del procedimiento PRI-05-13**



Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Formulario FRI-05-13 Combustible equipos**

		<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>					
<b>Hoja de Toma de Datos Combustibles Equipos</b>							
Fecha:	Código Registro:	FRI-05-13	Hoja: /		Usuario:		
Equipo Evaluado:				Laboratorio al que pertenece:			
Profesional Entrevistado:							
Observaciones:							
<b>Emisiones de Alcance 1: Combustibles</b>							
Descripción del equipo		Combustible		Volumen utilizado		Periodo de utilización	
<b>Evidencia física (SI/NO)</b>							
Cantidad de estudiantes en los laboratorios/ Análisis de los gases de combustión							
Firma Usuario		Elaborado por: Héctor Méndez				Programa de EPS	

Fuente: elaboración propia.

f. Procedimiento de recopilación de información: transporte FIUSAC

- Alcance

Este procedimiento busca la recopilación de los datos referentes al consumo de combustible para la utilización de los transportes propios de la Facultad de Ingeniería.

- Objetivos

- Proporcionar la herramienta requerida para recolectar la información relacionada con los combustibles utilizados para el transporte de la FIUSAC.
- Obtener la información de las fuentes de emisiones de GEI de una forma clara, organizada y comprensible.
- Identificar y registrar los datos de los combustibles utilizados para los medios de transporte de la Facultad.

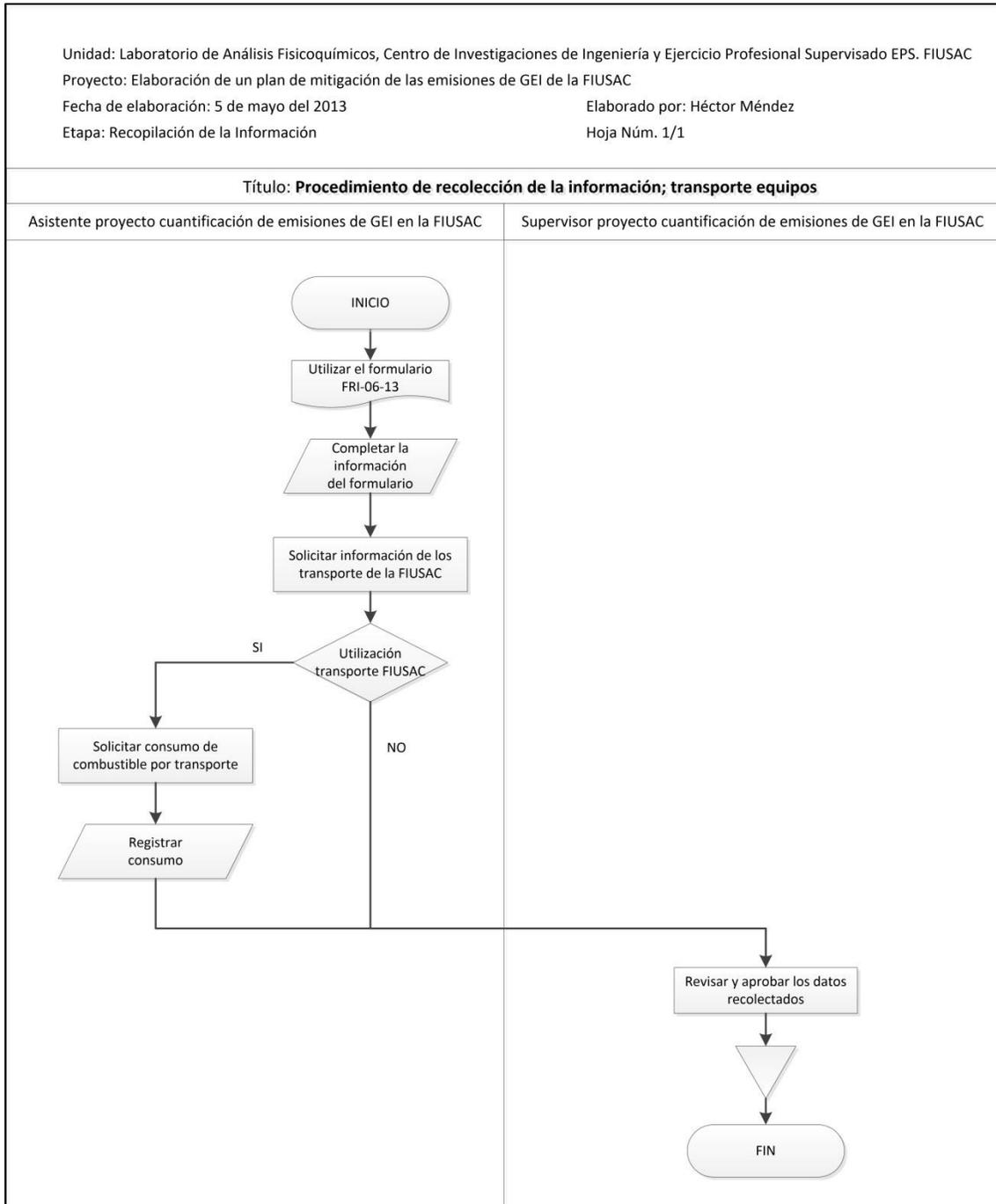
- Descripción del procedimiento

Tabla XVIII. **Descripción del procedimiento de recolección de información: combustible transporte**

Descripción del procedimiento			
Unidad de Ejecución: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería y Ejercicio Profesional Supervisado EPS. FIUSAC			
Título: <b>Procedimiento de recolección de información: combustible transporte</b>			
Hoja Núm. 1/1	Fecha elaboración: 05/05/2013	Elaborado por: Héctor Méndez	
Unidad	Puesto responsable	Pasos	Actividad
Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería	Asistente proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	1	Obtener el formulario FRI-06-13.
		2	Solicitar el registro de consumo de combustibles en el área de tesorería de la FIUSAC.
		3	Obtener y registrar los consumos monetarios por combustible para el transporte de la FIUSAC.
Ejercicio Profesional Supervisado	Supervisor proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	4	Revisar y aprobar la información recolectada.
		5	Almacenar el registro.

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Flujograma del procedimiento PRI-06-13**



Fuente: elaboración propia.



g. Procedimiento de recopilación de información: soldadura

- Alcance

Este procedimiento es utilizado para recopilar la información de la utilización de los diferentes tipos de soldadura en las actividades de docencia de los diferentes laboratorios de la FIUSAC.

- Objetivos

- Proporcionar la herramienta requerida para recolectar la información del consumo de acetileno para procesos de soldadura en laboratorios de la FIUSAC.
- Obtener la información de las fuentes de emisiones de GEI de una forma clara, organizada y comprensible.
- Identificar y registrar los datos del acetileno utilizado en prácticas de laboratorio, emisiones de alcance 1.

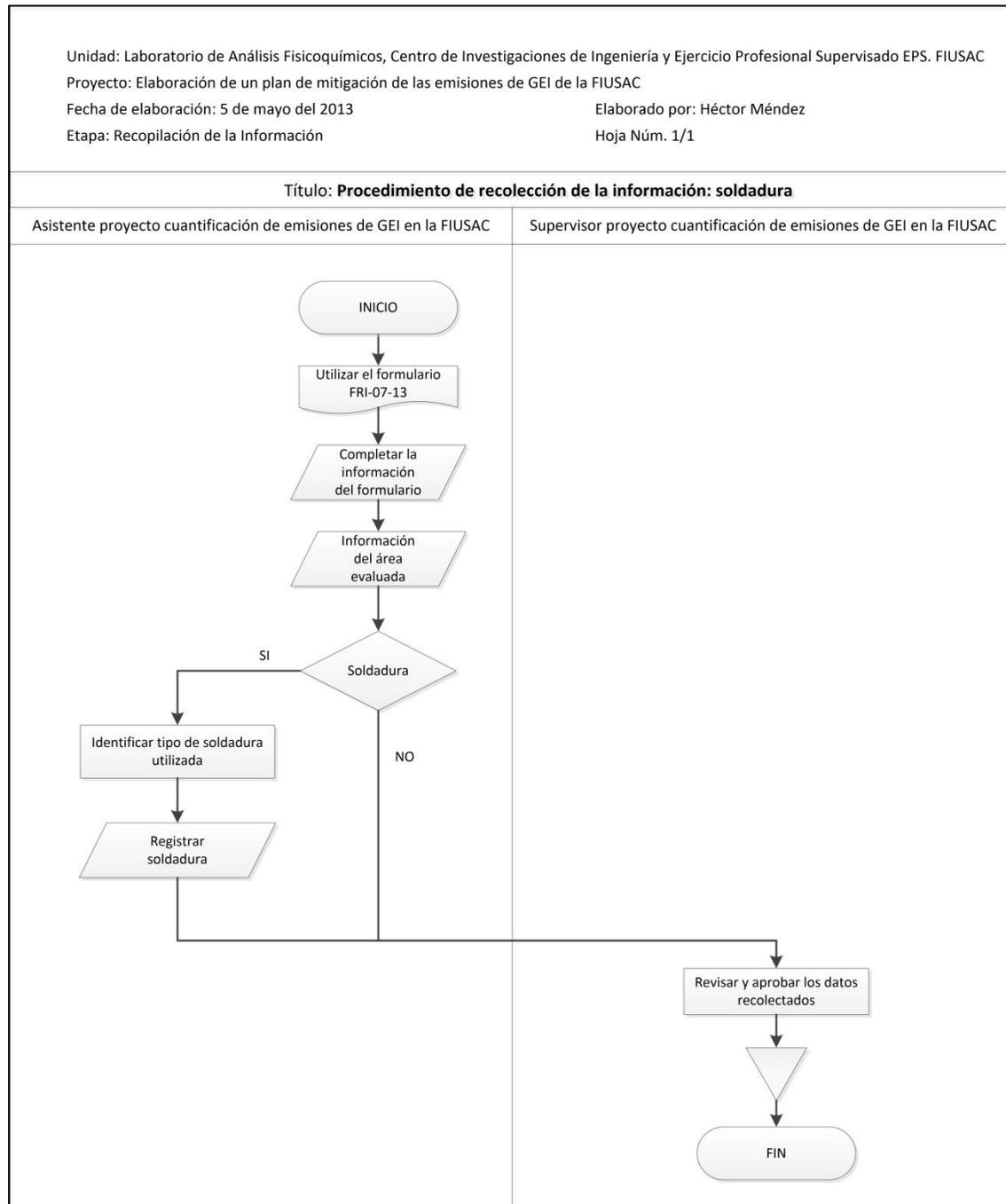
- Descripción del procedimiento

Tabla XIX. **Descripción del procedimiento de recolección de información: soldadura**

Descripción del procedimiento			
Unidad de Ejecución: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería y Ejercicio Profesional Supervisado EPS. FIUSAC			
Título: <b>Procedimiento de recolección de información: soldadura</b>			
Hoja Núm. 1/1	Fecha elaboración: 05/05/2013	Elaborado por: Héctor Méndez	
Unidad	Puesto responsable	Pasos	Actividad
Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, Centro de Investigaciones de Ingeniería  Ejercicio Profesional Supervisado	Asistente proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	1	Obtener el formulario FRI-07-13.
		2	Recopilar la información del laboratorio donde se ejecutan procesos de soldadura.
		3	Identificar el tipo de soldadura
		4	Registrar el volumen o masa de acetileno utilizado durante el semestre según la cantidad de estudiantes y prácticas por semestre.
	Supervisor proyecto de cuantificación de emisiones de GEI en la FIUSAC	5	Revisar y aprobar la información recolectada.
		6	Almacenar el registro.

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. **Flujograma del procedimiento PRI-07-13**



Fuente: elaboración propia.

Figura 39. **Formulario FRI-07-13 Soldadura**

		<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>				
<b>Hoja de Toma de Datos de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por Soldaduras</b>						
Fecha:	Código Registro:	FRI-07-13	Hoja: /		Usuario:	
Equipo Evaluado:			Laboratorio al que pertenece:			
Profesional Entrevistado:						
Observaciones:						
<b>Emisiones de Alcance 1: Soldaduras</b>						
Descripción método soldadura		Tipo soldadura	Volumen o cantidad utilizada	Periodo de utilización		
<b>Evidencia física (SI/NO)</b>						
Cantidad de estudiantes en los laboratorios						
Firma Usuario		Elaborado por: Héctor Méndez			Programa de EPS	

Fuente: elaboración propia.

- Formulario de control de la recopilación de la información según áreas evaluadas
  - Alcance

Este registro busca mantener un control sobre el proceso de recopilación de la información. Por lo que se tiene una base de datos de todas las áreas que deben de evaluarse conforme estas se vayan realizando pueda irse actualizando. De esta manera, se mantiene organizado este proceso.

Figura 40. **Formulario FRI-08-13 Control de áreas evaluadas**

		<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>					
<b>HOJA DE CONTROL DE ÁREAS EVALUADAS</b>							
Código Registro		FRI-08-13	Edificio	T-1	Hoja: /	Usuario:	
<b>EDIFICIO T-1 Nivel 2</b>							
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas				
			1	2	3		
1	Física						
2	Audiovisuales Física						
3	Biblioteca Física						
4	Estadística						
5	Salones						
6	Oficinas Administrativas						
7	Baños						
8	Pasillos						
<b>EDIFICIO T-1 Nivel 3</b>							
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas				
			1	2	3		
1	Escuela Mecánica Industrial						
2	Laboratorios Eléctrica						
3	Laboratorios Electrónica						
4	Congresos estudiantiles						
5	CESEM						
6	Oficina Tesis/EPS EMI						
7	Salones						
8	Pasillos						
9	Baños						
Firma Usuario		Elaborado por: Héctor Méndez				Programa de EPS	

Continuación de la figura 40.

	<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
<b>HOJA DE CONTROL DE ÁREAS EVALUADAS</b>																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Código Registro	FRI-08-13	Edificio	T-3	Hoja: /	Usuario:																																																																																																																																																																																																																																																																																													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">EDIFICIO T-3 Nivel 0</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Núm.</th> <th rowspan="2">Área</th> <th rowspan="2">Evaluación</th> <th colspan="3">Alcance de emisiones identificadas</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Escuela de Civil</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Audiovisuales</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Oficinas Administrativas</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Control Académico</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Baños</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Reproducción</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Cafetería</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Lingüística</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>Guardianes</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>Pasillos</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">EDIFICIO T-3 Nivel 1</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Núm.</th> <th rowspan="2">Área</th> <th rowspan="2">Evaluación</th> <th colspan="3">Alcance de emisiones identificadas</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>AEI</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Fotocopias</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Salones</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Centro de Salud</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Salud dental</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Baños</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Pasillos</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Laboratorio de Geomática</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">EDIFICIO T-3 Nivel 2</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Núm.</th> <th rowspan="2">Área</th> <th rowspan="2">Evaluación</th> <th colspan="3">Alcance de emisiones identificadas</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Salon Korea</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Internet Korea</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Administración Korea</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Baños</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Salones</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Asuntos Estudiantiles</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Pasillos</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">EDIFICIO T-3 Nivel 3</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Núm.</th> <th rowspan="2">Área</th> <th rowspan="2">Evaluación</th> <th colspan="3">Alcance de emisiones identificadas</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Laboratorios Computación</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Salones</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Baños</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Deportes</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Pasillos</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6">EDIFICIO T-3 Nivel 4</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Núm.</th> <th rowspan="2">Área</th> <th rowspan="2">Evaluación</th> <th colspan="3">Alcance de emisiones identificadas</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Salones</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>SAE-SAP</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Laboratorios de la India</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Baños</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Pasillos</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						EDIFICIO T-3 Nivel 0						Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas			1	2	3	1	Escuela de Civil					2	Audiovisuales					3	Oficinas Administrativas					4	Control Académico					5	Baños					6	Reproducción					7	Cafetería					8	Lingüística					9	Guardianes					10	Pasillos					EDIFICIO T-3 Nivel 1						Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas			1	2	3	1	AEI					2	Fotocopias					3	Salones					4	Centro de Salud					5	Salud dental					6	Baños					7	Pasillos					8	Laboratorio de Geomática					EDIFICIO T-3 Nivel 2						Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas			1	2	3	1	Salon Korea					2	Internet Korea					3	Administración Korea					4	Baños					5	Salones					6	Asuntos Estudiantiles					7	Pasillos					EDIFICIO T-3 Nivel 3						Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas			1	2	3	1	Laboratorios Computación					2	Salones					3	Baños					4	Deportes					5	Pasillos					EDIFICIO T-3 Nivel 4						Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas			1	2	3	1	Salones					2	SAE-SAP					3	Laboratorios de la India					4	Baños					5	Pasillos				
EDIFICIO T-3 Nivel 0																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	Escuela de Civil																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	Audiovisuales																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	Oficinas Administrativas																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4	Control Académico																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	Baños																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
6	Reproducción																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7	Cafetería																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8	Lingüística																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
9	Guardianes																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
10	Pasillos																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
EDIFICIO T-3 Nivel 1																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	AEI																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	Fotocopias																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	Salones																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4	Centro de Salud																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	Salud dental																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
6	Baños																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7	Pasillos																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
8	Laboratorio de Geomática																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
EDIFICIO T-3 Nivel 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	Salon Korea																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	Internet Korea																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	Administración Korea																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4	Baños																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	Salones																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
6	Asuntos Estudiantiles																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
7	Pasillos																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
EDIFICIO T-3 Nivel 3																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	Laboratorios Computación																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	Salones																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	Baños																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4	Deportes																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	Pasillos																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
EDIFICIO T-3 Nivel 4																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas																																																																																																																																																																																																																																																																																															
			1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	Salones																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
2	SAE-SAP																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
3	Laboratorios de la India																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
4	Baños																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
5	Pasillos																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Firma Usuario	Elaborado por: Héctor Méndez	Programa de EPS																																																																																																																																																																																																																																																																																																

Continuación de la figura 40.

 <p><b>FIUSAC</b> UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	<p><b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b></p>				
<b>HOJA DE CONTROL DE ÁREAS EVALUADAS</b>					
Código Registro	FRI-08-13	Edificio	T-4	Hoja: /	Usuario:
<b>EDIFICIO T-4 Nivel 0</b>					
<b>Núm.</b>	<b>Área</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Alcance de emisiones identificadas</b>		
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Departamento Química General				
2	Departamento Matemáticas				
3	Pasillos/ Jardines				
<b>EDIFICIO T-4 Nivel 1</b>					
<b>Núm.</b>	<b>Área</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Alcance de emisiones identificadas</b>		
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Tesorería				
2	Secretaría Adjunta				
3	PAP				
4	Secretaría Académica				
5	Decanatura				
6	Pasillos				
7	Control académico				
8	Información				
<b>EDIFICIO T-4 Nivel 2</b>					
<b>Núm.</b>	<b>Área</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Alcance de emisiones identificadas</b>		
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Biblioteca FIUSAC				
2	Oficinas Administrativas				
3	Baños				
4	Inglés				
5	Auditoría				
6	Publicidad				
7	Centro de Cálculo				
8	Pasillos				
Firma Usuario	Elaborado por: Héctor Méndez			Programa de EPS	

Continuación de la figura 40.

 <p><b>FIUSAC</b> UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	<p><b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b></p>																																																																																																																																																																																																													
<p><b>HOJA DE CONTROL DE ÁREAS EVALUADAS</b></p>																																																																																																																																																																																																														
Código Registro	FRI-08-13	Edificio	T-5	Hoja: /	Usuario:																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">EDIFICIO T-5 Nivel 0</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Núm.</th> <th rowspan="2">Área</th> <th rowspan="2">Evaluación</th> <th colspan="3">Alcance de emisiones identificadas</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Laboratorio de Extractos Vegetales</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Laboratorio de Operaciones Unitarias</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Escuela de Ingeniería Química</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Hidráulica</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Mantenimiento</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Laboratorio de Fisicoquímica</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Laboratorio de Química EIQ</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>Cubículo docentes</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>Laboratorio de Metales</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>Área de Investigación EIQ</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>Baños</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>Laboratorio de Concretos y Agregados</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>Cubículos docentes EIQ</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>Pasillos</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>Baños</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">EDIFICIO T-5 Nivel 2</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Núm.</th> <th rowspan="2">Área</th> <th rowspan="2">Evaluación</th> <th colspan="3">Alcance de emisiones identificadas</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Dirección CII</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Baños</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>CICON</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>EMPAGUA</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Salones</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>Pasillos</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">EDIFICIO T-5 Nivel 3</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Núm.</th> <th rowspan="2">Área</th> <th rowspan="2">Evaluación</th> <th colspan="3">Alcance de emisiones identificadas</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Salones para docencia</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Laboratorio Microbiología</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Pasillos</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Baños</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>						EDIFICIO T-5 Nivel 0						Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas			1	2	3	1	Laboratorio de Extractos Vegetales					2	Laboratorio de Operaciones Unitarias					3	Escuela de Ingeniería Química					4	Hidráulica					5	Mantenimiento					6	Laboratorio de Fisicoquímica					7	Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos					8	Laboratorio de Química EIQ					9	Cubículo docentes					10	Laboratorio de Metales					11	Área de Investigación EIQ					12	Baños					13	Laboratorio de Concretos y Agregados					14	Cubículos docentes EIQ					15	Pasillos					16	Baños					EDIFICIO T-5 Nivel 2						Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas			1	2	3	1	Dirección CII					2	Baños					3	CICON					4	EMPAGUA					5	Salones					6	Pasillos					EDIFICIO T-5 Nivel 3						Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas			1	2	3	1	Salones para docencia					2	Laboratorio Microbiología					3	Pasillos					4	Baños				
EDIFICIO T-5 Nivel 0																																																																																																																																																																																																														
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas																																																																																																																																																																																																											
			1	2	3																																																																																																																																																																																																									
1	Laboratorio de Extractos Vegetales																																																																																																																																																																																																													
2	Laboratorio de Operaciones Unitarias																																																																																																																																																																																																													
3	Escuela de Ingeniería Química																																																																																																																																																																																																													
4	Hidráulica																																																																																																																																																																																																													
5	Mantenimiento																																																																																																																																																																																																													
6	Laboratorio de Fisicoquímica																																																																																																																																																																																																													
7	Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos																																																																																																																																																																																																													
8	Laboratorio de Química EIQ																																																																																																																																																																																																													
9	Cubículo docentes																																																																																																																																																																																																													
10	Laboratorio de Metales																																																																																																																																																																																																													
11	Área de Investigación EIQ																																																																																																																																																																																																													
12	Baños																																																																																																																																																																																																													
13	Laboratorio de Concretos y Agregados																																																																																																																																																																																																													
14	Cubículos docentes EIQ																																																																																																																																																																																																													
15	Pasillos																																																																																																																																																																																																													
16	Baños																																																																																																																																																																																																													
EDIFICIO T-5 Nivel 2																																																																																																																																																																																																														
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas																																																																																																																																																																																																											
			1	2	3																																																																																																																																																																																																									
1	Dirección CII																																																																																																																																																																																																													
2	Baños																																																																																																																																																																																																													
3	CICON																																																																																																																																																																																																													
4	EMPAGUA																																																																																																																																																																																																													
5	Salones																																																																																																																																																																																																													
6	Pasillos																																																																																																																																																																																																													
EDIFICIO T-5 Nivel 3																																																																																																																																																																																																														
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas																																																																																																																																																																																																											
			1	2	3																																																																																																																																																																																																									
1	Salones para docencia																																																																																																																																																																																																													
2	Laboratorio Microbiología																																																																																																																																																																																																													
3	Pasillos																																																																																																																																																																																																													
4	Baños																																																																																																																																																																																																													
Firma Usuario	Elaborado por: Héctor Méndez			Programa de EPS																																																																																																																																																																																																										

Continuación de la figura 40.

 <p><b>FIUSAC</b> UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	<p><b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b></p>				
<b>HOJA DE CONTROL DE ÁREAS EVALUADAS</b>					
Código Registro	FRI-08-13	Edificio	T-7	Hoja: /	Usuario:
<b>EDIFICIO T-7 Nivel 0</b>					
<b>Núm.</b>	<b>Área</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Alcance de emisiones identificadas</b>		
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Salones				
2	Laboratorios Mecánica				
3	Escuela Mecánica				
4	Salón de profesores				
5	Salones Docencia				
6	Oficinas Administrativas				
<b>EDIFICIO T-7 Nivel 2</b>					
<b>Núm.</b>	<b>Área</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Alcance de emisiones identificadas</b>		
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Oficinas administrativas				
2	Salones para docencia				
3	Baños				
4	Pasillos				
<b>EDIFICIO T-7 Nivel 3</b>					
<b>Núm.</b>	<b>Área</b>	<b>Evaluación</b>	<b>Alcance de emisiones identificadas</b>		
			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	Salones de estudio				
Firma Usuario	Elaborado por: Héctor Méndez	Programa de EPS			

Continuación de la figura 40.

 <b>FIUSAC</b> <small>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA</small>	<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>				
<b>HOJA DE CONTROL DE ÁREAS EVALUADAS</b>					
Código Registro	FRI-08-13	Edificio	S-12	Hoja: /	Usuario:
<b>EDIFICIO S-12 Nivel 0</b>					
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas		
			1	2	3
1	Salones para docencia				
2	Social Humanística				
3	Baños				
4	Pasillos				
<b>EDIFICIO S-12 Nivel 2</b>					
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas		
			1	2	3
1	Salones para docencia				
2	Baños				
3	Pasillos				
<b>EDIFICIO S-12 Nivel 3</b>					
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas		
			1	2	3
1	Salones para docencia				
2	Baños				
3	Pasillos				
Firma Usuario		Elaborado por: Héctor Méndez			Programa de EPS

Continuación de la figura 40.

 <p><b>FIUSAC</b> UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	<p><b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b></p>				
<p><b>HOJA DE CONTROL DE ÁREAS EVALUADAS</b></p>					
Código Registro	FRI -08 -13	Edificio	S-11	Hoja: /	Usuario:
<p><b>EDIFICIO S-11 Nivel 0</b></p>					
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas		
			1	2	3
1	Salones para docencia				
2	Técnica Complementaria				
3	Escuela de Postgrados				
4	Pasillos				
5	Baños				
<p><b>EDIFICIO S-11 Nivel 1</b></p>					
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas		
			1	2	3
1	Laboratorios física				
2	Salones docencia				
3	Pasillos				
4	Baños				
<p><b>Francisco Vela</b></p>					
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas		
			1	2	3
1	Auditorium				
2	Oficina de Togas				
3	IngeniaRadio				
4	Administración Auditorium				
5	Baños				
6	Pasillos				
7	Columnas				
Firma Usuario	Elaborado por: Héctor Méndez			Programa de EPS	

Continuación de la figura 40.

		<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>					
<b>HOJA DE CONTROL DE ÁREAS EVALUADAS</b>							
Código Registro		FRI-08-13	Edificio	OTROS	Hoja: /	Usuario:	
<b>EPS PREFABRICADOS</b>							
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas				
			1	2	3		
1	EPS						
2	ERIS						
3	Laboratorio de Suelos						
4	Ecomateriales						
5	Tecnología de la Madera						
6	Sección Gestión de la Calidad						
7	Prefabricados						
8	Baños						
9	Pasillos						
10	Parqueo						
<b>ÁREAS DE OCIO, JARDINES, PARQUEO</b>							
Núm.	Área	Evaluación	Alcance de emisiones identificadas				
			1	2	3		
1	Ranchitos T-5						
2	Jardines T-3						
3	Ranchitos T-4						
4	Parqueo T-3						
5	Parqueo CII						
6	Parqueo para catedráticos						
7	Columnas						
8	Ajedrez						
Firma Usuario		Elaborado por: Héctor Méndez			Programa de EPS		

Fuente: elaboración propia.

- Formato de carta de solicitud de información y apoyo
  - Alcance

Pretende obtener un formato general de solicitud de apoyo a través de una carta. El contenido de la carta permanece constante, siendo modificadas únicamente la fecha y la persona a quien se dirige.

Figura 41. **Formato FRI-09-13 Carta de solicitud de información**

Guatemala, día de mes de 2013

A quien interese:

Por este medio me dirijo a usted para saludarle y desear que sus actividades se realicen con éxito. Mi nombre es Héctor Rolando Méndez Rossal identificado con el camé número 2007-14487, actualmente, estoy ejecutando el proyecto del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.) "Elaboración del Plan de Mitigación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la Facultad de Ingeniería, USAC" asesorado por la M.Sc. Ingrid Lorena Benítez Pacheco para obtener el título de Ingeniero Industrial.

Para cumplir con los objetivos planteados en el proyecto es necesario contar con toda la información de las actividades que generan emisiones de gases de efecto invernadero en sus diferentes alcances. Uno de ellos, son las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica, en este caso, todas las actividades administrativas y docentes en donde son utilizados equipos que consumen electricidad. Es por ello que solicito su apoyo y consentimiento para recopilar la información referente a los equipos y luminarias utilizadas en las oficinas y laboratorios de su departamento.

El objetivo de este proyecto es proponer un plan de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, el cual además de tener un impacto positivo para el ambiente, puede reducir costos en las actividades diarias de la Facultad de Ingeniería, por lo que espero que su respuesta sea positiva.

Agradeciendo su atención a la presente y sin otro particular,

Héctor R. Méndez Rossal  
hector\_mendez16@hotmail.com

Vo. Bo. M.Sc. Ingrid Benítez Pacheco  
Asesora del Proyecto de EPS/ Profesora Titular V  
ingrid\_lorenab@hotmail.com

Fuente: elaboración propia.

### 2.3.5.2. Programa de recolección de la información

Se elaboró un programa para la recolección de la información en los diferentes edificios, laboratorios y áreas en donde se identificó previamente que existían fuentes de emisiones. Con los formularios elaborados y preparados en el Manual de procedimientos se visitó cada área, como se observa en las tablas siguientes.

Tabla XX. Programa de recolección de la información edificio T-1

Núm.	Área	Fecha de Evaluación
<b>NIVEL 2</b>		
1	Física	<b>Semana del 03 – 07 de junio del 2013</b>
2	Audiovisuales Física	
3	Biblioteca Física	
4	Estadística	
5	Salones	
6	Oficinas Administrativas	
7	Baños	
8	Pasillos	
<b>NIVEL 3</b>		
1	Escuela Mecánica Industrial	<b>Semana del 03 – 07 de junio del 2013</b>
2	Laboratorios Eléctrica	
3	Laboratorios Electrónica	
4	Congresos estudiantiles	
5	CESEM	
6	Oficina Tesis/EPS EMI	
7	Salones	
8	Pasillos	
9	Baños	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. Programa de recolección de la información edificio T-3

Núm.	Área	Evaluación
<b>NIVEL 0</b>		
1	Escuela de Civil	<b>Semana del 10 – 14 de junio del 2013</b>
2	Audiovisuales	
3	Oficinas administrativas	
4	Control Académico	
5	Baños	
6	Reproducción	
7	Cafetería	
8	Lingüística	
9	Guardianes	
10	Pasillos	
<b>NIVEL 1</b>		
1	AEI	<b>Semana del 10 – 14 de junio del 2013</b>
2	Fotocopias	
3	Salones	
4	Centro de Salud	
5	Salud dental	
6	Baños	
7	Pasillos	
8	Laboratorio de Geomática	
<b>NIVEL 2</b>		
1	Salon Korea	<b>Semana del 10 – 14 de junio del 2013</b>
2	Internet Korea	
3	Administración Korea	
4	Baños	
5	Salones	
6	Asuntos Estudiantiles	
7	Pasillos	

Continuación de la tabla XXI.

<b>NIVEL 3</b>		
1	Laboratorios Computación	<b>Semana del 17 – 21 de junio del 2013</b>
2	Salones	
3	Baños	
4	Deportes	
5	Pasillos	
<b>NIVEL 4</b>		
1	Salones	<b>Semana del 17 – 21 de junio del 2013</b>
2	SAE-SAP	
3	Laboratorios de la India	
4	Baños	
5	Pasillos	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. Programa de recolección de la información edificio T-4

Núm.	Área	Evaluación
<b>Nivel 0</b>		
1	Departamento Química General	<b>Semana del 15 – 19 de julio del 2013</b>
2	Departamento Matemáticas	
3	Pasillos, jardines	
<b>Nivel 1</b>		
1	Tesorería	<b>Semana del 15 – 19 de julio del 2013</b>
2	Secretaría Adjunta	
3	PAP	
4	Secretaría Académica	
5	Decanatura	
6	Pasillos	
7	Control académico	
8	Información	
<b>Nivel 2</b>		
1	Biblioteca FIUSAC	<b>Semana del 15 – 19 de julio del 2013</b>
2	Oficinas administrativas	
3	Baños, pasillos	
4	Inglés	
5	Auditoría	
6	Publicidad	
7	Centro de Cálculo	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. Programa de recolección de la información edificio T-5

Núm.	Área	Evaluación
<b>NIVEL 0</b>		
1	Laboratorio de Extractos Vegetales	<b>Semana del 24 de junio al 5 de julio del 2013</b>
2	Laboratorio de Operaciones Unitarias	
3	Escuela de Ingeniería Química	
4	Hidráulica	
5	Mantenimiento	
6	Laboratorio de Fisicoquímica	
7	Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos	
8	Laboratorio de Química EIQ	
9	Cubículo para docentes	
10	Laboratorio de Metales	
11	Área de Investigación EIQ	
12	Baños	
13	Laboratorio de Concretos y Agregados	
14	Cubículos para docentes EIQ	
15	Pasillos	
16	Baños	
<b>NIVEL 1</b>		
1	Dirección CII	<b>Semana del 24 de junio al 5 de julio del 2013</b>
2	Baños	
3	CICON	
4	EMPAGUA	
5	Salones	
6	Pasillos	
<b>NIVEL 2</b>		
1	Salones para docencia	<b>Semana del 24 de junio al 5 de julio del 2013</b>
2	Laboratorio Microbiología	
3	Pasillos	
4	Baños	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. Programa de recolección de la información edificio T-6

Núm.	Área	Evaluación
1	Auditorium	<b>Semana del 8 - 12 de julio del 2013</b>
2	Oficina de Togas	
3	IngeniaRadio	
4	Administración Auditorium	
5	Baños	
6	Pasillos	
7	Columnas	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. Programa de recolección de la información edificio T-7

Núm.	Área	Evaluación
<b>NIVEL 0</b>		
1	Salones	<b>Semana del 15 - 19 de julio del 2013</b>
2	Laboratorios Mecánica	
3	Escuela Mecánica	
4	Salón de profesores	
5	Salones para docencia	
6	Oficinas administrativas	
<b>NIVEL 1</b>		
1	Oficinas administrativas	<b>Semana del 15 - 19 de julio del 2013</b>
2	Salones para docencia	
3	Baños	
4	Pasillos	
<b>NIVEL 2</b>		
1	Salones de estudio	<b>Semana del 15 - 19 de julio del 2013</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Programa de recolección de la información edificio S-11

Núm.	Área	Evaluación
<b>NIVEL 0</b>		
1	Salones para docencia	<b>Semana del 22 - 26 de julio del 2013</b>
2	Técnica Complementaria	
3	Escuela de Postgrados	
4	Pasillos	
5	Baños	
<b>NIVEL 1</b>		
1	Laboratorios física	<b>Semana del 22 - 26 de julio del 2013</b>
2	Salones para docencia	
3	Pasillos y baños	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Programa de recolección de la información edificio S-12

Núm.	Área	Evaluación
<b>NIVEL 0</b>		
1	Salones para docencia	<b>Semana del 29 de julio - 02 de agosto del 2013</b>
2	Social Humanística	
3	Baños	
4	Pasillos	
<b>NIVEL 1</b>		
1	Salones para docencia	<b>Semana del 29 de julio - 02 de agosto del 2013</b>
2	Baños	
3	Pasillos	
<b>NIVEL 2</b>		
1	Salones para docencia	<b>Semana del 29 de julio - 02 de agosto del 2013</b>
2	Baños	
3	Pasillos	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Otras áreas**

<b>Núm.</b>	<b>Área</b>	<b>Evaluación</b>
1	EPS	<b>Semanas del 05 - 16 de agosto del 2013</b>
2	ERIS	
3	Laboratorio de Suelos	
4	Ecomateriales	
5	Tecnología de la Madera	
6	Sección Gestión de la Calidad	
7	Prefabricados	
8	Parqueo	
9	Ranchitos T-5	
10	Jardines T-3	
11	Ranchitos T-4	
12	Parqueo T-3	
13	Parqueo CII	
14	Parqueo Catedráticos	
15	Columnas	
16	Ajedrez	
17	ITUGS	<b>Semanas del 19 - 23 de agosto del 2013</b>

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.5.3. Información recolectada y ordenamiento de la información**

Se logró la recopilación de toda la información necesaria y requerida para determinar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Se prepararon diferentes cartas para solicitar permiso de realizar mediciones en las áreas donde fue requerido, estas fueron dirigidas para:

- Decanatura
- Servicios generales
- SAE-SAP
- CICON
- Escuela de Mecánica
- Laboratorio de Operaciones Unitarias

En los apartados siguientes se presenta únicamente el resumen de la información recolectada y el ordenamiento de la misma.

La información recolectada se organizó en tres documentos y se presentan a continuación.

- Ordenamiento de la información de las emisiones de alcance 1
- Ordenamiento de la información de las emisiones de alcance 2
- Ordenamiento de la información de las emisiones de alcance 3

En las siguientes tablas se presentan los datos.

Tabla XXIX. Ordenamiento de la información de emisiones de alcance 1

 <p><b>FIUSAC</b> UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	<p><b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b></p>		
<p><b>ORDENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</b></p>			
Código Registro:	FRI-10-13	Hoja: 1 / 1	Usuario: Héctor Méndez
<p><b>EMISIONES DE ALCANCE 1</b></p>			
CAUSA EMISIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD MEDIDA	
Combustible: diésel consumido por transporte para actividades de FIUSAC	Quetzales gastados en galones de combustible	enero: Q 0,00 febrero: Q 11 042,35 marzo: Q 10 112,00 abril: Q 16 671,34 mayo: Q 10 124,00 junio: Q 9 819,50	
Combustible: diésel consumido para transporte de actividades del CII	Quetzales gastados en galones de combustible	Total en el semestre de enero a junio 2013: Q 5 797,02	
Combustible: diésel para caldera de Laboratorio LIEXVE	Quetzales gastados en galones de combustible	Total en el semestre de enero a junio 2013: Q 5 343,00	
Combustible: diésel para caldera de Laboratorio Operaciones Unitarias	Galones consumidos	Total de galones en el semestre: 756 galones	
Propano: cámara de vaporizado Tecnología de la Madera	Libras consumidas	50 libras utilizadas en el semestre	
Acetileno: Soldadura en Laboratorio de Procesos de Manufactura	Volumen del gas consumido	Total de volumen en el semestre: 550 pie <sup>3</sup>	
Reactivos: Reacciones en pruebas de laboratorios	Reacciones y cantidad de repeticiones	0,2 g de metano 1,5 g de 2 metil propeno 0,51 g de acetileno 0,78 g de benceno 2 L de etanol 11,34 kg de propano	
Firma Usuario	Elaborado por: Héctor Méndez	Programa de EPS	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. Ordenamiento de la información de emisiones de alcance 2

 <p><b>FIUSAC</b> UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>					
<b>ORDENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</b>						
Código Registro:	FRI-10-13	Hoja: 1 / 1	Usuario: Héctor Méndez			
<b>EMISIONES DE ALCANCE 2</b>						
ENERGÍA ELÉCTRICA						
	<b>Potencia utilizada (kW-h)</b>					
<b>EDIFICIO</b>	<b>enero</b>	<b>febrero</b>	<b>marzo</b>	<b>abril</b>	<b>mayo</b>	<b>junio</b>
<b>T-1</b>	<b>8178</b>	<b>9836</b>	<b>6709</b>	<b>9678</b>	<b>7809</b>	<b>7430</b>
<b>T-3</b>	<b>23940</b>	<b>43820</b>	<b>35560</b>	<b>60340</b>	<b>51100</b>	<b>51520</b>
<b>T-4</b>	<b>1766</b>	<b>1869</b>	<b>2209</b>	<b>2865</b>	<b>2363</b>	<b>2208</b>
<b>T-5</b>	<b>1760</b>	<b>2960</b>	<b>2320</b>	<b>3280</b>	<b>2960</b>	<b>2400</b>
<b>T-7</b>	<b>6542</b>	<b>7869</b>	<b>5367</b>	<b>7742</b>	<b>6247</b>	<b>5944</b>
<b>S-11</b>	<b>4893</b>	<b>5755</b>	<b>4690</b>	<b>6025</b>	<b>5824</b>	<b>5128</b>
<b>S-12</b>	<b>2447</b>	<b>2877</b>	<b>2345</b>	<b>3012</b>	<b>2912</b>	<b>2564</b>
<b>EPS</b>	<b>1161</b>	<b>1418</b>	<b>941</b>	<b>1414</b>	<b>1335</b>	<b>1177</b>
<b>PREFABRICADOS</b>	<b>371</b>	<b>375</b>	<b>290</b>	<b>427</b>	<b>360</b>	<b>276</b>
CAUSA EMISIÓN	UNIDAD DE MEDIDA		MEDICIÓN			
Equipos de aire acondicionado con refrigerante r22	Cantidad de equipos instalados		12 (2 000 Btu/h) 6 (10 000 BTu/h)			
Firma Usuario	Elaborado por: Héctor Méndez		Programa de EPS			

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. Ordenamiento de la información de emisiones de alcance 3

 <p><b>FIUSAC</b> UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA</p>	<p><b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b></p>																																																																		
<p><b>ORDENAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</b></p>																																																																			
Código Registro:	FRI-10-13	Hoja: 1 / 1	Usuario: Héctor Méndez																																																																
<p><b>EMISIONES DE ALCANCE 3</b></p>																																																																			
<p>EMISIONES GENERADAS POR ACTIVIDADES DE INGENIERÍA EN EL ITUGS</p>																																																																			
Acetileno: Soldadura en Laboratorios de Procesos de Manufactura	Volumen del gas consumido	Total de volumen en el semestre: 550 pie <sup>3</sup>																																																																	
<p>Equipo que consume energía eléctrica en las actividades y horarios utilizados por estudiantes de la FIUSAC en el ITUGS</p>																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad</th> <th>EQUIPO</th> <th>Cantidad</th> <th>EQUIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>20</td><td>Computadoras</td><td>1</td><td>Compresor</td></tr> <tr><td>20</td><td>Fuentes de energía</td><td>1</td><td>Cortadora</td></tr> <tr><td>2</td><td>Heladerías</td><td>1</td><td>Compresor</td></tr> <tr><td>3</td><td>Ventiladores</td><td>1</td><td>Sierra</td></tr> <tr><td>3</td><td>Bombas</td><td>1</td><td>Soldadura</td></tr> <tr><td>5</td><td>Cámaras de frío</td><td>1</td><td>Taladro</td></tr> <tr><td>48</td><td>Lámparas Fluorescentes</td><td>1</td><td>Taladro radial</td></tr> <tr><td>5</td><td><i>Freezers</i></td><td>63</td><td>Lámparas Fluorescentes</td></tr> <tr><td>1</td><td>Compresor</td><td>20</td><td>Lámparas Fluorescentes</td></tr> <tr><td>1</td><td>Bomba centrífuga</td><td>8</td><td>Lámparas Fluorescentes</td></tr> <tr><td>32</td><td>Lámparas Fluorescentes</td><td>4</td><td>Tornos</td></tr> <tr><td>16</td><td>Focos</td><td>3</td><td>Fresadora</td></tr> <tr><td>1</td><td>Compresor</td><td>6</td><td>Taladros</td></tr> <tr><td>1</td><td>Extractor</td><td>4</td><td>Esmeriles</td></tr> <tr><td>1</td><td>Desmontador</td><td>1</td><td>Bombas</td></tr> </tbody> </table>	Cantidad	EQUIPO	Cantidad	EQUIPO	20	Computadoras	1	Compresor	20	Fuentes de energía	1	Cortadora	2	Heladerías	1	Compresor	3	Ventiladores	1	Sierra	3	Bombas	1	Soldadura	5	Cámaras de frío	1	Taladro	48	Lámparas Fluorescentes	1	Taladro radial	5	<i>Freezers</i>	63	Lámparas Fluorescentes	1	Compresor	20	Lámparas Fluorescentes	1	Bomba centrífuga	8	Lámparas Fluorescentes	32	Lámparas Fluorescentes	4	Tornos	16	Focos	3	Fresadora	1	Compresor	6	Taladros	1	Extractor	4	Esmeriles	1	Desmontador	1	Bombas			
Cantidad	EQUIPO	Cantidad	EQUIPO																																																																
20	Computadoras	1	Compresor																																																																
20	Fuentes de energía	1	Cortadora																																																																
2	Heladerías	1	Compresor																																																																
3	Ventiladores	1	Sierra																																																																
3	Bombas	1	Soldadura																																																																
5	Cámaras de frío	1	Taladro																																																																
48	Lámparas Fluorescentes	1	Taladro radial																																																																
5	<i>Freezers</i>	63	Lámparas Fluorescentes																																																																
1	Compresor	20	Lámparas Fluorescentes																																																																
1	Bomba centrífuga	8	Lámparas Fluorescentes																																																																
32	Lámparas Fluorescentes	4	Tornos																																																																
16	Focos	3	Fresadora																																																																
1	Compresor	6	Taladros																																																																
1	Extractor	4	Esmeriles																																																																
1	Desmontador	1	Bombas																																																																
Firma Usuario	Elaborado por: Héctor Méndez		Programa de EPS																																																																

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.6. Aplicar herramientas de cálculo para la cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC**

El análisis y cálculo de la información para la determinación de las emisiones de gases de efecto invernadero se realizó con base en las metodologías que se seleccionaron como métodos de cálculo.

Se especificó la identificación de la fuente de emisiones, parámetros de medición, factores de cálculo y ecuaciones aplicadas. Por ello, en este documento solo se presentan los cálculos realizados según el tipo de emisiones identificadas dentro de las actividades de la FIUSAC.

- Emisiones primarias (Alcance 1)

Hacen referencia a todas aquellas fuentes de gases de efecto invernadero que son descartadas directamente en la atmósfera. Estas fueron clasificadas según la fuente que las generan.

- Combustibles: transporte para actividades administrativas y de docencia de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC

En este apartado se incluye únicamente los gastos por concepto de combustible. Es utilizado para transporte, por actividades de distinta naturaleza en representación o comisión de la Facultad de Ingeniería correspondiente al primer semestre del 2013.

Tabla XXXII. **Emisiones de GEI generadas por el transporte para actividades del Centro de Investigaciones de Ingeniería, FIUSAC**

Mes	Monto consumo diésel (Q)	Precio diésel (Q/gal)	Promedio galones consumidos (gal)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (kg)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (t)
enero	966,17	32,3	29,91	268,31	0,27
febrero	966,17	32,93	29,34	263,18	0,26
marzo	966,17	32,14	30,06	269,65	0,27
abril	966,17	30,1	32,10	287,93	0,29
mayo	966,17	29,36	32,91	295,18	0,30
junio	966,17	28,68	33,69	302,18	0,30
<b>TOTAL</b>					<b>1,69</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. **Emisiones de GEI generadas por el transporte para actividades de la Facultad de Ingeniería, USAC**

Mes	Monto consumo diésel (Q)	Precio diésel (Q/gal)	Promedio galones consumidos (gal)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (kg)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (t)
enero	0	31,12	0	0	0,00
febrero	11 042,35	32,61	338,62	3 037,41	3,04
marzo	10 112,00	33,2	304,58	2 732,07	2,73
abril	16 671,34	33,01	505,04	4 530,20	4,53
mayo	10 124,20	31,66	319,78	2 868,42	2,87
junio	9 819,85	29,2	336,30	3 016,58	3,02
<b>TOTAL</b>					<b>16,18</b>

Fuente: elaboración propia.

- Combustibles: calderas y otros equipos

En este apartado se incluyen las emisiones de GEI generadas por los combustibles utilizados para el funcionamiento de calderas y otros equipos. Los cuales son necesarios en las actividades de docencia y servicio de la FIUSAC.

Tabla XXXIV. **Emisiones de GEI generadas por el combustible utilizado en las calderas del Laboratorio de Operaciones Unitarias LOPU y el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE**

Caldera	Monto consumido (Q)	Precio diésel (Q/gal)	Promedio galones consumidos (gal)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (kg)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (t)
LOPU	S/D	30,92	756	6781,32	6,78
LIEXVE	5343	30,92	172,80	1550,02	1,55
<b>TOTAL</b>					<b>8,33</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXV. **Emisiones de GEI generadas por el combustible utilizado equipos del taller de Tecnología de la Madera**

Equipo	Fuente	Cantidad	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (kg)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (t)
Sierra	Gasolina súper	1 gal	26,91	0,02691
Cámara de vaporizado	Propano	50 lb	68,04	0,06804
<b>TOTAL</b>				<b>0,095</b>

Fuente: elaboración propia.

- Soldadura: acetileno

En este apartado se incluyen las emisiones de GEI que se generan a partir de acetileno, por los procesos de soldadura, que son parte del Laboratorio de Procesos de Manufactura 2 y debido a la cantidad de laboratorios que se imparten deben ser incluidos en la cuantificación de las emisiones de la FIUSAC.

Tabla XXXVI. **Emisiones de GEI generadas por los procesos de soldadura en el Laboratorio de Procesos de Manufactura, FIUSAC**

<b>Soldadura</b>	<b>Volumen consumido (pie3)</b>	<b>Masa (lb)</b>	<b>Masa consumida (kg)</b>	<b>CO<sub>2</sub> equivalente emitido (kg)</b>	<b>CO<sub>2</sub> equivalente emitido (t)</b>
Procesos de Manufactura	550	40,23	18,25	61,66	0,06
<b>TOTAL</b>					<b>0,06</b>

Fuente: elaboración propia.

- Prácticas de Laboratorio: reactivos químicos

Este apartado especifica las emisiones de GEI generadas por las reacciones de combustión que se realizan en prácticas de los laboratorios de Química General, Química, Química Orgánica y EMPAGUA.

Tabla XXXVII. **Emisiones de GEI generadas en los laboratorios de Química 3, 4 y Química Orgánica**

Reactivo	Producto	Cantidad (g)	Cantidad CO <sub>2</sub> emitido (g)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (kg)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (t)
Acetato de sodio	Metano	0,2	13,2	0,01	0,00001
Alcohol terbutílico	2 metil propeno	1,5	113,14	0,11	0,00011
Carburo de calcio	Acetileno	0,508	41,27	0,04	0,00004
Benzoato de sodio	Benceno	0,78	63,36	0,06	0,00006
Propano	Dióxido de carbono	11 340	34 020	34,02	0,03402
<b>TOTAL</b>					<b>0,034</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. **Emisiones de GEI generadas en los laboratorios de Química General y EMPAGUA**

Reactivo	Cantidad (mL)	Cantidad (g)	Cantidad CO <sub>2</sub> emitido (g)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (kg)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (t)
Etanol	1000	789	181 126,96	181,13	0,18
Etanol	1000	789	181 126,96	181,13	0,18
<b>TOTAL</b>					<b>0,36</b>

Fuente: elaboración propia.

- Emisiones secundarias (Alcance 2)

Se refieren a todas las emisiones indirectas que se emiten en la generación de energía eléctrica. También se incluyen aquellas por el contenido

de refrigerante en los equipos de aire acondicionado, no por su liberación si no por su almacenaje.

- Energía eléctrica: edificios de la FIUSAC

En este apartado se cuantifican las emisiones indirectas generadas por el consumo de energía eléctrica en los diferentes edificios de la FIUSAC, sin importar el tipo de actividades que se realicen, docentes, administrativas o servicio. El estudio se realizó con base en el primer semestre del 2013.

Tabla XXXIX. **Emisiones de GEI generadas por el consumo de energía eléctrica en los edificios de la FIUSAC**

EDIFICIO	Potencia utilizada (kW-h)						Potencia consumida (kWh)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (t)
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio		
<b>T-1</b>	8 178	9 836	6 709	9 678	7 809	7 430	49639	32,37
<b>T-3</b>	23 940	43 820	35 560	60 340	51 100	51 520	266280	173,64
<b>T-4</b>	1 766	1 869	2 209	2 865	2 363	2 208	13280	8,66
<b>T-5</b>	1 760	2 960	2 320	3 280	2 960	2 400	15680	10,22
<b>T-7</b>	6 542	7 869	5 367	7 742	6 247	5 944	39711	25,90
<b>S-11</b>	4 893	5 755	4 690	6 025	5 824	5 128	32313	21,07
<b>S-12</b>	2 447	2 877	2 345	3 012	2 912	2 564	16157	10,54
<b>EPS</b>	1 161	1 418	941	1 414	1335	1 177	7446	4,86
<b>PREFABRICADOS</b>	371	375	290	427	360	276	2099	1,37
<b>TOTAL DE EMISIONES</b>								<b>288,62</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Estimación de la potencia de energía eléctrica consumida mensual por equipo, aparato o electrodoméstico de la FIUSAC**

Núm.	Fuente	Total	Potencia teórica (W)	Uso (h/mes)	Usada (Wh)	Estimación potencia consumida (kWh)
1	Lámparas fluorescentes	<b>5126</b>	40	180	36 907 200	36 907,20
2	Computadora	<b>531</b>	200	132	14 018 400	14 018,40
3	Fuente de energía	<b>368</b>	25	720	6 624 000	6 624,00
4	Fotocopiadora	<b>18</b>	900	176	2 851 200	2 851,20
5	Incandescentes	<b>135</b>	100	180	2 430 000	2 430,00
6	Tornos	<b>8</b>	3 000	60	1 440 000	1 440,00
7	Cañonera	<b>39</b>	400	88	1 372 800	1 372,80
8	Aire acondicionado	<b>18</b>	1 013	66	1 203 444	1 203,44
9	Ventilador	<b>56</b>	100	176	985 600	985,60
10	Televisión	<b>20</b>	200	176	704 000	704,00
11	Impresora	<b>85</b>	150	44	561 000	561,00
12	Bombas centrífugas	<b>10</b>	1 250	44	550 000	550,00
13	Horno	<b>11</b>	1 000	44	484 000	484,00
14	Mufla	<b>6</b>	2 500	22	330 000	330,00
15	Módem/Router	<b>14</b>	30	720	302 400	302,40
16	Microondas	<b>22</b>	1 200	11	290 400	290,40
17	Secador	<b>1</b>	6 000	44	264 000	264,00
18	Cámaras de seguridad	<b>26</b>	12	720	224 640	224,64
19	Cafetera	<b>13</b>	600	22	171 600	171,60
20	Ojos de buey	<b>67</b>	20	120	160 800	160,80
21	Espectrofotómetro	<b>7</b>	1 000	22	154 000	154,00
22	Laptop	<b>54</b>	20	132	142 560	142,56
23	Planchas de calentamiento	<b>17</b>	350	22	130 900	130,90
24	Condensador de agua	<b>1</b>	11 000	11	121 000	121,00
25	Refrigeradora mini	<b>14</b>	350	22	107 800	107,80

Continuación de la tabla XL.

Núm.	Fuente	Total	Potencia teórica (W)	Uso (h/mes)	Usada (Wh)	Estimación potencia consumida (kWh)
26	Estufa	5	850	22	93 500	93,50
27	Agitador	9	900	11	89 100	89,10
28	Rotaevaporador	2	1 500	22	66 000	66,00
29	Campana de extracción	4	372,85	44	65 622	65,62
30	Calentador	1	5 500	11	60 500	60,50
31	Prensa	3	400	44	52 800	52,80
32	Trompo	1	2 240	22	49 280	49,28
33	Lámparas LED	13	30	120	46 800	46,80
34	Duplicador	2	500	44	44 000	44,00
35	Potenciómetro	3	120	111	39 960	39,96
36	Sierra de banco	1	1 800	22	39 600	39,60
37	Dispensador de agua	32	1,65	720	38 016	38,02
38	Cepilladoras	1	1 500	22	33 000	33,00
39	Sierra de inglete	1	1 500	22	33 000	33,00
40	Motor	2	745	22	32 780	32,78
41	Compresor	2	745	22	32 780	32,78
42	Barreno	5	550	11	30 250	30,25
43	Sierra engletadora	1	1 200	22	26 400	26,40
44	Refrigeradora grande	3	575	15	25 875	25,87
45	Quemadora	2	500	22	22 000	22,00
46	Sierra de cinta	1	1 000	22	22 000	22,00
47	Limas	3	200	36	21 600	21,60
48	Campana siembra	1	1 725	11	18 975	18,98
49	Cámara de vaporizado	1	800	22	17 600	17,60
50	Máquina De los ángeles	1	750	22	16 500	16,50
51	Compresor	1	745	22	16 390	16,39
52	Bomba periférica	1	745	22	16 390	16,39

Continuación de la tabla XL.

Núm.	Fuente	Total	Potencia teórica (W)	Uso (h/mes)	Usada (Wh)	Estimación potencia consumida (kWh)
53	Canteadora	1	745	22	16 390	16,39
54	Máquina Compresión triaxial	1	745	22	16 390	16,39
55	Máquina triaxial	1	745	22	16 390	16,39
56	Equipo de sonido	3	120	44	15 840	15,84
57	Recirculador de agua	5	285	11	15 675	15,68
58	Reactor	2	350	22	15 400	15,40
59	Balanza de humedad	3	400	11	13 200	13,20
60	Tornillo percutor	1	600	22	13 200	13,20
61	Bombas de vacío	5	115	22	12 650	12,65
62	Radio	9	15	88	11 880	11,88
63	Autoclave	2	500	11	11 000	11,00
64	Marmita	2	500	11	11 000	11,00
65	Verificador contadores	1	1 000	11	11 000	11,00
66	Compaginadora	1	240	44	10 560	10,56
67	Guillotina	1	240	44	10 560	10,56
68	Baño María	3	300	11	9 900	9,90
69	Sierra de dientes	1	450	22	9 900	9,90
70	Licadora industrial	1	745	11	8 195	8,20
71	Caladora	1	350	22	7 700	7,70
72	Extractor de polvo	1	350	22	7 700	7,70
73	Selladora	1	690	11	7 590	7,59
74	Tamizadora	3	220	11	7 260	7,26
75	Incubadora	2	150	22	6 600	6,60
76	Digestor	1	280	22	6 160	6,16
77	Bocinas	19	3,45	88	5 768	5,77
78	Termoreactor	1	500	11	5 500	5,50
79	Medidor de rigidez	1	500	11	5 500	5,50
80	Esmeril	1	250	22	5 500	5,50
81	Escáner	3	150	11	4 950	4,95
82	Enfriador	1	220	22	4 840	4,84
83	Esterilizador	1	220	22	4 840	4,84

Continuación de la tabla XL.

Núm.	FUENTE	TOTAL	Potencia teórica (W)	Uso (h/mes)	Usada (Wh)	Estimación potencia consumida (kWh)
84	Turbidímetro	1	400	11	4 400	4,40
85	Router	1	200	22	4 400	4,40
86	Lijadora	1	180	22	3 850	3,85
87	Lijadora orbital	1	175	22	3 850	3,85
88	Dremel	1	175	22	3 850	3,85
89	Microscopio	8	20	22	3 520	3,52
90	Lijadora de banda	1	150	22	3 300	3,30
91	Campana de destilación	1	115	22	2 530	2,53
92	Equipo Rayos X	2	100	11	2 200	2,20
93	Cromatógrafos	2	50	22	2 200	2,20
94	Absorción atómica	1	190	11	2 090	2,09
95	Calibrador multímetros	1	150	11	1 650	1,65
96	Máquina de corte directo	1	70	22	1 540	1,54
97	Patrón de voltaje	1	120	11	1 320	1,32
98	Medidor de puente Kelvin	1	100	11	1 100	1,10
99	Fuente de voltaje	1	100	11	1 100	1,10
100	Marco de Marshall	1	50	22	1 100	1,10
101	Fotómetro	2	20	22	880	0,88
102	DVD	3	12,20	22	805,20	0,81
103	Espectro Rayos X	1	72	11	792	0,79
104	Balanza analítica	19	1,80	22	752,40	0,75
105	Estereoscopio	2	20	11	440	0,44
106	Refractómetro	1	20	22	440	0,44
107	Osciloscopio	1	15	11	165	0,17
108	Generador de señal	1	14	11	154	0,15
109	Purificador de agua	1	3,52	11	38,72	0,04
					<b>TOTAL</b>	<b>73 939,97</b>

Fuente: elaboración propia.

- Emisiones terciarias (Alcance 3)

Estas incluyen todas las actividades que generan emisiones de GEI que son realizadas por la Facultad. Sin embargo, esta institución no las posee ni maneja directamente. En este caso, son las emisiones que se generan en el ITUGS en los distintos laboratorios impartidos a los estudiantes de la FIUSAC.

- Soldadura: acetileno

En este apartado se incluye las emisiones de GEI que se generan a partir de acetileno por los procesos de soldadura que son parte del Laboratorio de Procesos de Manufactura que se imparten en el ITUGS.

Tabla XLI. **Emisiones de GEI generadas por los procesos de soldadura en el laboratorio de procesos de manufactura, FIUSAC**

Soldadura	Volumen consumido (pie <sup>3</sup> )	Masa (lb)	Masa consumida (kg)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (kg)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (t)
Acetileno	550	48,40	21,95	21,95	0,02
Dióxido de carbono	550	32,18	14,60	49,33	0,05
<b>TOTAL</b>					<b>0,07</b>

Fuente: elaboración propia.

- Energía eléctrica: Equipos ITUGS

En este apartado se cuantifican las emisiones indirectas generadas por el consumo de energía eléctrica en la utilización de los diferentes equipos y aparatos utilizados en las actividades impartidas en el ITUGS para la FIUSAC.

Tabla XLII. Estimación consumo de energía eléctrica ITUGS

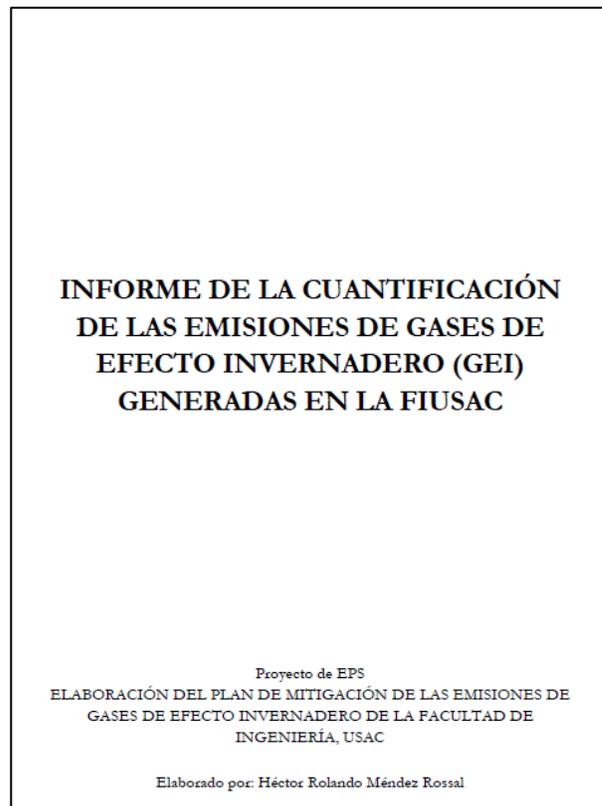
Cantidad	Equipo	Consumo teórico (W)	Uso (h)	Potencia (kW*h)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (kg)	CO <sub>2</sub> equivalente emitido (t)
20	Computadoras	200	96	1920,00	1,2520	0,0013
20	Fuentes de poder	25	96	240,00	0,1565	0,0002
2	Heladeras	1 500	0,25	0,75	0,0005	0,0000
3	Ventiladores	1 500	0,25	1,13	0,0007	0,0000
3	Bombas	3 000	20	180,00	0,1174	0,0001
5	Cámaras de frío	745,70	0,25	0,93	0,0006	0,0000
56	Lámparas Fluorescentes	40	480	1075,20	0,7011	0,0007
5	Freezers	745,70	0,25	0,93	0,0006	0,0000
1	Compresor	72 600	20	1452,00	0,9468	0,0009
1	Bomba centrífuga	745,70	12	8,95	0,0058	0,0000
95	Lámparas Fluorescentes	40	64	243,20	0,1586	0,0002
16	Focos	250	64	256,00	0,1669	0,0002
1	Compresor	2 982,80	64	190,90	0,1245	0,0001
1	Extractor	1 118,55	64	71,59	0,0467	0,0000
1	Desmontador	32	64	2,05	0,0013	0,0000
1	Compresor	3 728,5	64	238,62	0,1556	0,0002
1	Cortadora	8 800	48	422,40	0,2754	0,0003
1	Compresor	2 237,10	48	107,38	0,0700	0,0001
1	Sierra	745,70	48	35,79	0,0233	0,0000
1	Soldadura	55 000	48	2640,00	1,7215	0,0017
1	Taladro	2 982,80	48	143,17	0,0934	0,0001
1	Taladro radial	93,21	48	4,47	0,0029	0,0000
20	Lámparas Fluorescentes	40	256	204,80	0,1336	0,0001
4	Tornos	3 000	480	5760,00	3,7561	0,0038
3	Fresadora	200	480	288,00	0,1878	0,0002
6	Taladros	350	480	1008,00	0,6573	0,0007
4	Esmeriles	745,7	480	1431,74	0,9336	0,0009
1	Bombas	93,21	480	44,74	0,0292	0,0000
<b>TOTAL</b>						<b>0,01</b>

Fuente: elaboración propia.

### **2.3.7. Informe de la cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC**

En la última etapa de la metodología de cuantificación tenemos la exposición y socialización de los resultados. Por ello, se elaboró el informe de la cuantificación de las emisiones de GEI que se identificaron y cuantificaron en la Facultad.

Figura 42. **Portada del Informe de la cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC**

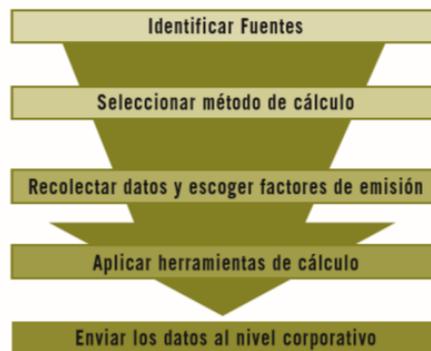


Fuente: elaboración propia.

- Introducción

Con base en el procedimiento que se establece en el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, se realizó la cuantificación de las emisiones de GEI siendo este informe la última etapa del mismo. El procedimiento se muestra en la figura siguiente.

Figura 43. **Procedimiento de cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC**



Fuente: Protocolo de Gases de Efecto Invernadero.

Identificación fuentes: en esta etapa se realizó una investigación y análisis de todas las posibles fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero, visitando los diferentes edificios de la FIUSAC y evaluando las redes de estudio de las carreras.

Seleccionar método de cálculo: con base en la identificación de las fuentes se realizó una búsqueda intensiva en bibliografía y con expertos, las metodologías de cálculo que se acoplaron y permitieron determinar las toneladas de dióxido de carbono equivalente emitidas por las actividades de la FIUSAC.

Recolectar datos: en esta etapa se diseñaron formatos de recolección de datos con base en la información obtenida de las dos etapas precedentes. Se visitaron todos los edificios, laboratorios, áreas administrativas y de docencia y se recolectaron los datos en el formulario respectivo.

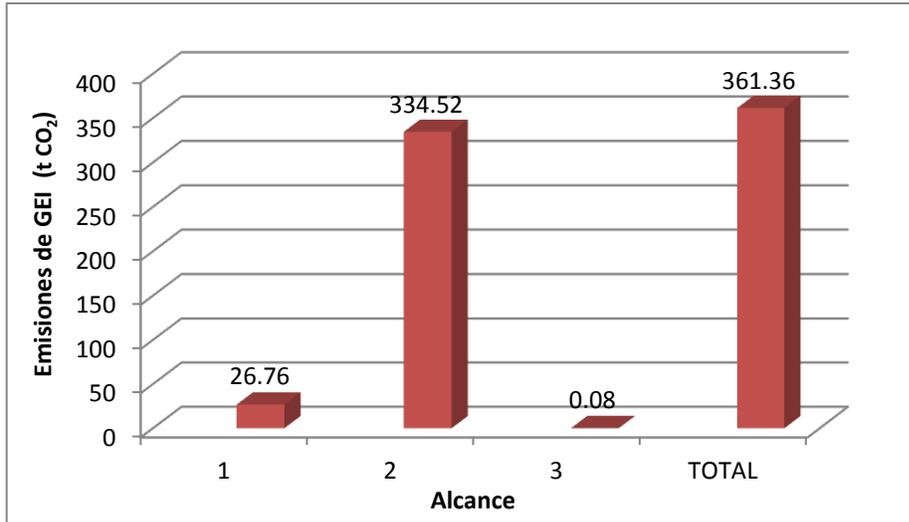
Aplicar herramientas de cálculo: con la información obtenida se aplicaron los métodos de cálculo y se cuantificaron las emisiones generadas por las actividades de la FIUSAC en un periodo de seis meses, el primer semestre del 2013.

- Emisiones de gases de efecto invernadero FIUSAC del primer semestre 2013
  - Emisiones totales

La FIUSAC ha incursionado a través de diferentes proyectos de investigación y desarrollo en la línea ambiental. Sin embargo, nunca se ha desarrollado un proyecto donde se busque cuantificar el impacto al ambiente que tiene esta y tampoco buscar alternativas para la mitigación de las emisiones de GEI.

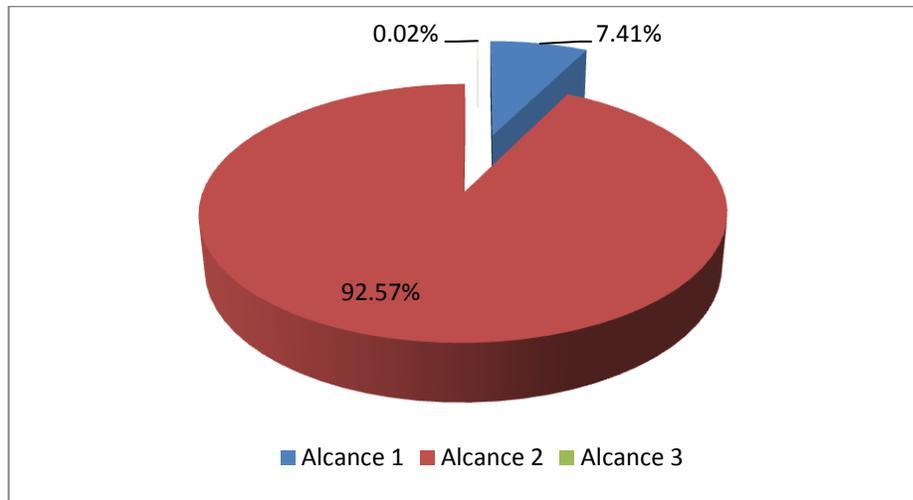
Por ello, no se cuenta con información previa referente a la cuantificación de las emisiones generadas por todas las actividades que se realizan en el día a día. Este estudio, por consiguiente, será la base para la comparación del seguimiento del mismo en los años posteriores. El periodo de evaluación seleccionado fue de un semestre, el primer semestre del 2013. A continuación se presenta la cuantificación de las emisiones totales de GEI generadas en todas las actividades de la FIUSAC.

Figura 44. **Emisiones totales generadas en la FIUSAC en el primer semestre de 2013**



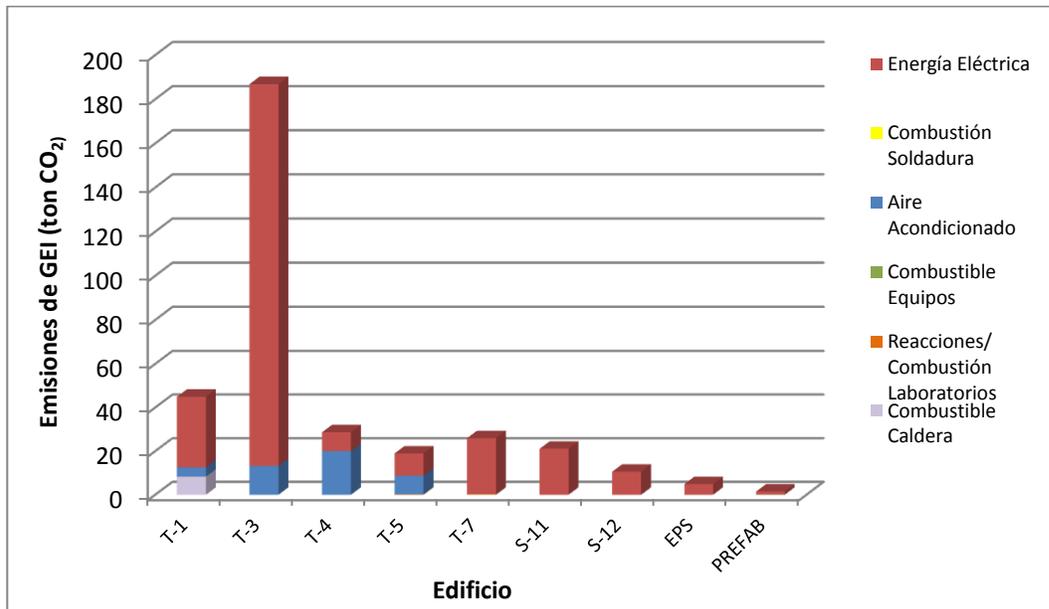
Fuente: elaboración propia.

Figura 45. **Porcentaje de las emisiones totales por el tipo de alcance**



Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Emisiones generadas por edificio



Fuente: elaboración propia.

- Emisiones primarias totales

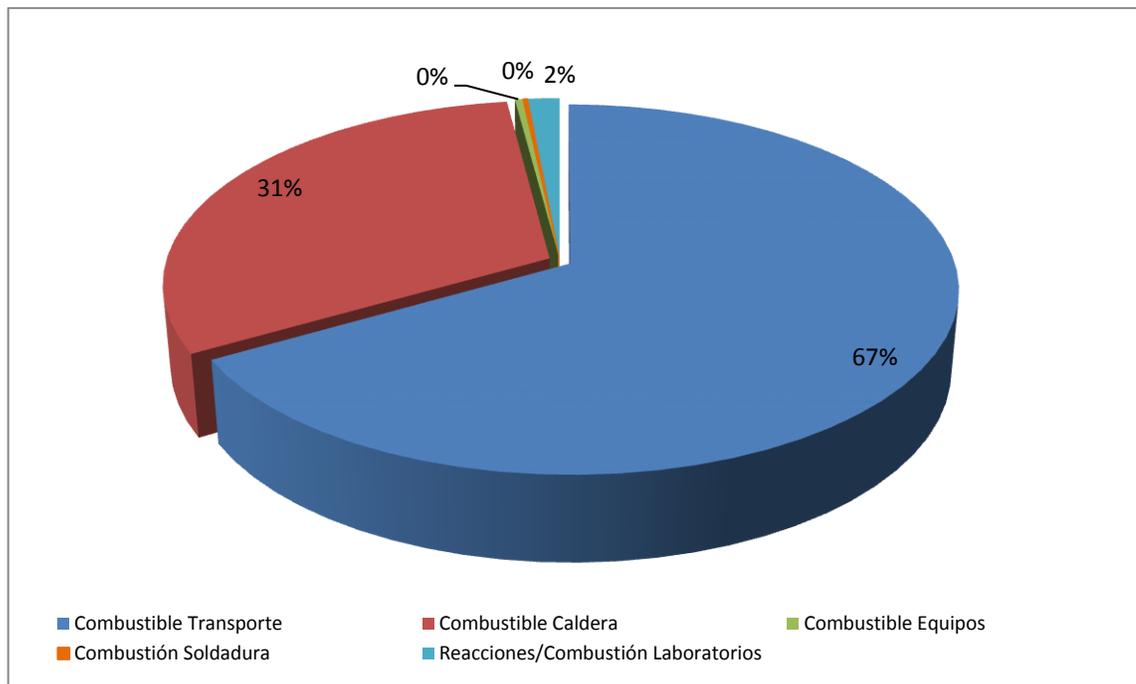
En este primer estudio de las emisiones directas de gases de efecto invernadero se obtuvieron los datos de las diversas fuentes identificadas. En la figura y tabla siguientes se muestran las emisiones generadas y los porcentajes que representa cada una de las fuentes que se identificaron en la FIUSAC.

Tabla XLIII. **Cuantificación de las emisiones primarias en la FIUSAC**

<b>Fuente</b>	<b>Toneladas CO<sub>2</sub> equivalente (t)</b>
Combustible transporte	17,87
Combustible caldera	8,33
Combustible equipos	0,10
Combustión soldadura	0,06
Reacciones/combustión laboratorios	0,40
<b>TOTAL</b>	<b>26,76</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 47. **Emisiones primarias de GEI generadas en la FIUSAC**



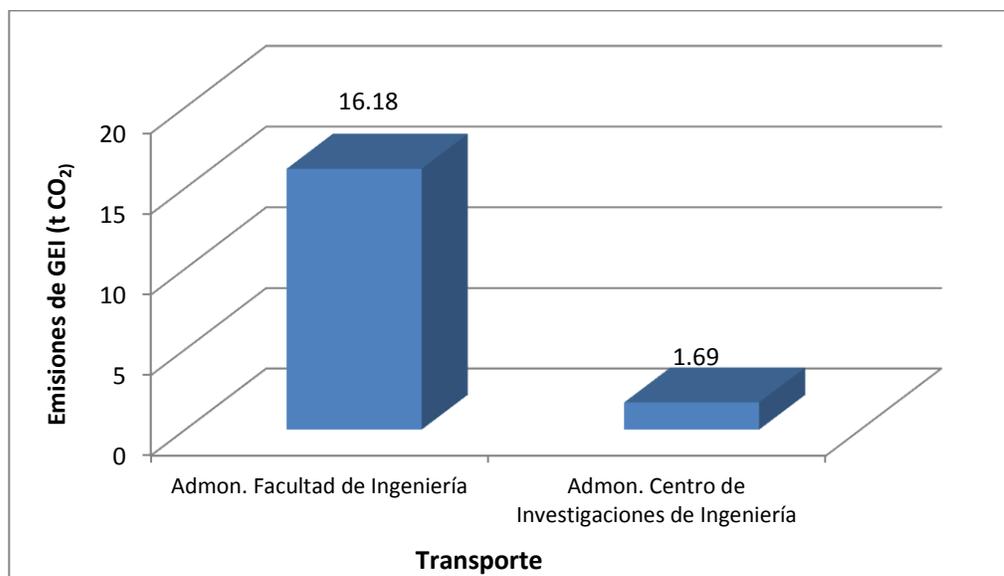
Fuente: elaboración propia.

- Emisiones primarias generadas por consumo de combustible para transporte

Se obtuvieron los datos de los montos gastados en combustible por concepto de transporte. Estos fueron utilizados para diferentes actividades docentes, administrativas y de servicio de las diferentes unidades, escuelas, oficinas y áreas de la Facultad de Ingeniería y del Centro de Investigaciones de Ingeniería que maneja su propio presupuesto para dicho apartado.

De acuerdo a la información obtenida, el combustible consumido en los vehículos que son propiedad de esta institución es diésel, por lo que se empleó para la cuantificación de las emisiones generadas. En la siguiente figura se muestran las emisiones generadas por este concepto.

Figura 48. **Emisiones primarias generadas por consumo de combustible para transporte**



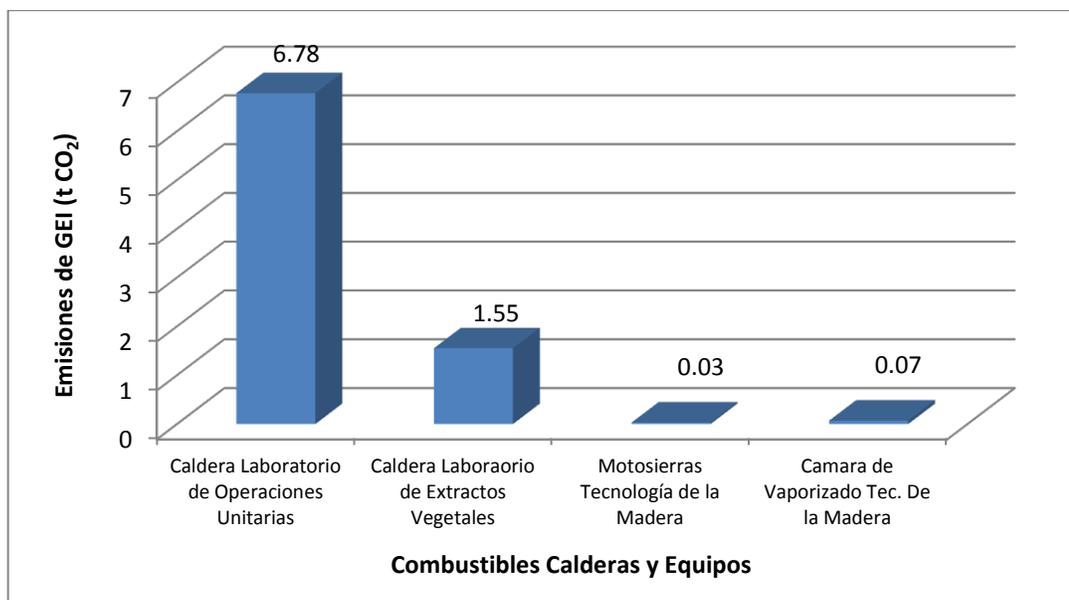
Fuente: elaboración propia.

- Emisiones primarias generadas por consumo de combustible para calderas y equipos

Se identificaron diversos tipos de equipos que utilizan combustibles para su funcionamiento, estos fueron, dos calderas, una del Laboratorio de Operaciones Unitarias y la del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales. También motosierras que utilizan gasolina súper y una cámara de vaporizado que utiliza propano, todos ellos del taller de la sección de Tecnología de la Madera.

Se visitaron los laboratorios y el taller obteniendo los volúmenes consumidos de cada combustible en el primer semestre del año. En la figura siguiente se muestran las emisiones generadas por este concepto.

Figura 49. **Emisiones primarias generadas por consumo de combustible para calderas y equipos**



Fuente: elaboración propia.

- Emisiones primarias generadas por consumo de combustible en prácticas de laboratorios

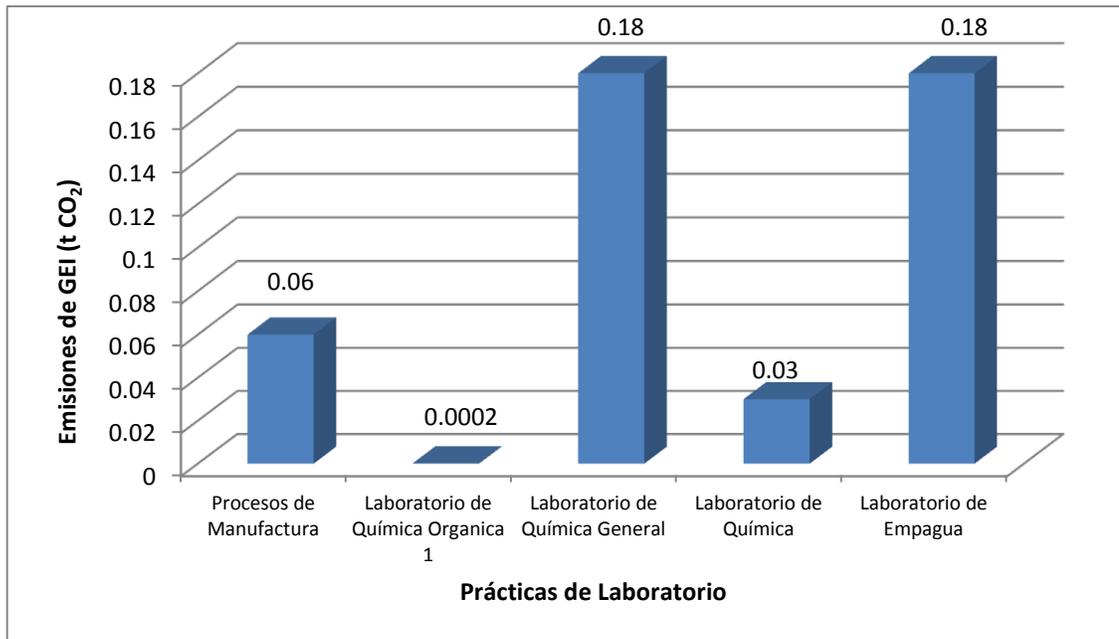
En los laboratorios de química se identificaron diversas prácticas de laboratorio en donde ocurren combustiones, las cuales representan emisiones directas a la atmósfera. También, se identificó en el Laboratorio de Manufactura 2 la utilización de acetileno para el proceso de soldadura, el cual es el tema principal de dicho laboratorio.

Los laboratorios visitados fueron

- ✓ Laboratorio de Química General, Escuela de Ciencias.
- ✓ Laboratorio de Química 3, Química Orgánica 1 y 2, Escuela de Ingeniería Química.
- ✓ Laboratorio de Fisicoquímica, Escuela de Ingeniería Química.
- ✓ Laboratorio de EMPAGUA, Centro de Investigaciones de Ingeniería.
- ✓ Laboratorio de Procesos de Manufactura, Escuela de Ingeniería Mecánica.

En la figura 50 se muestran las emisiones generadas por este concepto.

Figura 50. **Emisiones primarias generadas por consumo de combustible en prácticas de laboratorios**



Fuente: elaboración propia.

○ **Emisiones secundarias totales**

Las emisiones secundarias identificadas, como se menciona, son las emisiones indirectas que, principalmente, se producen por el consumo de energía eléctrica. Se les denomina indirectas debido a que las causas de las emisiones son los procesos de generación de energía eléctrica y no su utilización.

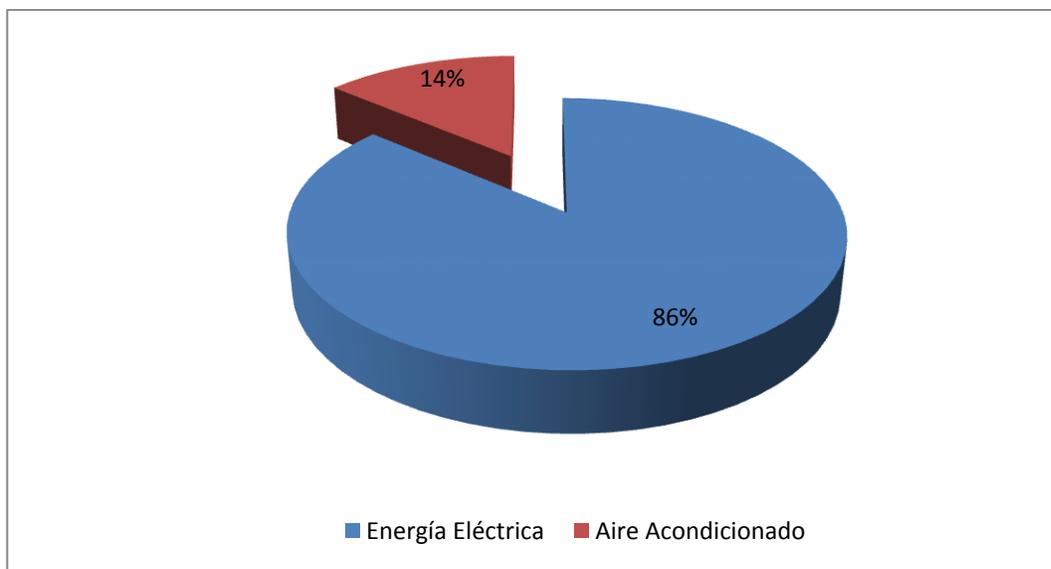
También se toman en cuenta los equipos de aire acondicionado que representan almacenes de emisiones de aire acondicionado por su contenido de refrigerante, principalmente R22. En la tabla y figura siguientes se muestran las emisiones y el porcentaje que representa cada fuente indirecta.

Tabla XLIV. **Cuantificación de las emisiones secundarias en la FIUSAC**

<b>FUENTE</b>	<b>Toneladas CO<sub>2</sub> equivalente (t)</b>
Energía eléctrica	288,62
Aire acondicionado	45,90
<b>TOTAL</b>	<b>334,52</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Emisiones secundarias de GEI generadas en la FIUSAC**



Fuente: elaboración propia.

- Emisiones secundarias por consumo de energía eléctrica

Para cuantificar las emisiones secundarias por consumo de energía eléctrica fue necesario obtener los recibos emitidos por concepto del consumo de energía en los diferentes edificios de la FIUSAC. Se obtuvieron los datos del primer semestre de la mayoría de los edificios y con respecto del inventario de electrónicos se estimó la potencia consumida en los restantes.

El parámetro de medición fue la potencia consumida kilowatts hora (kW-h) por cada edificio. Se identificaron los contadores y con ello se solicitó el apoyo del departamento de Servicios Generales de la USAC para obtenerlos.

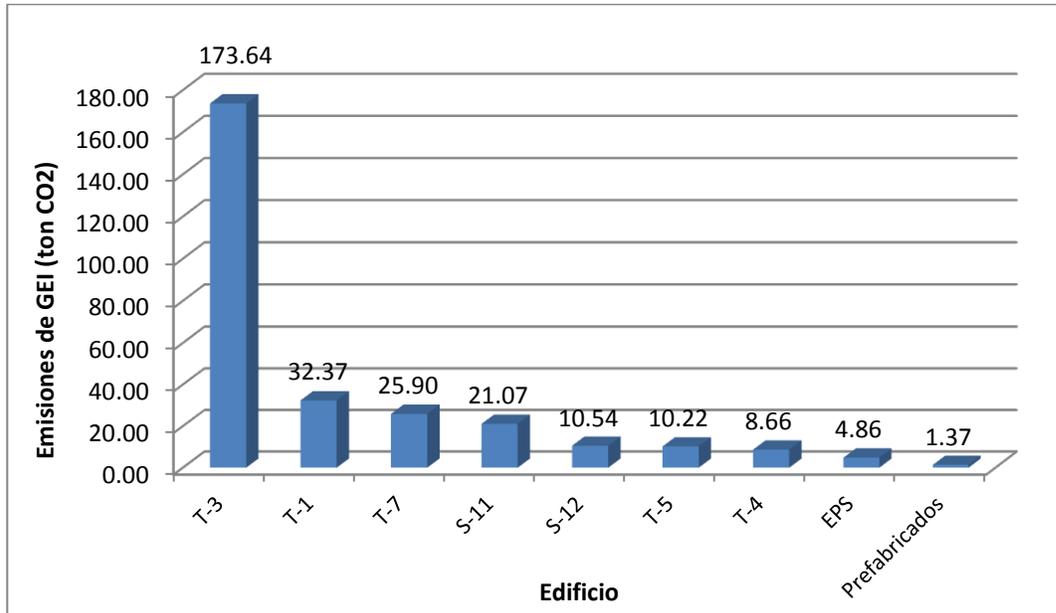
En la tabla siguiente se muestra la potencia consumida por edificio y por mes, según el primer semestre del presente año.

Tabla XLV. **Consumo de energía eléctrica por edificio y mes de la FIUSAC**

EDIFICIO	Potencia utilizada (kW-h)					
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio
T-1	8 178	9 836	6 709	9 678	7 809	7 430
T-3	23 940	43 820	35 560	60 340	51 100	51 520
T-4	1 766	1 869	2 209	2 865	2 363	2 208
T-5	1 760	2 960	2 320	3 280	2 960	2 400
T-7	6 542	7 869	5 367	7 742	6 247	5 944
S-11	4 893	5 755	4 690	6 025	5 824	5 128
S-12	2 447	2 877	2 345	3 012	2 912	2 564
EPS	1 161	1 418	941	1 414	1 335	1 177
PREFABRICADOS	371	375	290	427	360	276
<b>TOTAL</b>	<b>51 057</b>	<b>76 779</b>	<b>60 430</b>	<b>94 782</b>	<b>80 909</b>	<b>78 647</b>

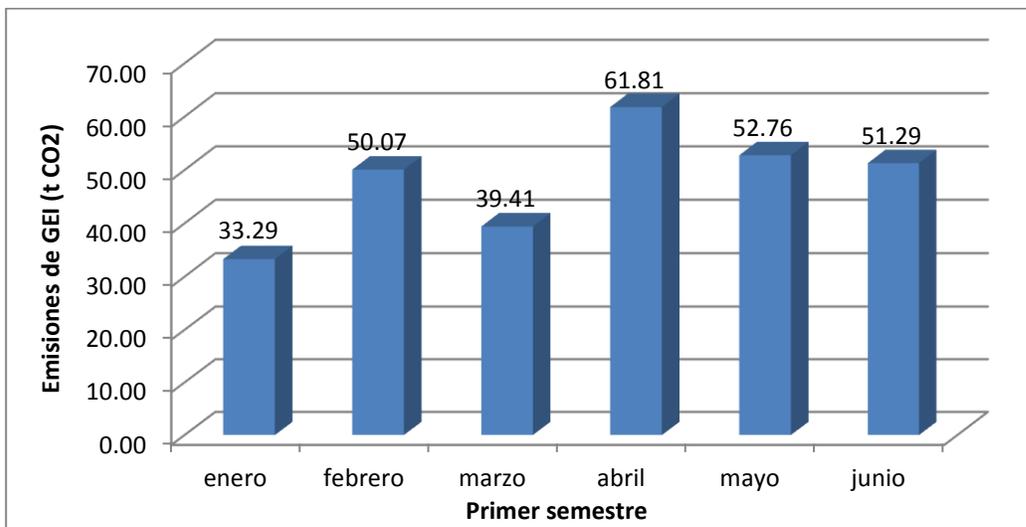
Fuente: elaboración propia.

Figura 52. **Emissiones secundarias generadas en la FIUSAC por edificio**



Fuente: elaboración propia.

Figura 53. **Emissiones secundarias generadas en la FIUSAC por mes**



Fuente: elaboración propia.

- Inventario de aparatos y equipos que consumen energía eléctrica en la FIUSAC

Junto con la cuantificación de las emisiones secundarias generadas, de acuerdo al consumo establecido en los recibos de energía eléctrica, se realizó un inventario de todos los equipos y aparatos que utilizan electricidad para su funcionamiento.

El objetivo de este inventario fue identificar todas las causas del consumo y de las emisiones por este tipo. Para ello se hicieron visitas a todas las áreas de docencia, administrativas, de lectura, pasillos y jardines y se realizó un inventario individual que, posteriormente se condensó y se presenta a continuación.

Posterior al inventario se realizó una estimación de la energía eléctrica que consume cada uno de los equipos y aparatos de acuerdo a referencias teóricas. Lo anterior, con el fin de establecer el consumo mensual promedio, es decir, un parámetro de comparación de las causas con mayor impacto en el consumo de energía eléctrica. En la tabla XLVI se presenta el inventario y en la tabla XLVII la potencia consumida por cada equipo y aparato identificado.

Tabla XLVI. **Inventario de aparatos, equipos y electrodomésticos de la FIUSAC**

<b>Núm.</b>	<b>Fuente</b>	<b>T-1</b>	<b>T-3</b>	<b>T-4</b>	<b>T-5</b>	<b>T-7</b>	<b>S-11</b>	<b>S-12</b>	<b>EPS, Prefabricados</b>	<b>Total</b>
1	Lámparas fluorescentes	792	1581	382	486	360	270	1064	191	<b>5126</b>
2	Computadora	40	305	75	44	14	31	7	15	<b>531</b>
3	Fuentes de poder	22	229	52	26	0	26	6	7	<b>368</b>
4	Incandescentes	0	21	112	0	0	0	0	2	<b>135</b>
5	Impresora	11	13	31	19	1	5	2	3	<b>85</b>
6	Ojos de buey	0	12	22	0	12	0	0	21	<b>67</b>
7	Ventilador	12	0	5	31	1	0	0	7	<b>56</b>
8	<i>Laptop</i>	1	14	6	24	4	2	0	3	<b>54</b>
9	Cañonera	1	29	0	3	2	4	0	0	<b>39</b>
10	Dispensador de agua	6	7	6	5	2	1	1	4	<b>32</b>
11	Cámaras de seguridad	0	20	6	0	0	0	0	0	<b>26</b>
12	Microondas	0	7	4	8	0	0	1	2	<b>22</b>
13	Televisión	1	12	3	2	1	0	1	0	<b>20</b>
14	Bocinas	0	6	10	3	0	0	0	0	<b>19</b>
15	Balanza analítica	0	0	0	12	0	0	0	7	<b>19</b>
16	Fotocopiadora	3	8	1	3	0	1	1	1	<b>18</b>
17	Aire acondicionado	2	5	7	4	0	0	0	0	<b>18</b>
18	Planchas de calentamiento	0	0	0	13	0	0	0	4	<b>17</b>
19	Módem/Router	0	6	3	4	0	1	0	0	<b>14</b>
20	Refrigeradora mini	2	1	1	8	0	0	0	2	<b>14</b>
21	Cafetera	2	4	1	3	0	0	1	2	<b>13</b>
22	Lámparas LED	0	13	0	0	0	0	0	0	<b>13</b>
23	Horno	0	0	0	5	0	0	0	6	<b>11</b>
24	Bombas centrífugas	0	0	0	10	0	0	0	0	<b>10</b>
25	Agitador	0	0	0	9	0	0	0	0	<b>9</b>
26	Radio	0	1	2	6	0	0	0	0	<b>9</b>
27	Tornos	0	0	0	0	8	0	0	0	<b>8</b>
28	Microscopio	0	0	0	8	0	0	0	0	<b>8</b>
29	Espectrofotómetro	0	0	0	7	0	0	0	0	<b>7</b>

Continuación de la tabla XLVI.

<b>Núm.</b>	<b>Fuente</b>	<b>T-1</b>	<b>T-3</b>	<b>T-4</b>	<b>T-5</b>	<b>T-7</b>	<b>S-11</b>	<b>S-12</b>	<b>EPS, Prefabricados</b>	<b>Total</b>
30	Mufla	0	0	0	5	0	0	0	1	6
31	Estufa	0	3	0	0	0	0	0	2	5
32	Barreno	0	0	0	0	0	0	0	5	5
33	Recirculador de agua	0	0	0	5	0	0	0	0	5
34	Bombas de vacío	0	0	0	4	0	0	0	1	5
35	Campana de extracción	0	0	0	4	0	0	0	0	4
36	Prensa	0	3	0	0	0	0	0	0	3
37	Potenciómetro	0	0	0	3	0	0	0	0	3
38	Refrigeradora grande	0	1	0	2	0	0	0	0	3
39	Limas	0	0	0	0	3	0	0	0	3
40	Equipo de sonido	1	1	1	0	0	0	0	0	3
41	Balanza de Humedad	0	0	0	2	0	0	0	1	3
42	Baño María	0	0	0	1	0	0	0	2	3
43	Tamizadora	0	0	0	2	0	0	0	1	3
44	Escáner	0	2	0	1	0	0	0	0	3
45	Reproductor DVD	0	2	1	0	0	0	0	0	3
46	Rotaevaporador	0	0	0	2	0	0	0	0	2
47	Duplicador	0	2	0	0	0	0	0	0	2
48	Motor	0	0	0	2	0	0	0	0	2
49	Compresor	0	0	0	0	0	0	0	2	2
50	Quemadora	0	2	0	0	0	0	0	0	2
51	Reactor	0	0	0	2	0	0	0	0	2
52	Autoclave	0	1	0	1	0	0	0	0	2
53	Marmita	0	0	0	2	0	0	0	0	2
54	Incubadora	0	0	0	2	0	0	0	0	2
55	Equipo Rayos X	0	2	0	0	0	0	0	0	2
56	Cromatógrafos	0	0	0	2	0	0	0	0	2
57	Fotómetro	0	0	0	2	0	0	0	0	2
58	Estereoscopio	1	0	0	1	0	0	0	0	2
59	Secador	0	0	0	1	0	0	0	0	1
60	Condensador de agua	0	0	0	1	0	0	0	0	1
61	Calentador	0	0	0	1	0	0	0	0	1

Continuación de la tabla XLVI.

<b>Núm.</b>	<b>Fuente</b>	<b>T-1</b>	<b>T-3</b>	<b>T-4</b>	<b>T-5</b>	<b>T-7</b>	<b>S-11</b>	<b>S-12</b>	<b>EPS, Prefabricados</b>	<b>Total</b>
62	Trompo	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
63	Sierra de banco	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
64	Cepilladoras	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
65	Sierra de inglete	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
66	Sierra engletadora	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
67	Sierra de cinta	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
68	Campana siembra	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
69	Cámara de vaporizado	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
70	Máquina de los ángeles	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
71	Compresor	0	1	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>
72	Bomba periférica	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
73	Canteadora	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
74	Máquina de compresión triaxial	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
75	Máquina triaxial	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
76	Tornillo percutor	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
77	Verificador contadores	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
78	Compaginadora	0	1	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>
79	Guillotina	0	1	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>
80	Sierra de dientes	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
81	Licuadora industrial	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
82	Caladora	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
83	Extractor de polvo	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
84	Selladora	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
85	Digestor	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
86	Termoreactor	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
87	Medidor de rigidez	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
88	Esmeril	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
89	Enfriador	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
90	Esterilizador	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
91	Turbidímetro	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
92	<i>Router</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>

Continuación de la tabla XLVI.

<b>Núm.</b>	<b>Fuente</b>	<b>T-1</b>	<b>T-3</b>	<b>T-4</b>	<b>T-5</b>	<b>T-7</b>	<b>S-11</b>	<b>S-12</b>	<b>EPS, Prefabricados</b>	<b>Total</b>
93	Lijadora	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
94	Lijadora orbital	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
95	Dremel	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
96	Lijadora de banda	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
97	Campana de destilación	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
98	Absorción atómica	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
99	Calibrador multímetros	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
100	Máquina de corte directo	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
101	Patrón de voltaje	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
102	Medidor de puente Kelvin	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
103	Fuente de voltaje	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
104	Marco de Marshall	0	0	0	0	0	0	0	1	<b>1</b>
105	Espectro rayos x	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
106	Refractómetro	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
107	Osciloscopio	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
108	Generador de señal	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
109	Purificador de agua	0	0	0	1	0	0	0	0	<b>1</b>
<b>TOTAL</b>		<b>897</b>	<b>2316</b>	<b>731</b>	<b>814</b>	<b>408</b>	<b>341</b>	<b>1084</b>	<b>314</b>	<b>6 905</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Estimación de la potencia consumida por equipo y aparato de energía eléctrica**

Núm.	FUENTE	Estimación potencia consumida (kWh)	Núm.	FUENTE	Estimación potencia consumida (kWh)
1	Lámparas fluorescentes	36907,20	23	Planchas de calentamiento	130,9
2	Computadora	14018,40	24	Condensador de agua	121
3	Fuentes de poder	6624,00	25	Refrigeradora mini	107,8
4	Fotocopiadora	2851,20	26	Estufa	93,5
5	Incandescentes	2430,00	27	Agitador	89,1
6	Tornos	1440	28	Rotaevaporador	66
7	Cañonera	1372,8	29	Campana de extracción	65,62
8	Aire acondicionado	1203,44	30	Calentador	60,5
9	Ventilador	985,6	31	Prensa	52,8
10	Televisión	704	32	Trompo	49,28
11	Impresora	561	33	Lámparas LED	46,8
12	Bombas centrífugas	550	34	Duplicador	44
13	Horno	484	35	Potenciómetro	39,96
14	Mufla	330	36	Sierra de banco	39,6
15	Módem/Router	302,4	37	Dispensador de agua	38,02
16	Microondas	290,4	38	Cepilladoras	33
17	Secador	264	39	Sierra de inglete	33
18	Cámaras de seguridad	224,64	40	Motor	32,78
19	Cafetera	171,6	41	Compresor	32,78
20	Ojos de buey	160,8	42	Barreno	30,25
21	Espectrofotómetro	154	43	Sierra engletadora	26,4
22	Laptop	142,56	44	Refrigeradora grande	25,875

Continuación de la tabla XLVII.

Núm.	FUENTE	Estimación potencia consumida (kWh)	Núm.	FUENTE	Estimación potencia consumida (kWh)
45	Quemadora	22	67	Guillotina	10,56
46	Sierra de cinta	22	68	Baño María	9,9
47	Limas	21,6	69	Sierra de dientes	9,9
48	Campana siembra	18,975	70	Licuadaora industrial	8,195
49	Cámara de vaporizado	17,6	71	Caladora	7,7
50	Máquina de los ángeles	16,5	72	Extractor de polvo	7,7
51	Compresor	16,39	73	Selladora	7,59
52	Bomba periférica	16,39	74	Tamizadora	7,26
53	Canteadora	16,39	75	Incubadora	6,6
54	Máquina de compresión triaxial	16,39	76	Digestor	6,16
55	Máquina triaxial	16,39	77	Bocinas	5,77
56	Equipo de sonido	15,84	78	Termoreactor	5,5
57	Recirculador de agua	15,675	79	Medidor de rigidez	5,5
58	Reactor	15,4	80	Esmeril	5,5
59	Balanza de Humedad	13,2	81	Escáner	4,95
60	Tornillo percutor	13,2	82	Enfriador	4,84
61	Bombas de vacío	12,65	83	Esterilizador	4,84
62	Radio	11,88	84	Turbidímetro	4,4
63	Autoclave	11	85	<i>Router</i>	4,4
64	Marmita	11	86	Lijadora	3,85
65	Verificador contadores	11	87	Lijadora orbital	3,85
66	Compaginadora	10,56	88	Dremel	3,85

Continuación de la tabla XLVII.

<b>Núm.</b>	<b>FUENTE</b>	<b>Estimación potencia consumida (kWh)</b>
89	Microscopio	3,52
90	Lijadora de banda	3,3
91	Campana de destilación	2,53
92	Equipo Rayos X	2,2
93	Cromatógrafos	2,2
94	Absorción atómica	2,09
95	Calibrador multímetros	1,65
96	Máquina de corte directo	1,54
97	Patrón de voltaje	1,32
98	Medidor de puente Kelvin	1,1
99	Fuente de voltaje	1,1
100	Marco de Marshall	1,1
101	Fotómetro	0,88
102	Reproductor DVD	0,8052
103	Espectro rayos x	0,792
104	Balanza analítica	0,75
105	Estereoscopio	0,44
106	Refractómetro	0,44
107	Osciloscopio	0,165
108	Generador de señal	0,154
109	Purificador de agua	0,03872
<b>TOTAL</b>		<b>73 939,97</b>

Fuente: elaboración propia.

- Emisiones terciarias totales

Son las emisiones generadas por actividades de la Facultad de Ingeniería que no están controladas por esta, ni económica, financiera ni administrativamente. Es por ello, que tras analizarlo se incluyó en esta clasificación a todas las actividades, laboratorios principalmente, que se realizan en el ITUGS como parte de los cursos de las diferentes carreras de Ingeniería. Entre las emisiones que se generan hay combustiones directas, en los procesos de soldadura y consumo de energía eléctrica, en los diversos equipos de los laboratorios.

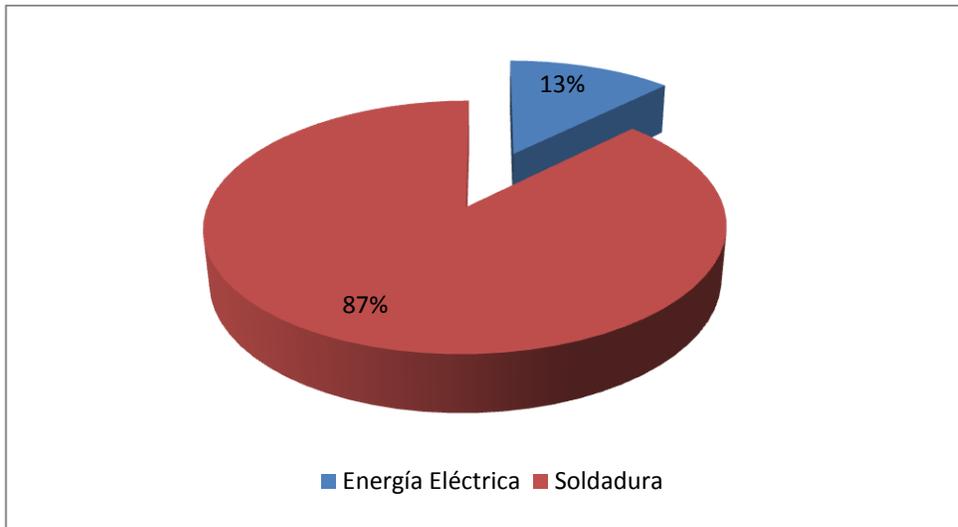
En la Tabla XLVIII y la Figura 54 siguientes se muestran las emisiones y el porcentaje que representa cada fuente terciaria.

Tabla XLVIII. **Cuantificación de las emisiones secundarias en la FIUSAC**

<b>Fuente</b>	<b>Toneladas CO<sub>2</sub> equivalente (t)</b>
Energía Eléctrica	0,01
Soldadura	0,07
<b>TOTAL</b>	<b>0,08</b>

Fuente: elaboración propia.

Figura 54. **Emisiones terciarias de GEI generadas en la FIUSAC**



Fuente: elaboración propia.

## **2.4. Propuesta del plan de mitigación de las emisiones de GEI de la FIUSAC**

Es un documento que se elaboró en donde se identifican, evalúan y seleccionan las alternativas viables para cumplir el objetivo de reducir el impacto ambiental causado por este tipo de residuos. A continuación, se presenta el contenido del plan.

### **2.4.1. Introducción de la propuesta**

La FIUSAC ha emprendido diversos trabajos de graduación donde se busca reducir los impactos ambientales de diversas industrias, proyectos de investigación con metodologías de gestión de residuos y varias actividades de reciclaje y recolección en donde se está ayudando al ambiente. Sin embargo, nunca se ha evaluado de una manera minuciosa el efecto en el ambiente de todas aquellas actividades administrativas y docentes propias de esta institución.

En este trabajo se buscó determinar uno de los impactos en el ambiente de todas las actividades de la FIUSAC, estas son las emisiones de GEI. Se utilizó el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero del World Resources Institute junto con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México, en su versión en español, para desarrollar la metodología de identificación y cuantificación de todas las emisiones de GEI generadas. Con ello, se logró priorizar e identificar las áreas en donde se puede trabajar para reducirlas y disminuir el impacto en el ambiente.

En esta propuesta, se realiza un análisis de las emisiones y su priorización de acuerdo a cada subcategoría. Con base en esto, se buscaron alternativas de

mitigación y de desarrollo para evaluarlas y elaborar una propuesta del plan de mitigación.

#### **2.4.2. Objetivos de la propuesta**

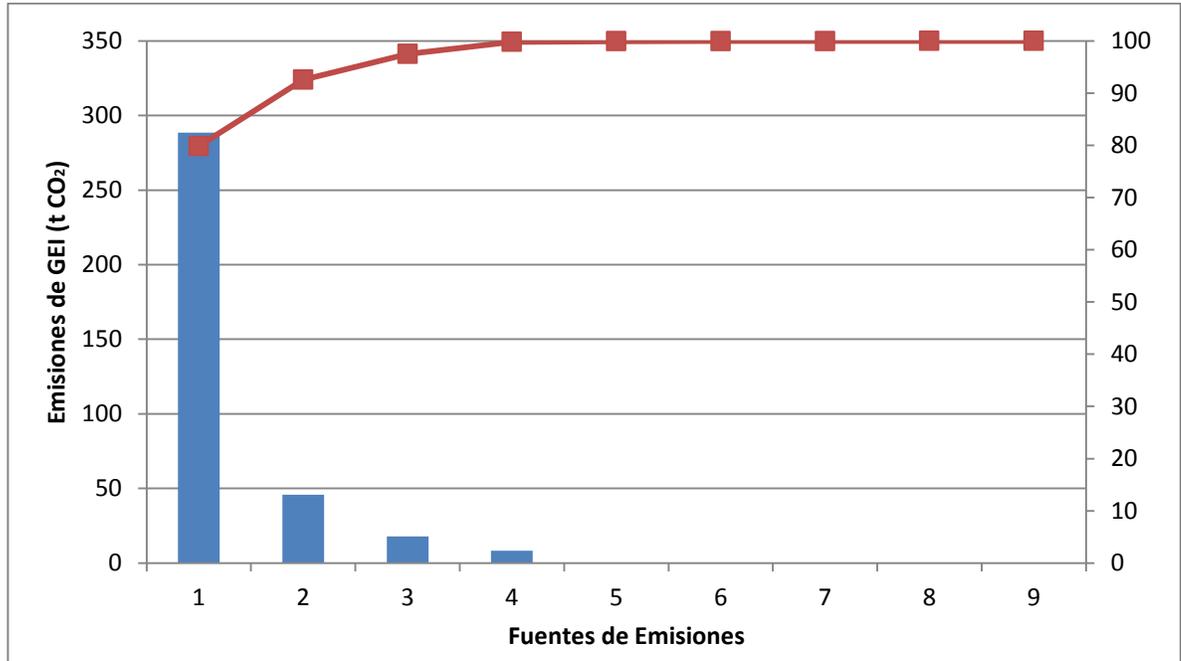
Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de la FIUSAC en un cinco por ciento.

- Objetivos específicos de la propuesta
  - Cuantificar y priorizar las emisiones de gases de efecto invernadero.
  - Identificar una alternativa de mitigación de emisiones de GEI de las fuentes más contaminantes.
  - 
  - Evaluar las alternativas de mitigación mediante análisis financiero.
  - Establecer la alternativa de mitigación viable.

#### **2.4.3. Análisis de las principales emisiones de GEI cuantificadas (Línea base 2013)**

El análisis de las fuentes de las emisiones de GEI en la FIUSAC, identificadas y su cuantificación, permitió determinar aquellas que producen un mayor impacto en el ambiente. Como se observó en la figura 45, las emisiones secundarias son las que generan el mayor porcentaje de las emisiones totales. En la figura 55, se observa la comparación de las toneladas de dióxido de carbono equivalente emitidas por cada fuente de emisión.

Figura 55. Diagrama de Pareto de las emisiones de GEI en la FIUSAC



Fuente: elaboración propia.

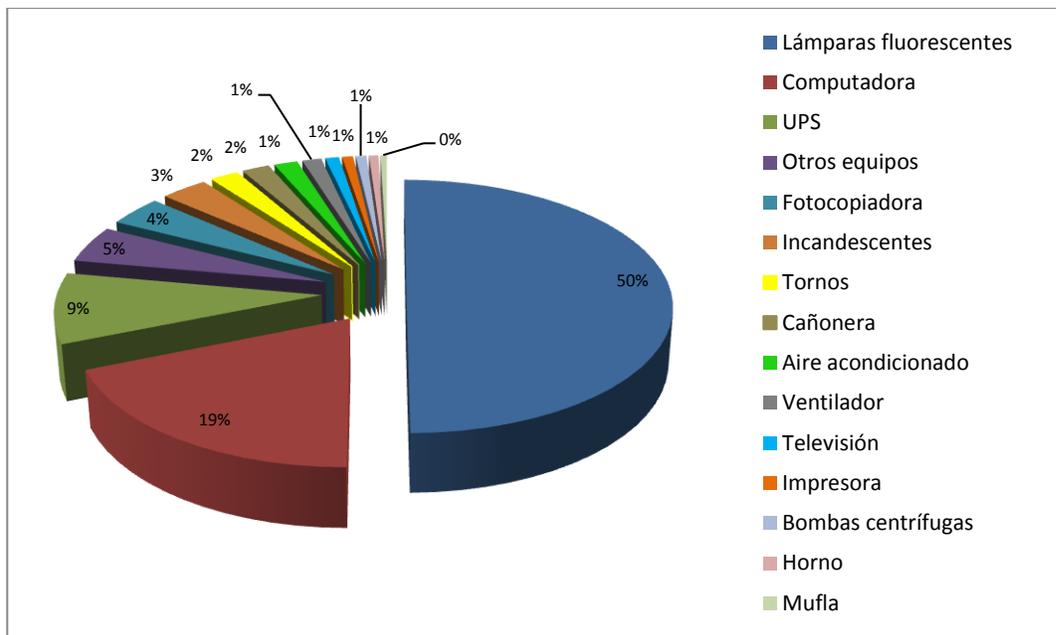
Tabla XLIX. Identificación de fuente según numeral de la figura 55

Núm.	Fuente Emisión
1	Energía eléctrica
2	Aire acondicionado
3	Combustible transporte
4	Combustible caldera
5	Reacciones, combustión en laboratorios
6	Combustible equipos
7	Soldadura terciarias
8	Combustión soldadura
9	Energía eléctrica terciarias

Fuente: elaboración propia.

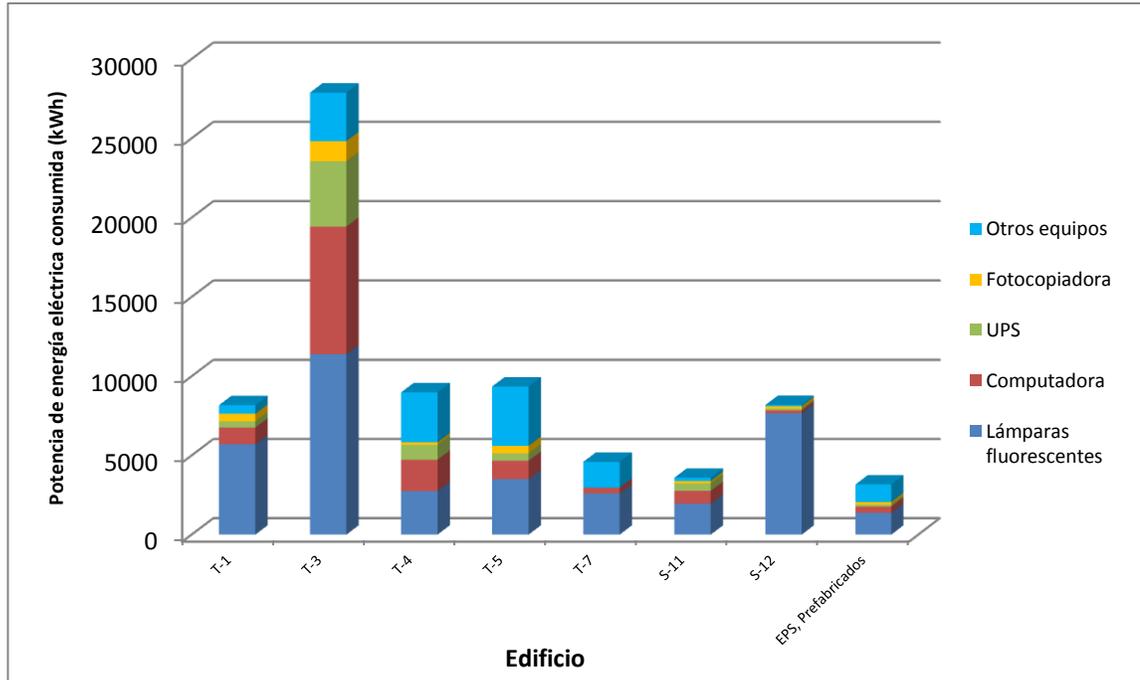
De acuerdo a la figura anterior se observa que la fuente que genera mayores emisiones en la FIUSAC es el consumo de energía eléctrica. En la figura 56, se muestran los porcentajes por cada tipo de fuente de consumo de energía eléctrica.

Figura 56. **Estimación del consumo de energía eléctrica por equipo o aparato en la FIUSAC**



Fuente: elaboración propia.

Figura 57. **Estimación del consumo de energía eléctrica por edificio en la FIUSAC**



Fuente: elaboración propia.

Con respecto de la cuantificación de las emisiones y su priorización de las fuentes se determinó que el consumo de energía eléctrica, emisiones secundarias, son las que representan el mayor porcentaje, ochenta por ciento, de las emisiones totales. Dando aquí un panorama más específico de las áreas donde se debe trabajar para reducir las emisiones de GEI.

Unido a esto se observó que cerca del cincuenta por ciento del consumo de energía eléctrica se debe a las lámparas fluorescentes utilizadas para la iluminación de la mayoría de espacio y áreas en la FIUSAC. La segunda fuente son las computadoras y tercera la utilización de UPS para la protección de las

computadoras contra los fallos eléctricos. Identificadas estas fuentes se buscaron alternativas para la mitigación de las emisiones.

Se observó también que en el edificio T-3 es donde se generan emisiones en mayor proporción y cerca del cincuenta por ciento es por la utilización de las lámparas fluorescentes para iluminación.

#### **2.4.4. Análisis y selección de alternativas de mitigación**

Según la figura 55, el diagrama de Pareto establece la prioridad de las fuentes de las emisiones de GEI basados en la cantidad generada. Con ello, se identificaron y evaluaron alternativas de mitigación para su propuesta como medidas adecuadas para la reducción de emisiones que se establece en la propuesta del Plan de Mitigación.

- Identificación de alternativas de mitigación

Con base en cada fuente de emisión y evaluación del escenario actual se buscaron alternativas que permitieran reducir y controlar la forma en que se desarrolla cada tipo de actividad de la FIUSAC. En el siguiente cuadro se relaciona cada fuente con la o las alternativas de mitigación de las emisiones identificada.

Como se observa en la Tabla L, el ochenta por ciento aproximado de las emisiones secundarias generadas por el consumo de energía eléctrica demuestra que es en esta fuente donde se deben de realizar los mayores esfuerzos. Por ello, el Plan se encuentra muy enfocado a la mitigación de este tipo de emisiones por su importancia y relevancia en las emisiones totales por la FIUSAC.

Tabla L. **Cuadro analítico de las fuentes de GEI e identificación de alternativas de mitigación**

<b>PRIORIDAD</b>	<b>FUENTE DE EMISIONES DE GEI</b>	<b>PORCENTAJE DE EMISIONES TOTALES</b>	<b>ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN IDENTIFICADAS</b>
1	<b>Emisiones secundarias: ENERGÍA ELÉCTRICA POR ILUMINACIÓN</b>	<b>79,87</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Instalación de paneles solares</li> <li>✓ Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED</li> <li>✓ Campaña de concientización para reducción de emisiones de GEI</li> </ul>
2	<b>Emisiones secundarias: AIRE ACONDICIONADO</b>	<b>12,70</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluación preventiva de equipos de aire acondicionado por adquirir y mantenimiento.</li> </ul>
3	<b>Emisiones primarias: COMBUSTIBLE TRANSPORTE</b>	<b>4,95</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluación y propuesta de mejorar el uso del transporte de la FIUSAC.</li> </ul>
4	<b>Emisiones primarias: COMBUSTIBLE CALDERAS</b>	<b>2,31</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Propuesta de evaluación de rendimiento de la caldera</li> <li>✓ Análisis ORSAT</li> </ul>
5	<b>Otras emisiones</b>	<b>0,17</b>	<b>NO IDENTIFICADAS</b>

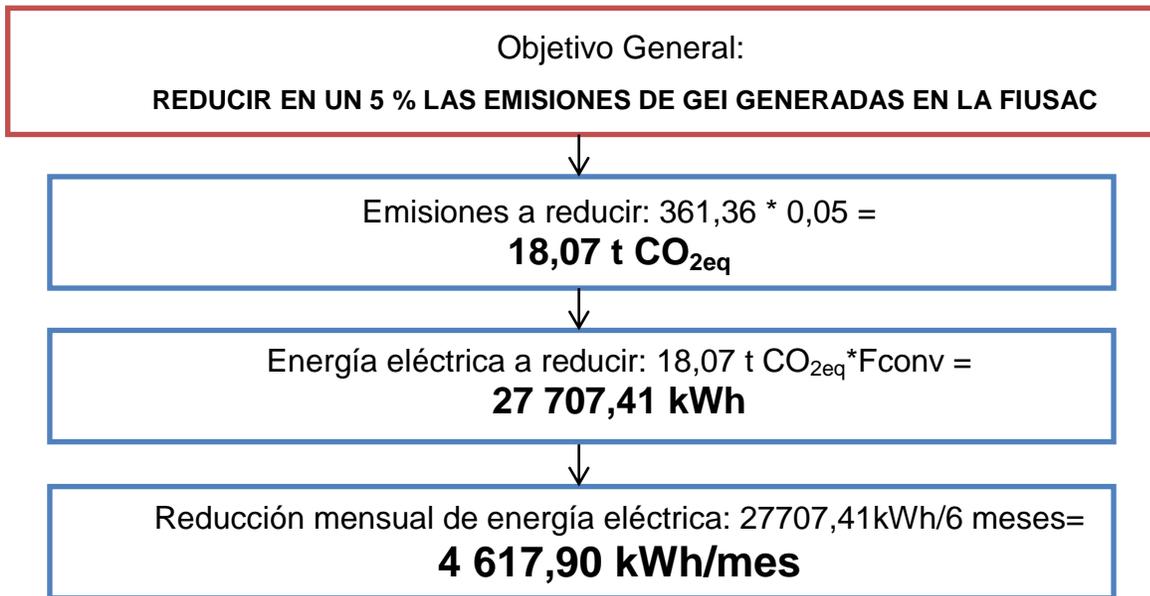
Fuente: elaboración propia.

- Reducción del cinco por ciento de las emisiones de GEI generadas en la FIUSAC

En el Informe de cuantificación de las emisiones generadas en la FIUSAC se determinaron, en la figura 45, las emisiones totales. El resultado para el primer semestre de 2013 es 361,36 toneladas de dióxido de carbono equivalente emitidas al ambiente en un periodo de seis meses.

El siguiente esquema muestra el procedimiento de cálculo para alcanzar el objetivo de reducción del cinco por ciento de emisiones generadas.

Figura 58. **Reducción del cinco por ciento de emisiones de GEI**



Fuente: elaboración propia.

Mediante dicha metodología de cálculo se obtuvo que 4 617,90 kWh deben reducirse del consumo de energía eléctrica mensualmente, por lo que se procedió a evaluar el consumo energético promedio de cada edificio de la FIUSAC.

Tabla LI. **Potencia promedio utilizada en los edificios de la FIUSAC**

EDIFICIO	Potencia utilizada (kW-h)						PROMEDIO
	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	
T-1	8 178	9 836	6 709	9 678	7 809	7 430	<b>8 273</b>
<b>T-3</b>	<b>23 940</b>	<b>43 820</b>	<b>35 560</b>	<b>60 340</b>	<b>51 100</b>	<b>51 520</b>	<b>44 380</b>
T-4	1 766	1 869	2 209	2 865	2 363	2 208	<b>2 213</b>
T-5	1 760	2 960	2 320	3 280	2 960	2 400	<b>2 613</b>
T-7	6 542	7 869	5 367	7 742	6 247	5 944	<b>6 619</b>
S-11	4 893	5 755	4 690	6 025	5 824	5 128	<b>5 386</b>
S-12	2 447	2 877	2 345	3 012	2 912	2 564	<b>2 693</b>
EPS	1 161	1 418	941	1 414	1 335	1 177	<b>1 241</b>
PREFABRICADOS	371	375	290	427	360	276	<b>350</b>

Fuente: elaboración propia.

Al comparar la reducción mensual de la potencia requerida y los consumos promedio en los edificios de la FIUSAC se determina que se debe enfocar el trabajo en el edificio T-3, el cual es el que genera la mayor cantidad de emisiones de alcance dos.

Se relacionó la cantidad a reducir y el consumo energético promedio y se obtuvo la siguiente información.

Figura 59. **Porcentaje de reducción del consumo de energía eléctrica del edificio T-3**

$$\% \text{Reducción} = (4\ 617,90 \text{ kWh/mes}) / (44\ 380 \text{ kWh/mes}) * 100 = \mathbf{10,41 \%}$$

Fuente: elaboración propia.

Por lo que, para alcanzar el objetivo propuesto de reducir un 5 % las emisiones generadas de la FIUSAC, se debe de reducir en un 10,41 por ciento el consumo de energía eléctrica del edificio T-3 de la FIUSAC. A partir de esto, se buscaron alternativas que se adecúen al planteamiento anterior, estas se presentan en el apartado siguiente.

- Evaluación de alternativas de mitigación

En el apartado anterior se identificaron las alternativas para la mitigación y control de las emisiones de GEI según la fuente. En este apartado se explicarán brevemente las alternativas y su forma de evaluación para seleccionar aquellas que serán consideradas en la propuesta del Plan de Mitigación de la FIUSAC.

- Emisiones secundarias: Energía eléctrica

De acuerdo a la figura 56, se observa que el 50 % de las emisiones secundarias por consumo de energía eléctrica son generadas por la iluminación con lámparas fluorescentes y el 28 % siguiente está representado por la utilización de computadoras y los equipos de protección UPS. Por ello, se determinó que las dos alternativas que se evaluarían debían corresponder y tener un impacto directo sobre estas fuentes.

- Instalación de paneles fotovoltaicos (paneles solares)

Esta es una de las alternativas de mitigación para las emisiones secundarias, ya que aprovecha energía renovable para la generación de electricidad y reduce el consumo de la energía producida por los sistemas nacionales. Con ello, se reduce directamente las emisiones generadas por este alcance. En los siguientes apartados se explica y describe esta alternativa.

✓ Paneles fotovoltaicos (paneles solares)

Son dispositivos que están conformados por un conjunto de celdas que son capaces de transformar la energía solar fotovoltaica, energía lumínica en energía eléctrica, aprovechando así una de las fuentes de energía renovable. Estos sistemas son conectados a la red de energía eléctrica mediante un inversor que permite transformar la corriente directa a corriente alterna, que es el tipo de corriente que utilizan la mayoría de equipos y electrodomésticos.

La mayor parte ellos se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias series de células para alcanzar el nivel de corriente deseado.

Figura 60. **Paneles fotovoltaicos**



Fuente: <http://erenovable.com/wp-content/uploads/2012/05/PANEL-fotovoltaico.jpg>.

Consulta: 16 de octubre de 2013.

Además, el panel cuenta con otros elementos a parte de las células solares que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos, asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica.

A continuación se presentan los componentes de un panel solar.

Cubierta exterior de cara al sol: es de vidrio, el cual debe facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar. Se caracteriza por su resistencia mecánica, alta transividad y bajo contenido en hierro.

Encapsulante: fabricado de silicona o más frecuentemente EVA (etilenvinil-acetato). Es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición al sol. Se debe buscar además un índice de refracción similar al del vidrio protector para no alterar las condiciones de la radiación incidente.

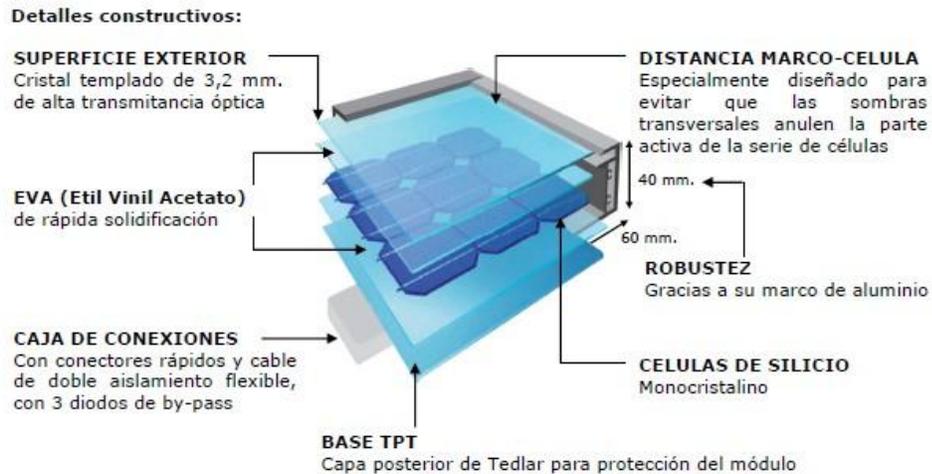
Protección posterior: igualmente debe dar rigidez y una gran protección frente a los agentes atmosféricos. Usualmente se emplean láminas formadas por distintas capas de materiales, de diferentes características.

Marco metálico: fabricado de aluminio, que asegura una suficiente rigidez y estanqueidad al conjunto, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel. La unión entre el marco metálico y los elementos que forman el módulo está realizada mediante distintos tipos de sistemas resistentes a las condiciones de trabajo del panel.

Cableado y bornes de conexión: habituales en las instalaciones eléctricas, protegidos de la intemperie por medio de cajas estancas.

Diodo de protección: su misión es proteger contra sobrecargas u otras alteraciones de las condiciones de funcionamiento de panel.

Figura 61. Elementos de los paneles fotovoltaicos



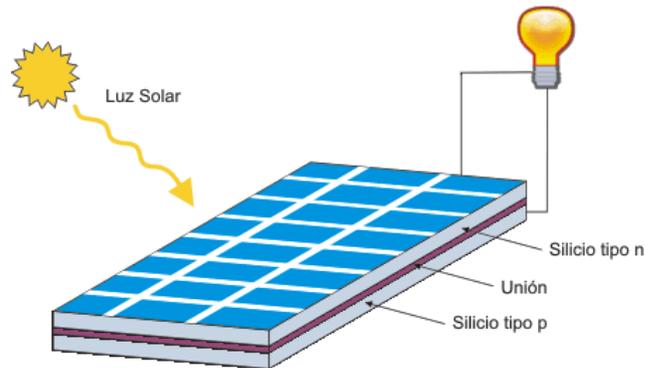
Fuente: <http://www.cleanergysolar.com/2011/08/17>. Consulta: 16 de octubre de 2013.

### ✓ Funcionamiento

Las celdas solares están formadas por dos tipos de material, generalmente silicio tipo p y silicio tipo n. La luz de ciertas longitudes de onda puede ionizar los átomos en el silicio y el campo interno producido por la unión que separa algunas de las cargas positivas (agujeros) de las cargas negativas (electrones) dentro del dispositivo fotovoltaico. Los agujeros se mueven hacia la capa positiva o capa de tipo p y los electrones hacia la negativa o capa tipo n.

Aunque estas cargas opuestas se atraen mutuamente, la mayoría de ellas solamente se pueden recombinar pasando a través de un circuito externo fuera del material debido a la barrera de energía potencial interno. Por lo tanto, si se hace un circuito se puede producir una corriente a partir de las celdas iluminadas, puesto que los electrones libres tienen que transitar a través del circuito para recombinarse con los agujeros positivos.

Figura 62. **Funcionamiento de los paneles fotovoltaicos**



Fuente: <http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>. Consulta: 16 de octubre de 2013.

De forma más simple, algunos de los fotones que provienen de la radiación solar impactan sobre la primera superficie del panel, penetrando en este y siendo absorbidos por materiales semiconductores, tales como el silicio o el arseniuro de galio.

Los electrones, partículas subatómicas atómicas que forman parte del exterior de los átomos y que se alojan en orbitales de energía cuántica son golpeados por los fotones. Tienen una interacción para liberarse de los átomos a los que estaban originalmente confinados. Esto les permite, posteriormente, circular a través del material y producir electricidad. Las cargas positivas complementarias creadas por la pérdida de electrones, parecidas a burbujas de carga positiva, se denominan huecos y fluyen en el sentido opuesto al de los electrones, en el panel solar.

- ✓ Sistema de generación de energía eléctrica a partir de paneles fotovoltaicos

Está compuesto por una serie de elementos, estos se describen a continuación:

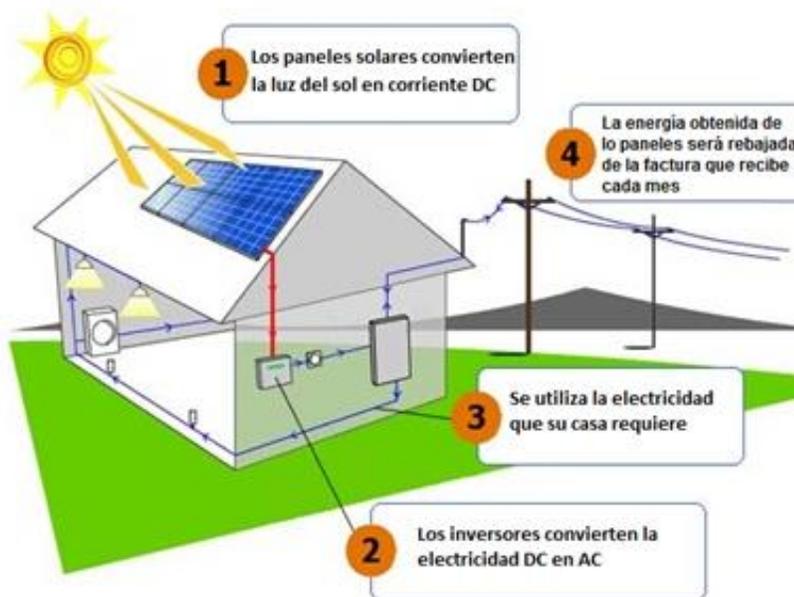
**Paneles fotovoltaicos:** constituidos por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de ellos se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado.

**Baterías:** en las instalaciones fotovoltaicas, lo más habitual es utilizar un conjunto de baterías asociadas en serie o paralelo para almacenar la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación.

**Regulador fotovoltaico:** para un funcionamiento satisfactorio de la instalación en la unión de los paneles solares con la batería, ha de instalarse un sistema de regulación de carga. Este sistema es siempre necesario, salvo en el caso de los paneles auto regulados. El regulador tiene como función fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. Otra función del regulador es la prevención de la sobre descarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería. Algunos reguladores incorporan una alarma sonora o luminosa previa a la desconexión para que el usuario pueda tomar medidas adecuadas, como reducción del consumo, u otras.

Inversor fotovoltaico: los convertidores e inversores son elementos cuya finalidad es adaptar las características de la corriente generada a la demanda total o parcial para las aplicaciones. En determinadas aplicaciones que trabajan en corriente continua, no es posible hacer coincidir las tensiones proporcionadas por el acumulador con la solicitada por todos los elementos de consumo. En estos casos, la mejor solución es un convertidor de tensión continua. Un inversor viene caracterizado principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar a la del generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia.

Figura 63. **Sistemas de paneles fotovoltaicos**



Fuente: <http://www.solarguat.com/acerca-solar/>. Consulta: 16 de octubre de 2013.

Tabla LII. **Ventajas y desventajas de los paneles solares**

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ahorro de energía eléctrica</li> <li>✓ Energía renovable</li> <li>✓ Larga vida útil</li> <li>✓ Instalación simple</li> <li>✓ Ningún impacto negativo en el ambiente</li> <li>✓ Mantenimiento sencillo</li> <li>✓ Bajo costo de operación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Inversión inicial</li> <li>✓ Dependencia al clima</li> <li>✓ Entorno que los rodea</li> <li>✓ Área superficial requerida para su instalación</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

- Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas led

Esta es una alternativa de la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero de alcance secundario debido a que su consumo energético es menor. Al comparar los tipos de lámparas se observa que se obtienen flujos luminosos similares con una diferencia significativa en la potencia utilizada por los equipos led. En los siguientes apartados se amplía la información de este tipo de iluminación.

- ✓ LED, Light Emitting Diode

Led se refiere a un componente opto electrónico pasivo, más concretamente, un diodo que emite luz. Led es el acrónimo inglés de Light Emitting Diode. Se trata de un dispositivo semiconductor que emite luz con una longitud de onda monocromática específica cuando se polariza de forma directa pasando, por tanto, una corriente eléctrica entre sus dos extremos. Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las

lámparas de led deben incluir circuitos internos para operar desde el voltaje de corriente alterna estándar.

✓ Funcionamiento

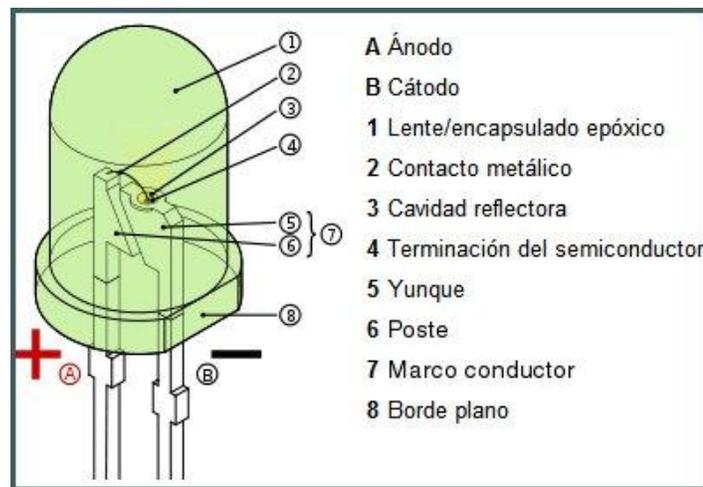
Cuando un led se encuentra en polarización directa, los electrones pueden recombinarse con los huecos en el dispositivo, liberando energía en forma de fotones. Este efecto es llamado electroluminiscencia y el color de la luz (correspondiente a la energía del fotón) se determina a partir de la banda de energía del semiconductor. Por lo general, el área de un led es muy pequeña (menor a  $1 \text{ mm}^2$ ), y se pueden usar componentes ópticos integrados para formar su patrón de radiación.

El que esa energía perdida se manifieste como un fotón desprendido o como otra forma de energía (calor por ejemplo) depende principalmente del tipo de material semiconductor. Cuando un diodo semiconductor se polariza directamente, los huecos de la zona positiva se mueven hacia la zona negativa y los electrones se mueven de la zona negativa hacia la zona positiva; ambos desplazamientos de cargas constituyen la corriente que circula por el diodo.

La emisión espontánea no se produce de forma notable en todos los diodos y solo es visible en diodos como los ledes de luz visible, que tienen una disposición constructiva especial con el propósito de evitar que la radiación sea reabsorbida por el material circundante y una energía de la banda prohibida coincidente con la correspondiente al espectro visible. En otros diodos, la energía se libera principalmente en forma de calor, radiación infrarroja o radiación ultravioleta. En el caso de que el diodo libere la energía en forma de radiación ultravioleta, se puede conseguir aprovechar esta radiación para producir radiación visible mediante sustancias fluorescentes o fosforescentes

que absorban la radiación ultravioleta emitida por el diodo y posteriormente emitan luz visible.

Figura 64. Partes de un led



Fuente: [http://www.prodisei.es/wp/wp-content/uploads/2015/03/led\\_caracteristicas\\_web.jpg](http://www.prodisei.es/wp/wp-content/uploads/2015/03/led_caracteristicas_web.jpg).

Consulta: 15 de abril de 2015.

En general, los ledes suelen tener mejor eficiencia cuanto menor es la corriente que circula por ellos, con lo cual, en su operación de forma optimizada, se suele buscar un compromiso entre la intensidad luminosa que producen (mayor cuanto más grande es la intensidad que circula por ellos) y la eficiencia (mayor cuanto menor es la intensidad que circula por ellos).

#### ✓ Lámpara led

Es una lámpara de estado sólido que utiliza ledes como fuente luminosa. Debido a que su capacidad de emitir luz no es muy intensa, como para alcanzar la intensidad lumínica similar a las otras lámparas existentes, por ejemplo, las incandescentes o las fluorescentes compactas. Estas están compuestas por

agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad lumínica deseada.

Figura 65. **Lámparas led**



Fuente: <http://www.hoveyelectric.com>. Consulta: 19 de octubre de 2013.

Una lámpara led emite más lúmenes de potencia luminosa a medida que su temperatura de color en grados Kelvin (K) es más alta. A menor grado Kelvin corresponde una luz cálida, mientras que a una temperatura mayor la luz que se obtiene es fría, es decir, con más potencia en lúmenes.

Por otra parte, la diferencia en lúmenes que proporciona cada lámpara led responde al grosor de la capa de fósforo que recubre el chip o diodo emisor de luz. Cuando la capa de fósforo es gruesa (de color amarillo ocre) la lámpara emite luz cálida, mientras que cuando la capa es más delgada (de color amarillo claro), emite entonces luz fría.

La iluminación de propósito general necesita luz blanca. Los ledes emiten luz en una banda de longitudes de onda muy estrecha, fuertemente coloreada. El color es característico de la banda prohibida de energía de un material

semiconductor usado para fabricar el led. Para emitir luz blanca es preciso combinar ledes de luz roja, verde y azul, o usar fósforo para convertir parte de la luz a otros colores. No se han descrito las temperaturas óptimas ambientales de funcionamiento, sin embargo, se ha demostrado que pueden trabajar entre - 40° y + 50°.

En la siguiente figura se muestra un cuadro comparativo de las características de las lámparas led y otras lámparas de uso común.

Figura 66. **Cuadro comparativo de las características de las lámparas led**

CARACTERÍSTICAS	LEDs	CFLs	Incandescentes*
Ciclos continuados de encendido/apagado	Indefinido	Acorta su vida útil	Indefinido
Tiempo de demora para encender	Instantáneo	Algún retardo	Instantáneo
Emisión de calor	Muy baja	Baja	Alta
Consumo eléctrico	Bajo	Bajo	Alto
Eficiencia	Alta	Alta	Baja
Sensibilidad a la baja temperatura	Ninguna	Alta	Poca
Sensibilidad a la humedad	Ninguna	Alguna	Poca
Contenido de materiales tóxicos	Ninguno	Mercurio (Hg)	Ninguno
Vida útil aproximada en horas de funcionamiento	50 000	10 000	1 000
Permite atenuación	Algunos modelos	Algunos modelos	Todas
Precio	Alto	Medio	Bajo

Fuente: [http://www.asifunciona.com/tablas/leds\\_equivalencias/leds\\_equivalencias.htm](http://www.asifunciona.com/tablas/leds_equivalencias/leds_equivalencias.htm).

Consulta: 19 de octubre de 2013.

✓ Ventajas y desventajas de las lámparas led

Estas presentan una serie de ventajas y desventajas frente a las lámparas de mayor consumo en la actualidad, las lámparas fluorescentes y las incandescentes, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla LIII. **Ventajas y desventajas lámparas led**

<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
✓ Ahorro de energía eléctrica	✓ Inversión inicial
✓ Eficiencia energética	✓ Sensibles a fluctuaciones de voltaje
✓ Eficiencia lumínica	✓ Variabilidad del color
✓ Color de la luz; parecida a la luz de día.	✓ Poca resistencia a altas temperaturas
✓ Mejor rendimiento lumínico	
✓ Resistencia a las vibraciones	
✓ Larga vida útil (>50000 horas)	
✓ No necesitan mantenimiento	
✓ Adaptabilidad	

Fuente: elaboración propia.

○ Análisis financiero de las alternativas de mitigación

Se obtuvieron cinco propuestas diferentes para la evaluación por análisis financiero de las alternativas de mitigación para reducir en un 5 % las emisiones generadas por la Facultad de Ingeniería. Como se mencionó anteriormente, el ámbito de trabajo se encuentra en la reducción del consumo de energía eléctrica. Por ello, se obtuvieron dos propuestas de paneles fotovoltaicos y tres propuestas de sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas led.

A continuación se muestran las propuestas y el consumo de energía eléctrica que se debe disminuir para lograr la reducción propuesta de emisiones de gases de efecto invernadero.

- Paneles fotovoltaicos

Se obtuvieron dos propuestas para la instalación de paneles fotovoltaicos en el edificio T-3 de la FIUSAC. Estas se presentan a continuación.

Empresa 1: en esta propuesta a través del sitio web de la empresa se logró determinar la cantidad de paneles que deben ser instalados para cumplir con el objetivo del Plan de mitigación y el monto de la inversión.

La inversión total estimada incluye los costos totales de los paneles fotovoltaicos, materiales y servicio para la instalación y el IVA. En la siguiente tabla se resume la primera propuesta.

Tabla LIV. **Propuesta de la instalación empresa 1**

Potencia promedio mensual consumida edificio T-3 (kWh)	44 380
Plan de mitigación reducción 10 % potencia (kWh)	4 438
Potencia por panel mensual (kWh)	39
Cantidad de paneles requeridos (unidades)	114
Área superficial por panel (m <sup>2</sup> )	1,94
Área requerida (m <sup>2</sup> )	262,20
Área estimada edificio T3 (m <sup>2</sup> )	800
Inversión total (Q)	<b>499 206,00</b>
Tipo de cambio (Quetzales a dólares/marzo 2015) Q 7,61 = \$1,00	

Fuente: elaboración propia.

Empresa 2: la segunda propuesta se obtuvo a través de una cotización, en donde se especificó el costo unitario por cada panel fotovoltaico incluyendo el montaje, la instalación y los materiales. Esta se presenta en la tabla siguiente.

Tabla LV. **Propuesta de la instalación empresa 2**

Potencia promedio mensual consumida edificio T-3 (kWh)	44 380
Plan de Mitigación Reducción 10 % Potencia (kWh)	4 438
Potencia por panel mensual (kWh)	30
Cantidad de paneles requeridos	148
Área superficial por panel (m <sup>2</sup> )	2,20
Área requerida (m <sup>2</sup> )	325
Área estimada edificio T3 (m <sup>2</sup> )	800
Inversión total (Q)	<b>1 257 433,00</b>

Fuente: elaboración propia.

- Lámparas led

Se obtuvieron tres propuestas para la alternativa de sustitución de las lámparas fluorescentes por lámparas led en el edificio T-3. Para las tres propuestas se tomó en cuenta el costo de nuevas luminarias, aunque este tipo de lámparas pueden ser instaladas en las bases de los tubos fluorescentes, no se recomienda porque puede disminuir el rendimiento y tiempo de vida de las lámparas led. Estas se presentan a continuación.

Empresa 1: lámparas led de 18 watts y con flujo luminoso de 2 184 lúmenes. Esta propuesta se obtuvo del trabajo de graduación *Estudio de Prefactibilidad para el Mejoramiento de la Iluminación del edificio T-3 aplicando tecnología led.*

Tabla LVI. **Costos propuesta 1 lámparas led**

CONCEPTO	COSTO UNITARIO (Q)
Lámpara	489,99
Luminaria	359,99
Instalación de luminaria	80,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. **Propuesta de la instalación lámparas led empresa 1**

Potencia consumida promedio mensual edificio T-3 (kWh)	44 380
Plan de Mitigación Reducción 10 % Potencia (kWh)	4 438
Potencia lámparas fluorescentes actuales (W)	40
Potencia lámparas led (W)	18
Lámparas a sustituir para reducir potencia (unidades)	1 121
Costo por lámpara (Q)	489,99
Costo por instalación por lámpara (Q)	110
Costo total por sustitución por lámpara (Q)	599,99
<b>Inversión total (Q)</b>	<b>672 413,04</b>

Fuente: elaboración propia.

Empresa 2: lámparas led de 18 watts y flujo luminoso de 1 980 lúmenes. Esta propuesta se obtuvo a través de una cotización de una de las principales empresas dedicadas a la utilización de este tipo de productos para mejorar la eficiencia energética y soluciones en iluminación.

Tabla LVIII. **Costos propuesta 2 lámparas led**

CONCEPTO	COSTO UNITARIO (Q)
Lámpara	250,00
Luminaria e instalación	250,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIX. **Propuesta de la instalación lámparas led empresa 2**

Potencia consumida promedio mensual edificio T-3 (kWh)	44 380
Plan de Mitigación Reducción 10 % Potencia (kWh)	4 438
Potencia lámparas fluorescentes actuales (W)	40
Potencia lámparas led (W)	18
Lámparas a sustituir para reducir potencia (unidades)	1 121
Costo por lámpara (Q)	250
Costo por instalación por lámpara (Q)	62,5
Costo total por sustitución por lámpara (Q)	312,5
<b>Inversión total (Q)</b>	<b>350 220,96</b>

Fuente: elaboración propia.

Empresa 3: lámparas led de 18 watts y flujo luminoso de 1 500 lúmenes. Esta propuesta se obtuvo a través de una cotización de una empresa dedicada a la venta de productos para la iluminación.

Tabla LX. **Costos propuesta 3 lámparas led**

<b>CONCEPTO</b>	<b>COSTO UNITARIO (Q)</b>
Lámpara	210,00
Luminaria e instalación	250,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Propuesta de la instalación lámparas led empresa 3**

Potencia consumida promedio mensual edificio T-3 (kWh)	44 380
Plan de Mitigación Reducción 10 % Potencia (kWh)	4 438
Potencia lámparas fluorescentes actuales (W)	40
Potencia lámparas led (W)	18
Lámparas a sustituir para reducir potencia	1 121
Costo por lámpara (Q)	210
Costo por instalación (Q)	62,5
Costo total por sustitución (Q)	272,5
<b>Inversión total (Q)</b>	<b>305 392,68</b>

Fuente: elaboración propia.

Se obtienen las tres propuestas con inversiones competitivas con los paneles fotovoltaicos. Sin embargo, en este caso se debe de tomar en cuenta otro factor, que el flujo luminoso no se vea afectado en cada área del edificio, ya que esto puede afectar el desempeño en los diferentes horarios de trabajo del edificio T-3.

Por ello, se realizó la evaluación de la correspondencia de cada tipo de lámpara led cotizada con las lámparas instaladas actualmente, que son lámparas fluorescentes de 40 watts las cuales poseen un flujo luminoso de 2 600 lúmenes. Para esto, se determinó inicialmente el flujo luminoso actual en cada área, oficina y aula. Con esto se calculó la cantidad de lámparas de cada propuesta necesaria. Se determinó exactamente la cantidad de lámparas que deben instalarse para lograr la reducción propuesta de emisiones de GEI sin afectar la iluminación del edificio T-3.

- Determinación de inversión inicial real

Con base en la cantidad de lámparas instaladas contabilizadas en el inventario de electrónicos que se realizó en este trabajo se obtuvo el flujo luminoso actual en cada área del edificio T-3.

Tabla LXII. **Flujo luminoso actual en el edificio T-3 por área en el nivel 0**

Núm.	Nivel 0	Luminarias actuales	Lámparas actuales	Flujo Luminoso Actual ( $\phi$ )
1	Reproducción	6	24	62 400
2	Tableros, bombas, etc.	2	8	20 800
3	Escuela de Sistemas	4	16	41 600
4	Escuela Técnica	4	16	41 600
5	Audiovisuales	6	24	62 400
6	Escuela de Civil	11	44	114 400
7	Salón 013	5	20	52 000
8	Salón 014	4	16	41 600
9	Pasillo para T-1	2	4	10 400
10	Pasillo Nivel 0	26	52	135 200
11	Gradas 1	2	8	20 800
12	Gradas 2	2	8	20 800
TOTAL		74	240	624 000

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIII. Flujo luminoso actual en el edificio T-3 por área en el nivel 1

Núm.	Nivel 1	Luminarias actuales	Lámparas actuales	Flujo Luminoso Actual ( $\phi$ )
1	AEI	4	16	41 600
2	Geomática	4	16	41 600
3	Fotocopiadora	2	8	20 800
4	Salón 104	4	16	41 600
5	Salón 105	6	24	62 400
6	Salón 106	2	8	20 800
7	Baño hombres	2	8	20 800
8	Baño mujeres	6	24	62 400
9	Salón 109	8	32	83 200
10	Salón 110	8	32	83 200
11	Salón 111	6	24	62 400
12	Salón 112	6	24	62 400
13	Salón 113	4	16	41 600
14	Salón 114	6	24	62 400
15	Odontología	2	8	20 800
16	Clínica médica	2	4	10 400
17	Pasillo Nivel 1	11	22	57 200
18	Pasillo Nivel 1	3	12	31 200
19	Gradas 1	2	4	10 400
20	Gradas 2	2	8	20 800
<b>TOTAL</b>		90	330	858 000

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIV. Flujo luminoso actual en el edificio T-3 por área en el nivel 2

Núm.	Nivel 2	Luminarias actuales	Lámparas actuales	Flujo Luminoso Actual (φ)
1	Plaza Korea	15	60	156 000
2	Admón. Plaza Korea	2	8	20 800
3	Salón Korea	6	24	62 400
4	Baño mujeres	4	16	41 600
5	Baño hombres	6	24	62 400
6	Salón 209	6	24	62 400
7	Salón 210	4	16	41 600
8	Salón 211	4	16	41 600
9	Salón 212	4	16	41 600
10	Salón 213	4	16	41 600
11	Salón 214	4	16	41 600
12	Salón 215	4	16	41 600
13	Salón 216	6	24	62 400
14	Asuntos Estudiantiles	2	8	20 800
15	Pasillo Nivel 2	16	32	83 200
16	Pasillo Nivel 2	8	32	83 200
17	Gradas 1	2	4	10 400
18	Gradas 2	2	4	10 400
<b>TOTAL</b>		99	356	925 600

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXV. **Flujo luminoso actual en el edificio T-3 por área en el nivel 3**

Núm.	Nivel 3	Luminarias actuales	Lámparas actuales	Flujo Luminoso Actual ( $\phi$ )
1	LCE	12	48	124 800
2	Cursos libres	2	8	20 800
3	Salón 304	2	8	20 800
4	Salón 305	6	24	62 400
5	Baño hombres	6	24	62 400
6	Baño mujeres	2	8	20 800
7	Salón 309	6	24	62 400
8	Salón 310	10	40	104 000
9	Salón 311	4	16	41 600
10	Salón 312	4	16	41 600
11	Salón 313	4	16	41 600
12	Salón 314	4	16	41 600
13	Salón 315	6	24	62 400
14	Salón Cultura y Deporte	2	8	20 800
15	Pasillo Nivel 3	15	30	78 000
16	Pasillo Nivel 3	9	36	93 600
17	Gradas 1	2	4	10 400
18	Gradas 2	2	4	10 400
<b>TOTAL</b>		98	354	920 400

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVI. **Flujo luminoso actual en el edificio T-3 por área en el nivel 4**

Núm.	Nivel 4	Luminarias actuales	Lámparas actuales	Flujo Luminoso Actual ( $\phi$ )
1	Salón 401	12	48	124 800
2	Salón 402	1	4	10 400
3	Salón 403	8	32	83 200
4	Baño hombres	6	24	62 400
5	Baño mujeres	2	8	20 800
6	Salón 407	4	16	41 600
7	Centro Tecnológico	10	40	104 000
8	SAESAP	2	8	20 800
9	Salón 410	6	24	62 400
10	Salón 411	6	24	62 400
11	Salón 412	4	16	41 600
12	Salón 413	4	16	41 600
13	Salón 414	6	24	62 400
14	Pasillo Nivel 4	20	40	104 000
15	Pasillo Nivel 4	9	36	93 600
<b>TOTAL</b>		100	360	936 000

Fuente: elaboración propia.

En las tablas siguientes se resume la cantidad de lámparas led que deben instalarse para reducir el consumo de energía eléctrica en el edificio T-3 con respecto de cada lámpara analizada.

Tabla LXVII. Cantidad de lámparas a instalar por área en el nivel 0

Núm.	Nivel 0	Flujo Luminoso Actual ( $\phi$ )	Led (2 184 lúmenes)			Led (1 980 lúmenes)			Led (1 500 lúmenes)		
			Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)	Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)	Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)
1	Reproducción	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
2	Tableros, bombas	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
3	Escuela de Sistemas	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
4	Escuela Técnica	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
5	Audiovisuales	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
6	Escuela de Civil	114 400	52	14	56	58	15	60	76	20	80
7	Salón 013	52 000	24	6	24	26	7	28	35	9	36
8	Salón 014	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
9	Pasillo para T-1	10 400	5	3	6	5	3	6	7	4	8
10	Pasillo Nivel 0	135 200	62	31	62	68	35	70	90	46	92
11	Gradas 1	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
12	Gradas 2	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
<b>TOTAL</b>		<b>624 000</b>	<b>286</b>	<b>94</b>	<b>308</b>	<b>315</b>	<b>103</b>	<b>336</b>	<b>416</b>	<b>134</b>	<b>436</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXVIII. Cantidad de lámparas a instalar por área en el nivel 1

Núm.	Nivel 1	Flujo Luminoso Actual ( $\varphi$ )	Led (2 184 lúmenes)			Led (1 980 lúmenes)			Led (1 500 lúmenes)		
			Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)	Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)	Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)
1	AEI	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
2	Geomática	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
3	Fotocopiadora	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
4	Salón 104	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
5	Salón 105	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
6	Salón 106	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
7	Baño hombres	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
8	Baño mujeres	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
9	Salón 109	83 200	38	10	40	42	11	44	55	14	56
10	Salón 110	83 200	38	10	40	42	11	44	55	14	56
11	Salón 111	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
12	Salón 112	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
13	Salón 113	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
14	Salón 114	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
15	Odontología	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
16	Clínica médica	10 400	5	3	6	5	3	6	7	4	8
17	Pasillo Nivel 1	57 200	26	14	28	29	15	30	38	20	40
18	Pasillo Nivel 1	31 200	14	4	8	16	4	8	21	6	12
19	Gradas 1	10 400	5	2	8	5	2	8	7	2	8
20	Gradas 2	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
<b>TOTAL</b>		<b>624 000</b>	<b>286</b>	<b>94</b>	<b>308</b>	<b>315</b>	<b>103</b>	<b>336</b>	<b>416</b>	<b>134</b>	<b>436</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXIX. Cantidad de lámparas a instalar por área en el nivel 2

Núm.	Nivel 2	Flujo Luminoso Actual (φ)	Led (2 184 lúmenes)			Led (1 980 lúmenes)			Led (1 500 lúmenes)		
			Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)	Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)	Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)
1	Plaza Korea	156 000	71	18	72	79	20	80	104	26	104
2	Admón. Plaza Korea	20800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
3	Salón Korea	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
4	Baño mujeres	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
5	Baño hombres	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
6	Salón 209	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
7	Salón 210	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
8	Salón 211	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
9	Salón 212	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
10	Salón 213	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
11	Salón 214	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
12	Salón 215	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
13	Salón 216	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
14	Asuntos Estudiantiles	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
15	Pasillo Nivel 2	83 200	38	20	40	42	22	44	55	28	56
16	Pasillo Nivel 2	83 200	38	10	40	42	11	44	55	14	56
17	Gradas 1	10 400	5	3	6	5	3	6	7	4	8
18	Gradas 2	10 400	5	3	6	5	3	6	7	4	8
<b>TOTAL</b>		<b>925 600</b>	<b>424</b>	<b>127</b>	<b>456</b>	<b>467</b>	<b>139</b>	<b>500</b>	<b>617</b>	<b>177</b>	<b>636</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXX. Cantidad de lámparas a instalar por área en el nivel 3

Núm.	Nivel 3	Flujo Luminoso Actual ( $\varphi$ )	Led (2 184 lúmenes)			Led (1 980 lúmenes)			Led (1 500 lúmenes)		
			Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)	Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)	Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)
1	LCE	124 800	57	15	60	63	16	64	83	21	84
2	Cursos libres	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
3	Salón 304	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
4	Salón 305	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
5	Baño hombres	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
6	Baño mujeres	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
7	Salón 309	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
8	Salón 310	104 000	48	12	48	53	14	56	69	18	72
9	Salón 311	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
10	Salón 312	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
11	Salón 313	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
12	Salón 314	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
13	Salón 315	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
14	Salón Cultura y Deporte	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
15	Pasillo Nivel 3	78 000	36	18	36	39	20	40	52	26	52
16	Pasillo Nivel 3	93 600	43	11	44	47	12	48	62	16	64
17	Gradas 1	10 400	5	3	6	5	3	6	7	4	8
18	Gradas 2	10 400	5	3	6	5	3	6	7	4	8
<b>TOTAL</b>		<b>920 400</b>	<b>421</b>	<b>126</b>	<b>456</b>	<b>465</b>	<b>136</b>	<b>492</b>	<b>614</b>	<b>177</b>	<b>640</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXI. Cantidad de lámparas a instalar por área en el nivel 4

Núm.	Nivel 4	Flujo Luminoso Actual ( $\phi$ )	Led (2 184 lúmenes)			Led (1 980 lúmenes)			Led (1 500 lúmenes)		
			Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)	Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)	Lámparas led (u)	Luminarias a instalar (u)	Lámparas led a instalar (u)
1	Salón 401	124 800	57	15	60	63	16	64	83	21	84
2	Salón 402	10 400	5	2	8	5	2	8	7	2	8
3	Salón 403	83 200	38	10	40	42	11	44	55	14	56
4	Baño hombres	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
5	Baño mujeres	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
6	Salón 407	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
7	Centro Tecnológico	104 000	48	12	48	53	14	56	69	18	72
8	SAESAP	20 800	10	3	12	11	3	12	14	4	16
9	Salón 410	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
10	Salón 411	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
11	Salón 412	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
12	Salón 413	41 600	19	5	20	21	6	24	28	7	28
13	Salón 414	62 400	29	8	32	32	8	32	42	11	44
14	Pasillo Nivel 4	104 000	48	24	48	53	27	54	69	35	70
15	Pasillo Nivel 4	93 600	43	11	44	47	12	48	62	16	64
<b>TOTAL</b>		<b>936 000</b>	<b>429</b>	<b>127</b>	<b>460</b>	<b>473</b>	<b>138</b>	<b>498</b>	<b>624</b>	<b>179</b>	<b>646</b>

Fuente: elaboración propia.

Se observa que la cantidad real de lámparas led a instalar es mayor a la cantidad de lámparas fluorescentes instaladas actualmente, con el fin de mantener el flujo luminoso de cada área del edificio. Con ello, se pudo determinar un correspondiente de lámparas realmente sustituidas, la cual se resume a continuación.

Tabla LXXII. Lámparas fluorescentes sustituidas reales

Nivel	Descripción	Led (2 184 lúmenes)	Led (1 980 lúmenes)	Led (1 500 lúmenes)
0	Lámparas sustituidas	240	240	240
	Lámparas led extra necesarias	68	96	196
	Lámparas fluorescentes equivalentes por led extra	31	43	88
	<b>Lámparas fluorescentes sustituidas reales</b>	<b>209</b>	<b>197</b>	<b>152</b>
1	Lámparas sustituidas	330	330	330
	Lámparas led extra necesarias	100	126	262
	Lámparas fluorescentes equivalentes por led extra	45	57	118
	<b>Lámparas fluorescentes sustituidas reales</b>	<b>285</b>	<b>273</b>	<b>212</b>
2	Lámparas sustituidas	356	356	356
	Lámparas led extra necesarias	100	144	280
	Lámparas fluorescentes equivalentes por led extra	45	65	126
	<b>Lámparas fluorescentes sustituidas reales</b>	<b>311</b>	<b>291</b>	<b>230</b>
3	Lámparas sustituidas	354	354	354
	Lámparas led extra necesarias	102	138	286
	Lámparas fluorescentes equivalentes por led extra	46	62	129
	<b>Lámparas fluorescentes sustituidas reales</b>	<b>308</b>	<b>292</b>	<b>225</b>
4	Lámparas sustituidas	360	360	360
	Lámparas led extra necesarias	100	138	286
	Lámparas fluorescentes equivalentes por led extra	45	62	129
	<b>Lámparas fluorescentes sustituidas reales</b>	<b>315</b>	<b>298</b>	<b>231</b>

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan los costos que representa cada alternativa se incluye el costo total por el número de lámparas a instalar por nivel, las luminarias a instalar y el cableado necesario por las luminarias extra que deben instalarse. El costo por el cableado extra se obtuvo de la tesis *Estudio de Prefactibilidad para el Mejoramiento de la Iluminación del edificio T-3 aplicando tecnología led*.

Tabla LXXIII. Costo total de instalación de lámparas led por nivel

Nivel	Descripción	Led (2 184 lúmenes)	Led (1 980 lúmenes)	Led (1 500 lúmenes)
0	Lámparas	150 916,92	84 000,00	91 560,00
	Luminarias	41 360,00	25 750,00	33 500,00
	Cableado extra	547,20	793,44	1641,60
	<b>TOTAL (Q.)</b>	<b>192 276,92</b>	<b>109 750,00</b>	<b>125 060,00</b>
1	Lámparas	210 695,70	114 000,00	124 320,00
	Luminarias	51 920,00	31 250,00	40 750,00
	Cableado extra	766,08	957,60	1 997,28
	<b>TOTAL (Q.)</b>	<b>262 615,70</b>	<b>145 250,00</b>	<b>165 070,00</b>
2	Lámparas	223 435,44	125 000,00	133 560,00
	Luminarias	55 880,00	34 750,00	44 250,00
	Cableado extra	766,08	1094,40	2 134,08
	<b>TOTAL (Q.)</b>	<b>279 315,44</b>	<b>159 750,00</b>	<b>177 810,00</b>
3	Lámparas	223 435,44	123 000,00	134 400,00
	Luminarias	55 440,00	34 000,00	44 250,00
	Cableado extra	766,08	1039,68	2 161,44
	<b>TOTAL (Q.)</b>	<b>278 875,44</b>	<b>157 000,00</b>	<b>178 650,00</b>
4	Lámparas	225 395,40	124 500,00	135 660,00
	Luminarias	55 880,00	34 500,00	44 750,00
	Cableado extra	738,72	1039,68	2 161,44
	<b>TOTAL (Q.)</b>	<b>281 275,40</b>	<b>159 000,00</b>	<b>180 410,00</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla siguiente se presenta el resumen de las lámparas reales sustituidas y el costo total.

Tabla LXXIV. **Resumen de las alternativas de sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas led**

Tipo de lámpara LED	Led (2 184 lm)		Led (1 980 lm)		Led (1 500 lm)	
Nivel	Lámparas Sustituidas (u)	Costo Total (Q)	Lámparas Sustituidas (u)	Costo Total (Q)	Lámparas Sustituidas (u)	Costo Total (Q)
0	209	192 276,92	197	109 750,00	152	125 060,00
1	285	262 615,70	273	145 250,00	212	165 070,00
2	311	279 315,44	291	159 750,00	230	177 810,00
3	308,1	278 875,44	292	157 000,00	225	178 650,00
4	315	281 275,40	298	159 000,00	231	180 410,00
<b>TOTAL</b>	<b>1428</b>	<b>1 294 358,90</b>	<b>1351</b>	<b>730 750,00</b>	<b>1051</b>	<b>827 000,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Con esa información se seleccionaron de acuerdo a cada lámpara evaluada cuales niveles alcanzan el objetivo de sustituir 1 121 lámparas, que corresponden a una reducción del 5 % de las emisiones de GEI generadas en la FIUSAC.

Las celdas sombreadas corresponden a los niveles en donde se sustituirían las lámparas. Se observa que con la tercera propuesta no se logra alcanzar la cantidad de lámparas a sustituir. Por lo tanto, es la primera opción que se descarta. Con esto las inversiones iniciales para las primeras dos propuestas se especifican en la tabla LXXV.

Tabla LXXV. **Inversión inicial propuesta 1 y 2 lámparas led**

Tipo de lámpara led	Led (2 184 lm)		Led (1 980 lm)	
	L. Sustituidas (u)	Costo Total (Q)	L. Sustituidas (u)	Costo Total (Q)
0	209	192 276,92	197	109 750,00
1	285	262 615,70	273	145 250,00
2	311	279 315,44	291	159 750,00
3	308	278 875,44	292	157 000,00
4	315	281 275,40	298	159 000,00
<b>TOTAL</b>	<b>1120</b>	<b>1 015 483,46</b>	<b>1154</b>	<b>621 000,00</b>

Fuente: elaboración propia.

- Evaluación de los ahorros monetarios mensuales con respecto de la reducción de energía eléctrica consumida según cada propuesta.

En este apartado se evalúan los ahorros monetarios mensuales que se tendrían al seleccionar cada una de las alternativas propuestas anteriormente.

Tabla LXXVI. **Ahorro monetario mensual de las propuestas de paneles fotovoltaicos**

	Paneles instalados (u)	Potencia generada mensual (kWh)	Precio EE (Q/kWh)	Ahorro (Q/mes)
Empresa 1	114	39	1,66	7 380,36
Empresa 2	148	30	1,66	7 367,08

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXXVII. **Ahorro monetario mensual de las propuestas lámparas led**

	Lámparas Sustituidas (u)	Consumo actual (kWh/mes)	Consumo propuesto (kWh)	Reducción Consumo (kWh)	Costo EE (Q/kWh)	Ahorro (Q/mes)
Led (2 184 lm)	1 120	8 064	3 628,8	4 435,2	1,66	7 362,43
Led (1 980 lm)	1 154	8 308,8	3 738,96	4 569,84	1,66	7 585,93

Fuente: elaboración propia.

- Evaluación valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y la recuperación de la inversión de las cuatro propuestas

Esta evaluación se realizó para un año, a partir de la instalación y la inversión inicial. Se tomaron mensualidades correspondientes a los ahorros monetarios mensuales y se utilizó una tasa de inflación del 6,91 %.

En la tabla siguiente se presentan la comparación y los resultados del análisis financiero de las cuatro propuestas finales, dos de paneles fotovoltaicos y dos de sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas led.

Tabla LXXVIII. **Comparación del análisis financiero de las cuatro propuestas finales**

Plazos	Paneles fotovoltaicos		Sustitución de lámparas	
	Empresa 1 (Q)	Empresa 2 (Q)	led 2 184 (Q)	led 1 980 (Q)
0	-499 206	-1 257 433,333	-1 015 483,46	-621 000,00
1	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
2	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
3	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
4	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
5	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
6	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
7	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
8	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
9	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
10	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
11	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
12	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
<b>TIR</b>	<b>-20 %</b>	<b>-28 %</b>	<b>-26 %</b>	<b>-22 %</b>
<b>P(A)</b>	<b>85 336,62</b>	<b>85 183,07</b>	<b>85 129,33</b>	<b>91 031,21</b>
<b>VPN</b>	<b>-413 869,38</b>	<b>-1 172 250,26</b>	<b>-930 354,13</b>	<b>-529 968,79</b>
<b>Recuperación de la inversión (mes)</b>	<b>68</b>	<b>171</b>	<b>138</b>	<b>82</b>
Tipo de cambio (Quetzales a dólares/marzo 2015) Q 7,61 = \$1,00				

Fuente: elaboración propia.

Con respecto de la tabla anterior, se observa que las dos propuestas de menor inversión inicial son la propuesta de instalación de paneles solares en el edificio T-3 por la empresa 1 y la de sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED de 1 980 lúmenes.

Al comparar las dos propuestas de instalación de paneles fotovoltaicos se observa una diferencia cercana al 60 % entre las dos, incluso la propuesta por

la empresa 2 es la propuesta más cara. A pesar de ello, la propuesta de la empresa 1 genera 1 % más de ahorro mensual monetario.

De la misma forma, al evaluar las dos propuestas de sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas led, las lámparas con mayor flujo luminoso, representarían una cantidad menor de lámparas instaladas; un 39 % más cara que la inversión inicial. Esto se debe a los costos elevados tanto de las lámparas led, así como, de la instalación y renovación de las luminarias.

Se observa también que la alternativa que proporciona el mejor ahorro monetario mensual es la alternativa de sustitución con lámparas de 1 980 lúmenes, que se diferencia únicamente con el segundo mejor ahorro únicamente por Q 200, 00.

Uno de los factores para la selección de la alternativa a recomendar es la recuperación de la inversión. En todos los casos se alcanza el objetivo de reducción de las emisiones de GEI, sin embargo, se puede obtener un beneficio al recuperar el monto de la inversión inicial. Para las propuestas de instalación de paneles fotovoltaicos la recuperación de la inversión es de 68 meses (5 años y 8 meses) y 171 meses (14 años y 3 meses) respectivamente. Para la de sustitución de lámparas fluorescentes se obtuvo para led de 2 184 lúmenes una recuperación de la inversión de 138 meses (11 años y 6 meses) y para la de 1 980 lúmenes 82 meses (6 años y 10 meses).

Otro factor importante es el trabajo que representan ambas alternativas. En la descripción de las propuestas ofrecidas se observó que los paneles fotovoltaicos se instalan sobre la superficie superior del edificio T-3 y luego mediante un inversor y otros equipos se incorporan a la línea de corriente eléctrica, trabajos que no afectarían el desarrollo de las actividades rutinarias en

la FIUSAC. Mientras que la sustitución de las lámparas fluorescentes representan un tiempo mayor de instalación, mayor número de trabajadores y nuevos puntos de instalación que deben de tomarse en cuenta.

Con base en el análisis financiero y los demás factores que se evaluaron se seleccionó la propuesta de instalación de paneles fotovoltaicos de la empresa 1, que representa la menor inversión inicial y el mejor tiempo de retorno de la misma.

#### **2.4.5. Propuesta de trabajo para la implementación en la FIUSAC**

A continuación se presenta la propuesta de trabajo y la programación (cronograma de trabajo) que podría adecuarse a las actividades de la FIUSAC, posterior a la aprobación por parte de las autoridades de la Facultad, para su implementación.

##### **2.4.5.1. Objetivo general de la propuesta**

Reducir las emisiones de GEI que son generadas en la FIUSAC, tomando como base la cuantificación realizada en este proyecto. Se estableció un 5 % de emisiones de GEI a reducir en un periodo de un año a partir de la implementación de esta propuesta.

#### **2.4.5.2. Estrategias de trabajo**

Para alcanzar el objetivo general de esta propuesta se establecieron dos estrategias fundamentales para lograr la reducción de las emisiones generadas. Como ya se mencionó anteriormente, para alcanzar el 5 % de emisiones reducidas se necesita trabajar en la causa de generación más importante, el consumo de energía eléctrica.

El edificio T-3 se clasificó como el mayor consumidor de energía eléctrica y fue seleccionado para trabajar la reducción de emisiones. Se calculó que al reducir el 10 % de la energía consumida en el edificio se alcanza el objetivo de la propuesta.

Las dos estrategias seleccionadas se clasificaron de acuerdo al impacto que puede tener sobre la generación de las emisiones y su implementación. La primera es la instalación de paneles fotovoltaicos para la generación de electricidad aprovechando la energía solar y la segunda es la sensibilización de la población acerca del tema para lograr una cultura amigable al ambiente buscando la reducción de emisiones al ambiente.

Las dos estrategias se encuentran descritas en la tabla siguiente.

Tabla LXXIX. **Estrategias de trabajo para el plan de mitigación**

Estrategia	Tipo estrategia	Descripción	Actividades propuestas
<b>Instalación de paneles fotovoltaicos en edificio T-3</b>	Directa	Tener un impacto inmediato, desde su implementación, en la reducción del consumo de energía eléctrica y por ende en las emisiones de GEI generados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alternativas de financiamiento del proyecto de instalación de paneles solares.</li> <li>✓ Instalación de paneles solares.</li> <li>✓ Seguimiento al consumo de energía eléctrica.</li> </ul>
<b>Cultura de ambiente y reducción de emisiones de GEI</b>	Indirecta	Realizar a través de una campaña de concientización y capacitación, una cultura responsable con el ambiente y las emisiones que se generan en la FIUSAC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Campaña de publicidad acerca de la reducción de las emisiones de GEI.</li> <li>✓ Capacitación a través de curso de Ecología.</li> <li>✓ Campaña de concientización a la población estudiantil.</li> <li>✓ Plan de seguimiento a este proyecto.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

- Propuesta de instalación de paneles fotovoltaicos en el edificio T-3 de la FIUSAC

Esta propuesta fue la alternativa de mayor viabilidad de acuerdo al análisis financiero que se realizó, en donde se tuvo otra opción de paneles fotovoltaicos y tres alternativas más de sustitución de las lámparas fluorescentes por lámparas led.

Esta empresa solicita la información referente al promedio del consumo de energía eléctrica en donde se busca hacer la instalación y el porcentaje de reducción requerido. Con base en dicha información, se realizó el cálculo de la

cantidad de paneles a instalar y el área necesaria para ello. La propuesta se presenta a continuación.

Tabla LXXX. **Propuesta para la instalación de paneles fotovoltaicos en el edificio T-3**

Potencia promedio mensual consumida edificio T-3 (kWh)	44 380
Plan de mitigación reducción 10 % potencia (kWh)	4 438
Potencia por panel mensual (kWh)	39
Cantidad de paneles requeridos (unidades)	114
Área superficial por panel (m <sup>2</sup> )	1,94
Área requerida (m <sup>2</sup> )	262.20
Área estimada edificio T-3 (m <sup>2</sup> )	800
<b>Inversión total (Q)</b>	<b>499 206</b>

Fuente: elaboración propia.

La propuesta no incluye los costos desglosados por los productos y el servicio de instalación. Sin embargo, se especificó en la propuesta que tanto los paneles fotovoltaicos, los materiales, el servicio de instalación y el impuesto al valor agregado están incluidos dentro de dicho monto. Los paneles que están propuestos se observan en la figura 67.

Figura 67. **Paneles fotovoltaicos propuestos**



Fuente: <http://www.solarguat.com>. Consulta: 19 de octubre de 2013.

- **Actividades propuestas**

La instalación de paneles solares implicaría una reducción directa tras su implementación y requiere, como se observa en la propuesta, una inversión alta la cual podría dificultar su aprobación. Además de una serie de actividades que serían necesarias para lograr el objetivo del plan de mitigación. Estas actividades se describen en la tabla LXXXI.

Tabla LXXXI. **Actividades propuestas para la estrategia de instalación de paneles fotovoltaicos**

Actividad	Descripción
Financiamiento del proyecto de instalación de paneles fotovoltaicos	<p>Actividad fundamental para la ejecución del proyecto. En esta actividad se debe presentar el proyecto ante las autoridades de la FIUSAC para incorporarlo dentro de un presupuesto anual a ejecutar.</p> <p>Buscar financiamiento externo o préstamos a entidades internacionales como el BCIE, enfocando el proyecto al impacto ambiental y los beneficios que se podrían obtener de este. Además del ahorro monetario se reducen las emisiones de GEI y podrían ejecutarse diversos proyectos relacionados a su instalación. Asignar la ejecución del proyecto a una comisión responsable y que vele por el cumplimiento del objetivo de reducir las emisiones generadas en la FIUSAC.</p>
Instalación de paneles fotovoltaicos	<p>Posterior a la aprobación del financiamiento, para la instalación de los paneles fotovoltaicos, se deben realizar todos los trámites y procedimientos administrativos que se resumen en la firma de un contrato por parte de la empresa con la propuesta referida. Es importante establecer que, desde que se obtuvo la propuesta hasta la aprobación, puedan verse modificados los montos de la inversión inicial.</p> <p>La instalación de los paneles fotovoltaicos y del sistema de incorporación de la energía eléctrica debe ser supervisada por un ingeniero de la FIUSAC. Se debe planificar y programar la logística de los procedimientos en conjunto con la empresa para evitar cualquier interrupción en los horarios.</p>
Seguimiento al consumo de energía eléctrica	<p>Formar una comisión de seguimiento del consumo de energía eléctrica del edificio T-3 y determinar si se alcanzó el objetivo de reducir la potencia mensual consumida. Esta comisión debe ser la misma comisión encargada de darle seguimiento a todo el proyecto.</p>

Fuente: elaboración propia.

- Propuesta de crear una cultura de ambiente y reducción de emisiones de GEI

Esta propuesta tiene un impacto indirecto, ya que conforme se implementan las diferentes actividades se esperará un cambio en el comportamiento ante ciertas circunstancias de los estudiantes, ingenieros y toda la población de la FIUSAC.

El objetivo principal de esta propuesta es capacitar y enseñar a la población de la Facultad, mediante diferentes medios de comunicación, el tema de las emisiones de gases de efecto invernadero y su mitigación. Es importante dar a conocer el estudio que se realizó y las actividades diarias de la FIUSAC, así como, proponer actividades que pueden implementar para reducir las emisiones.

En la siguiente tabla se presenta la propuesta.

Tabla LXXXII. **Propuesta para la instalación de paneles fotovoltaicos en el edificio T-3**

Población FIUSAC estimada (personas)	14 000
Campañas de sensibilización y capacitación	4
Medios de comunicación y material de publicidad	3 000,00
<b>Inversión total (Q)</b>	<b>3 000,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Se observa que la inversión en este proyecto sería en la impresión y elaboración de los medios que se utilizarían para capacitar a la población de la Facultad. Afiches, rótulos y publicidad digital serían los medios a considerar.

Las propuestas de las campañas de sensibilización y capacitación se encuentran desarrolladas en la Fase de Capacitación de este proyecto.

- Actividades propuestas

Crear una cultura en la FIUSAC de conocimiento y búsqueda de la reducción de las emisiones generadas en las actividades rutinarias. Para ello, se proponen distintas actividades con las cuales se pretende incorporar a la población en las actividades de mitigación de las emisiones. En la tabla se describen estas actividades.

Tabla LXXXIII. **Actividades propuestas para la estrategia de creación de una cultura de ambiente y reducción de emisiones de GEI**

Actividad	Descripción
<p>Campaña de capacitación “Reducamos nuestras emisiones de gases de efecto invernadero”</p>	<p>Serie de presentaciones y capacitaciones acerca del tema de gases de efecto invernadero, las causas y los efectos sobre el ambiente. La forma en que se producen las emisiones, las fuentes y tipos de alcances de estas y los factores de equivalencia entre los distintos gases.</p> <p>Realizar reuniones de capacitación donde se invita a la población de la FIUSAC y se presentan los temas mencionados. Incluir dentro de los programas de Ecología y Química Ambiental, para que sea parte del contenido. También se incluiría la presentación de los resultados del proyecto de la Cuantificación de las Emisiones de GEI en la Facultad de Ingeniería para el año 2013 y la Propuesta para su mitigación.</p>
<p>Campaña de concientización para la reducción de emisiones de GEI</p>	<p>Propone la elaboración de varios afiches y medios de comunicación visuales, que podrían distribuirse y pegarse en las instalaciones de la FIUSAC, así como compartirlas en los portales web y como publicidad en los correos electrónicos. En estos se presentarían los resultados del estudio actual y diferentes propuestas que se pueden implementar en las actividades diarias para contribuir a la reducción de las emisiones generadas.</p>

Continuación de la tabla LXXIII.

Comisión de seguimiento del proyecto	Crear y asignar la comisión de seguimiento del proyecto de manera que se puedan ejecutar las propuestas actuales. Además, se debe de realizar la cuantificación de las emisiones periodo tras periodo para evaluar la variación de las emisiones y observar si existe una reducción en las mismas.
--------------------------------------	--

Fuente: elaboración propia.

### 2.4.6. Cronograma de actividades

Con todo el material elaborado en este proyecto es posible darle el seguimiento adecuado para ejecutarlo y lograr el objetivo del plan de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la FIUSAC.

Tabla LXXXIV. Cronograma de actividades propuestas

ESTRATEGIA	ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Instalación de paneles fotovoltaicos en edificio T-3	Presentación de propuesta de Plan de mitigación a autoridades de la FIUSAC	■					
	Búsqueda de fuentes de financiamiento externos a la universidad	■					
	Investigación de procedimientos administrativos para presentación de proyectos	■					
	Presentación de propuesta de Plan de mitigación a fuentes externas		■	■			
	Seguimiento a la aprobación de fondos para el proyecto		■	■			
	Planificación de proyectos para la instalación de los paneles fotovoltaicos			■			
	Instalación de paneles fotovoltaicos				■		
	Planificación de seguimiento del proyecto de paneles fotovoltaicos					■	
Cultura de ambiente y reducción de emisiones de GEI	Planificación de seguimiento de evaluación del proyecto					■	
	Evaluación de incorporación del tema a contenido de cursos de la FIUSAC	■					
	Planificación y programación de la campaña capacitación de emisiones de GEI	■					
	Planificación y programación de la campaña de concientización de emisiones GEI	■					
	Planificación y programación de la campaña de publicidad de emisiones de GEI	■					
	Ejecución de campaña de capacitación de emisiones de GEI		■	■			
	Ejecución de campaña de concientización de emisiones de GEI		■	■	■		
	Ejecución de campaña de publicidad de emisiones de GEI		■	■	■	■	
	Planificación de plan de seguimiento y mejora de las emisiones de GEI						■

Fuente: elaboración propia.

## 2.5. Costos de la propuesta

Los costos de la propuesta se dividen en dos partes según las estrategias que se seleccionaron:

Tabla LXXXV. Costos de la propuesta

<b>Núm.</b>	<b>Estrategia</b>	<b>Costos</b>
1	Instalación de paneles fotovoltaicos en el edificio T-3	Q 499 206,00
2	Crear una cultura de ambiente y reducción de emisiones de GEI	Q 3 000,00
<b>TOTAL</b>		<b>Q 502 206,00</b>

Fuente: elaboración propia.

### **3. FASE DE INVESTIGACIÓN. PLAN PARA LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL LABORATORIO DE OPERACIONES UNITARIAS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA Y EL LABORATORIO DE MECÁNICA DE FLUIDOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Se observó la necesidad de evaluar las condiciones actuales de los laboratorios y proponer estrategias o proyectos que puedan ejecutarse. Es necesario que se tenga un mejor aprovechamiento del agua, el recurso más importante.

#### **3.1. Diagnóstico**

El proyecto busca desarrollar una propuesta para la reducción del consumo de agua en dos laboratorios de la FIUSAC. Es importante establecer la importancia del recurso a nivel nacional y por ello se presentan temas de interés, como el conocimiento del valor económico tan importante del mismo para nuestro país.

- Agua

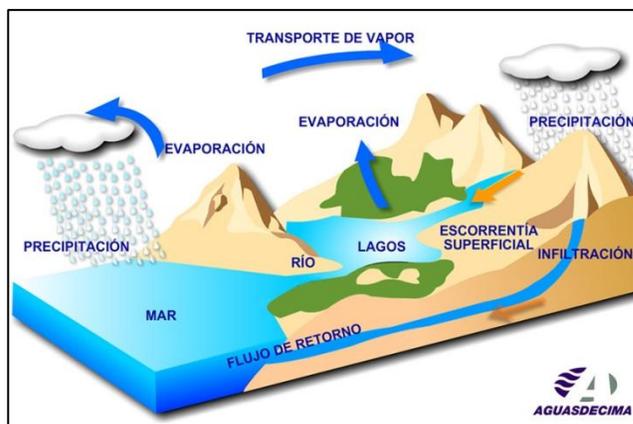
Es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno ( $H_2O$ ). El término se refiere a la sustancia en su estado líquido, hielo en estado sólido y vapor en su estado gaseoso. El agua cubre el 71 % de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente

en los océanos donde se concentra el 96,5 %, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74 %, los depósitos subterráneos (acuíferos), los *permafrost* y los glaciares continentales suponen el 1,72 % y el restante 0,04 % se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos.

- Ciclo del agua

También llamado ciclo hidrológico. Es el continuo intercambio de agua dentro de la hidrosfera, entre la atmósfera, agua superficial y subterránea y organismos vivos.

Figura 68. **Ciclo del agua**



Fuente: [http://www.aguasdecima.cl/wp-content/themes/aguasdecima/images/ciclo\\_agua.jpg](http://www.aguasdecima.cl/wp-content/themes/aguasdecima/images/ciclo_agua.jpg).  
Consulta: 15 de abril de 2015.

El agua cambia constantemente su posición de una a otra parte del ciclo, implicando básicamente los siguientes procesos físicos.

- Evaporación de los océanos y otras masas de agua y transpiración de los seres vivos (animales y plantas) hacia la atmósfera.
  - Precipitación originada por la condensación de vapor de agua, y que puede adoptar múltiples formas.
  - Escorrentía o movimiento de las aguas superficiales hacia los océanos.
- Agua en Guatemala

El uso del agua en Guatemala tiene un gran impacto en la economía del país y a pesar de su desvalorización monetaria y su explotación incontrolada, es uno de los recursos de mayor importancia en la economía guatemalteca, así como la de cualquier otro país. Aquí, sus mayores usos son:

- Consumo doméstico
- Sector agropecuario para riego y producción
- Industrias
  - Producción como materia prima o insumo
  - Limpieza de maquinarias y equipos
  - Alimentación de calderas
  - Refrigeración
- Generación de energía eléctrica
- Medio de producción y extracción de otros recursos
- Recreación
- Transporte
- Vertederos, deposición de desechos

Siendo esta última lamentable, debido al impacto en el ambiente causado por el vertido de efluentes de las industrias del país. De acuerdo a su uso puede clasificarse en dos categorías, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla LXXXVI. **Categorías del uso del agua**

<b>Clasificación</b>	<b>Descripción</b>
Uso consuntivo	Consumo del agua y que la dejan en condiciones no aptas para su utilización en otros destinos.
Uso no consuntivo	Es la utilización del agua indirectamente, (transporte, generación de energía, etc.)

Fuente: elaboración propia.

- Oferta y demanda del agua en Guatemala

De acuerdo a información revelada por el Instituto Nacional de Electrificación y el Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), se estimó por un experto en hidrología, el capital hídrico del país. Los resultados de este balance estimado en el año 2005, se encuentran en la figura 69.

Según esta, la oferta del agua es de 97 119,84 millones de metros cúbicos anualmente. Esta es la oferta de la vertiente del Golfo de México la que contribuye con un mayor porcentaje. Luego se asumió que el caudal ecológico es el 10 % del caudal medio nacional. Por lo tanto, la disponibilidad real de agua es de 87 407, 86 metros cúbicos anualmente.

Basado en lo anterior se establece la disposición de agua en el país, tomando en cuenta los usos mayoritarios; así como el consumo que se le da al mismo, según *El agua en la economía de Guatemala* de David Castañón.

Figura 69. Oferta del agua año 2005

Balance de agua: oferta y uso anual, año 2005					
		Vertiente Pacífico	Vertiente Golfo de México	Vertiente Mar Caribe	Total país
Concepto	caudal (m <sup>3</sup> /seg)	Volumen (mill m <sup>3</sup> )			
<b>I. Capital Hídrico</b>	3,079.65	22,973.03	40,922.06	33,224.75	97,119.84
Vertiente del Pacífico	728.47				
Golfo de México	1,297.63				
Mar Caribe	1,053.55				
<b>II. Caudal Ecológico (10% Caudal medio anual para estimación propia)</b>	307.97	2,297.30	4,092.21	3,322.48	9,711.98
Vertiente del Pacífico	72.85	2,297.30	4,092.21	3,322.48	9,711.98
Golfo de México	129.76				
Mar Caribe	105.36				
<b>III. Disponibilidad de agua</b>		20,675.73	37,699.58	29,902.27	87,407.86

Fuente: CASTAÑON, David. El agua en la economía de Guatemala. p. 23.

Tabla LXXXVII. Demanda del agua por sectores

Uso	Demanda de agua (millones de m <sup>3</sup> )
Consumo doméstico	983,66
Riego	4 620,03
Otros en riego	462
Industria	342,63
Minería	0,50
Turismo	4,93
Generación de energía eléctrica	4 453,00
Receptor de desechos	2 940,00
<b>TOTAL</b>	<b>13 464,12</b>

Fuente: elaboración propia.

Con ello se obtiene un saldo de 73 943,74 millones de metros cúbicos de agua observando una disponibilidad superior. Sin embargo, el 80 % de las industrias se encuentran en la capital donde no se tiene la disponibilidad de agua a nivel nacional. Esto implica un consumo descontrolado que afecta de gran manera los sistemas actuales hidrológicos.

Además, el grado de contaminación y sus factores de dilución, conforme entra en contacto con los ecosistemas, disminuyen la disponibilidad de agua que se posee. En ello, radica la importancia de aportar y realizar acciones para mejorar y controlar el consumo de agua diario y la necesidad de incorporar sistemas de tratamiento antes de verterlos en los sistemas de agua naturales.

- Situación actual en la FIUSAC

El diagnóstico de la situación actual del consumo de agua, en el Laboratorio de Operaciones Unitarias (LOPU) y del Laboratorio de Mecánica de Fluidos, se realizó a través de dos actividades. Las mismas fueron indispensables para la determinación de las oportunidades de trabajo en ambas áreas. A continuación estas se describen.

- Reuniones con autoridades de las Escuelas correspondientes para la solicitud de información de los laboratorios

Se realizaron reuniones con cada uno de los ingenieros coordinadores y encargados de cada Laboratorio. Para la solicitud de información del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela de Ingeniería Química se contactó al ingeniero José Manuel Tay Oroxom y para el Laboratorio de Mecánica de Fluidos al ingeniero Luis Manuel Sandoval Mendoza, ambos profesores titulares de sus respectivas Escuelas.

Se les presentó el proyecto en general, y se enfatizó en la Fase de Investigación, donde se busca evaluar y proponer un plan de reducción de consumo de agua en las prácticas de sus laboratorios. El proyecto fue bien recibido y autorizaron la visita a los laboratorios para observar la forma en que consumen el agua, en sus prácticas, para la propuesta.

- Visita a los laboratorios y evaluación de las prácticas actuales

Para la realización del diagnóstico del consumo de agua en estos laboratorios, se visitó a cada uno de ellos para evaluar las prácticas actuales y las condiciones de los equipos. Se tuvo el apoyo de ellos y de los auxiliares de los laboratorios quienes estuvieron dispuestos a colaborar y proporcionar la información requerida.

Se diseñó una tabla de evaluación tabla LXXXVIII, la cual fue utilizada para la establecer las condiciones y características principales de los sistemas que constituyen las prácticas de los laboratorios. En esta se resumen las observaciones cualitativas realizadas durante las visitas.

Tabla LXXXVIII. **Evaluación de equipos de las prácticas de laboratorio**

<b>Factor evaluación</b>	<b>Equipo/práctica</b>
Condiciones generales del equipo	(Estado del equipo general)
Volumen de agua requerido para su uso	(alto, medio, bajo)
Tanque de almacenamiento de agua	(SI, NO)
Fugas de agua en el sistema y equipos	(SI, NO)
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	(SI, NO)

Fuente: elaboración propia.

Se identificaron 8 prácticas de dos cursos en LOPU:

- Cavitación
- Destilación
- Intercambiador de tubos concéntricos
- Intercambiador de concha y tubo
- Torre de enfriamiento
- Caldera
- Caídas de presión
- Bomba centrífuga

En la siguiente tabla se presenta la evaluación realizada en este laboratorio.

Tabla LXXXIX. **Evaluación de equipos de LOPU**

<b>Factor evaluado</b>	<b>Cavitación</b>
Condiciones generales del equipo	buena presentación, sencillo, buen estado.
Volumen de agua requerido para su uso	bajo
Tanque de almacenamiento de agua	no
Fugas de agua en el sistema y equipos	sí
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	no
<b>Factor evaluado</b>	<b>Destilación</b>
Condiciones generales del equipo	buen estado; aunque antiguo
Volumen de agua requerido para su uso	medio
Tanque de almacenamiento de agua	sí
Fugas de agua en el sistema y equipos	no
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	sí
<b>Factor evaluado</b>	<b>Intercambiador de tubos concéntricos</b>
Condiciones generales del equipo	buen estado
Volumen de agua requerido para su uso	medio
Tanque de almacenamiento de agua	no
Fugas de agua en el sistema y equipos	sí
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	sí

Continuación de la tabla LXXXIX.

<b>Factor evaluado</b>	<b>Intercambiador de concha y tubo</b>
Condiciones generales del equipo	buen estado
Volumen de agua requerido para su uso	alto
Tanque de almacenamiento de agua	no
Fugas de agua en el sistema y equipos	no
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	sí
<b>Factor evaluado</b>	<b>Torre de enfriamiento</b>
Condiciones generales del equipo	falta mantenimiento
Volumen de agua requerido para su uso	alto
Tanque de almacenamiento de agua	sí
Fugas de agua en el sistema y equipos	sí
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	no
<b>Factor evaluado</b>	<b>Caldera</b>
Condiciones generales del equipo	falta mantenimiento, espacio para su instalación
Volumen de agua requerido para su uso	alto
Tanque de almacenamiento de agua	no
Fugas de agua en el sistema y equipos	no
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	sí
<b>Factor evaluado</b>	<b>Caídas de presión</b>
Condiciones generales del equipo	buen estado
Volumen de agua requerido para su uso	bajo
Tanque de almacenamiento de agua	sí
Fugas de agua en el sistema y equipos	no
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	sí
<b>Factor evaluado</b>	<b>Bomba centrífuga</b>
Condiciones generales del equipo	falta mantenimiento
Volumen de agua requerido para su uso	bajo
Tanque de almacenamiento de agua	sí
Fugas de agua en el sistema y equipos	sí
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	sí

Fuente: elaboración propia.

Las prácticas identificadas para el Laboratorio de Mecánica de Fluidos son cuatro:

- Empuje y estabilidad
- Comprobación teorema de Bernoulli
- Vertederos
- Pérdida de energía por fricción y factor de pérdidas

En la siguiente tabla se presenta la evaluación de los equipos de las prácticas de este laboratorio.

Tabla XC. **Evaluación de equipos de las prácticas del Laboratorio de Hidráulica**

<b>Factor evaluado</b>	<b>Empuje y estabilidad</b>
Condiciones generales del equipo	falta mantenimiento
Volumen de agua requerido para su uso	bajo
Tanque de almacenamiento de agua	sí
Fugas de agua en el sistema y equipos	sí
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	no
<b>Factor evaluado</b>	<b>Comprobación teorema de Bernoulli</b>
Condiciones generales del equipo	buen estado
Volumen de agua requerido para su uso	bajo
Tanque de almacenamiento de agua	sí
Fugas de agua en el sistema y equipos	sí
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	sí
<b>Factor evaluado</b>	<b>Vertederos</b>
Condiciones generales del equipo	falta mantenimiento
Volumen de agua requerido para su uso	alto
Tanque de almacenamiento de agua	sí
Fugas de agua en el sistema y equipos	sí
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	sí

Continuación de la tabla XC.

Factor evaluado	Pérdidas de energía por fricción y factor de pérdidas
Condiciones generales del equipo	falta mantenimiento, mayor espacio
Volumen de agua requerido para su uso	alto
Tanque de almacenamiento de agua	sí
Fugas de agua en el sistema y equipos	no
Equipo de medición de consumo o flujo de agua	sí

Fuente: elaboración propia.

- Consumo de agua actual en las prácticas de los laboratorios

En las visitas a los laboratorios y la evaluación de las prácticas se logró determinar, en conjunto con los auxiliares del laboratorio, el consumo de agua que se tiene por práctica. Estos se detallan a continuación, así como la reutilización o recirculación.

Tabla XCI. **Consumo de agua actual en las prácticas de LOPU**

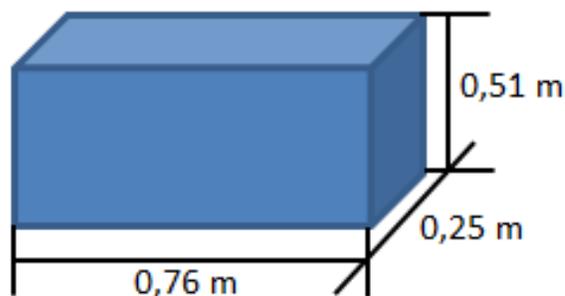
Práctica	Cantidad por semestre	Consumo por práctica (m <sup>3</sup> agua)	Reutiliza o recircula	Consumo total al semestre (m <sup>3</sup> agua)
Cavitación	15	0,02	no	0,30
Destilación	12	0,05	sí	0,60
Intercambiador de calor tubos concéntricos	15	0,02	no	0,36
Intercambiador de concha y tubos	15	0,02	no	0,36
Torre de enfriamiento	12	5	sí /por semana	5
Caldera	15	8	no	216
Caídas de presión	15	0,25	sí / 2 veces	0,50
Bomba centrífuga	15	0,25	sí / 2 veces	0,50

Fuente: elaboración propia.

Para el Laboratorio de Mecánica de Fluidos fue necesario calcular el volumen de los recipientes y tanques donde es contenida el agua, ya que en todas las prácticas se reutiliza y se cambia en un periodo de dos semanas, para evitar la proliferación de insectos.

- Empuje y estabilidad: el tanque donde se almacena el agua es un prisma cuadrangular, con dimensiones como se muestra en la figura siguiente.

Figura 70. **Tanque almacenamiento de agua para práctica de empuje y estabilidad**



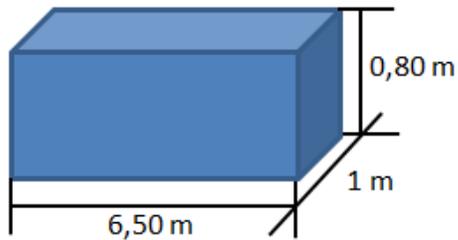
Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

- Comprobación teorema de Bernoulli: el sistema presenta una correlación en donde la altura del tanque indica el volumen en litros que se utiliza.

$$\text{Consumo (L)} = 65 * 6 = 390 \text{ L} = 0,39 \text{ m}^3$$

- Vertederos: también el tanque de almacenamiento es un prisma y las dimensiones que representa el volumen ocupado por el agua se muestran en la siguiente figura.

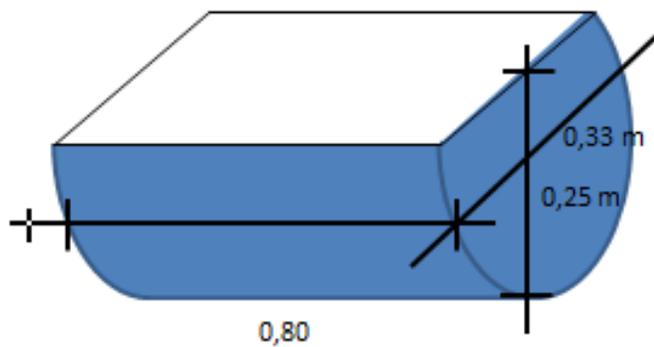
Figura 71. **Tanque almacenamiento de agua para práctica de vertederos**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

- Pérdidas de energía por fricción: también presentaba su propio tanque de almacenamiento de agua que tenía las dimensiones como se muestra en la figura 72.

Figura 72. **Tanque almacenamiento de agua para práctica pérdidas de energía por fricción**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft Word 2010.

Por ende, el consumo de agua en este laboratorio en un semestre se presenta en la siguiente tabla.

Tabla XCII. **Consumo de agua actual en las prácticas del Laboratorio de Mecánica de Fluidos**

Práctica	Cantidad por semestre	Consumo por práctica (m <sup>3</sup> agua)	Reutiliza o recircula	Consumo total al semestre (m <sup>3</sup> agua)
Empuje y estabilidad	60	0,10	si/2 semanas	0,50
Bernoulli	60	0,39	si/2 semanas	1,95
Vertederos	60	5,2	si/2 semanas	26
Pérdidas por fricción	60	0,06	si/2 semanas	0,30

Fuente: elaboración propia.

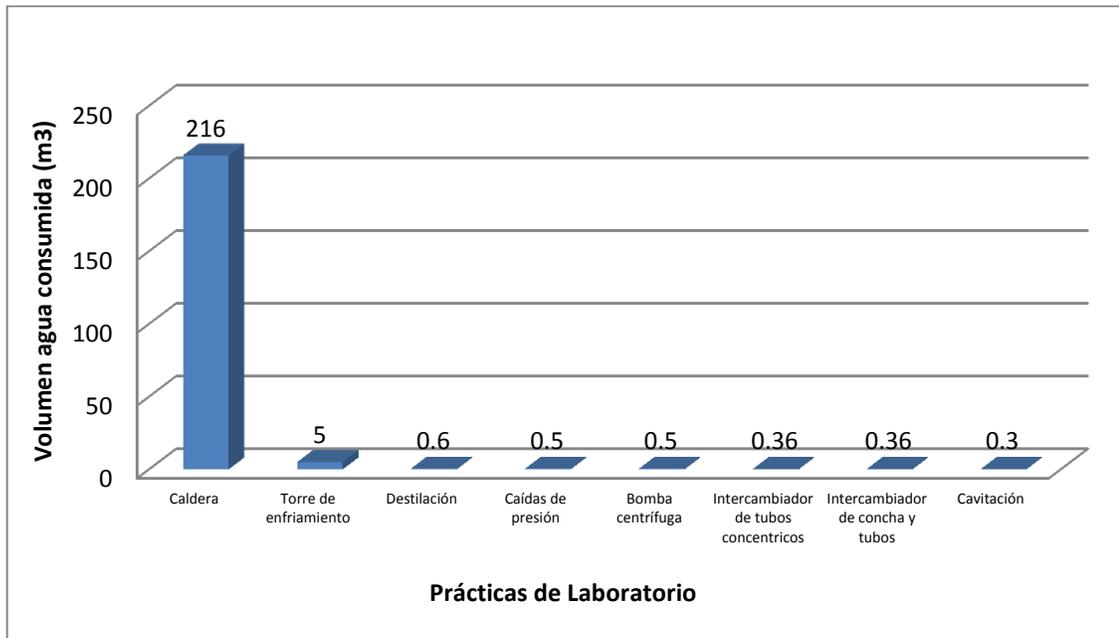
### 3.2. Oportunidades de mejora

Para identificar las fuentes de mayor consumo de agua en las prácticas de los laboratorios se estimaron los consumos de agua utilizada en el semestre y se evaluaron las condiciones en las que se encontraban.

Se observa que en el LOPU, el consumo mayor es en la caldera. Esto se debe a que se utiliza vapor en muchas de las prácticas que es proveído desde la caldera. Se estimó que 215 m<sup>3</sup> de agua son utilizados en las prácticas de todo el semestre, la caldera debe ser la fuente de vapor para los equipos de las prácticas del laboratorio.

A continuación se presentan dos gráficas donde se muestran las prácticas con mayor consumo.

Figura 73. **Consumo de agua en prácticas del Laboratorio de Operaciones Unitarias**



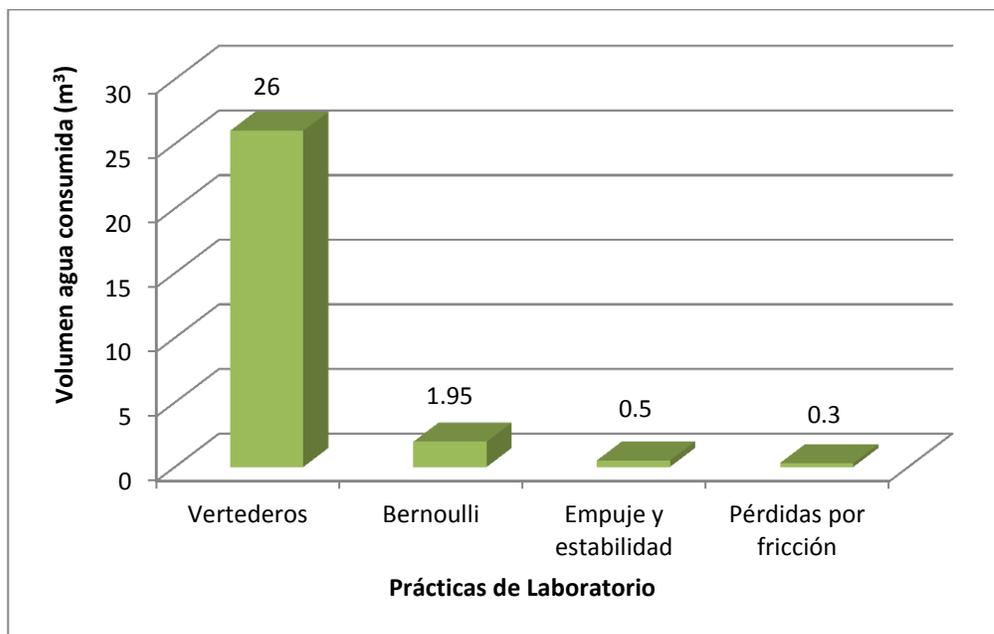
Fuente: elaboración propia.

Una de las fuentes de mejora que se identificaron en la caldera fue el desperdicio de vapor. Se observó, en una de las visitas, que para la estabilización del sistema o la purga se libera vapor sin control, lo que representa consumo de agua innecesario. Además, se observó que todos los equipos en donde se condensa el vapor o se libera no recupera ni recircula el agua hacia el sistema.

La segunda práctica con mayor consumo es la de torre de enfriamiento. Se observa que a pesar de recircular y reutilizar el agua dentro del mismo sistema, se tiene un total estimado de 5 m<sup>3</sup> de agua. Datos de los laboratoristas indican que el agua es cambiada cada dos semanas para evitar el nacimiento de insectos o la proliferación de plagas.

Se verifica que el resto de prácticas consumen una cantidad de agua similar entre el rango de  $0,3 \text{ m}^3$  hasta  $0,6 \text{ m}^3$ . Esto nos indica que a pesar que son consumos puntuales al irse acumulando se magnifican. El total de todas estas prácticas es de  $7,62 \text{ m}^3$  de agua, cantidad mayor a la consumida por la segunda práctica. Ya con estos parámetros se pueden identificar oportunidades de mejora y analizarlas para establecerlas.

Figura 74. **Consumo agua en prácticas del Laboratorio de Mecánica Fluidos**



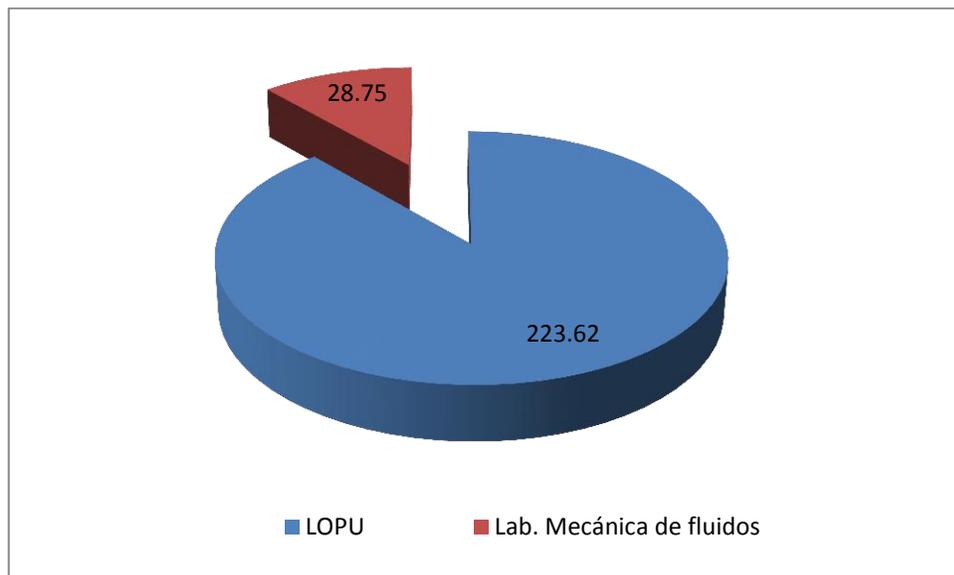
Fuente: elaboración propia.

En este laboratorio se observó y estimó que el mayor consumo de agua es producido en la práctica de Vertederos. Se consumen  $26 \text{ m}^3$  de agua. Las características físicas del equipo y sus dimensiones requieren el uso de un volumen alto de agua, para realizar y estudiar los diferentes fenómenos. Además, se observó que existen diferentes puntos en donde se requiere un

mantenimiento o bien la modificación de su infraestructura para reducir las pérdidas por fugas.

Las otras tres prácticas que se evaluaron consumen 2,75 m<sup>3</sup> de agua al semestre. Se observó una planificación, o un intento de reducir el consumo de agua en todas las prácticas, ya que cada una posee una estrategia de utilizar el agua en un factor de tiempo. Se realiza un cambio esporádico cada dos semanas.

Figura 75. **Comparación consumo de agua por laboratorio en metros cúbicos**



Fuente: elaboración propia.

La figura 75 muestra que el Laboratorio de Mecánica de Fluidos consume aproximadamente un décimo de la cantidad de agua consumida en LOPU.

Debido a que la demanda de vapor es alta en la caldera, ya que alimenta a todos los equipos, se incrementa el consumo de agua en este laboratorio. A pesar de que se utiliza la caldera para una práctica en específico, su función es proveer de vapor a todos los equipos que así lo requieran, por ello el aumento en el consumo de agua.

En la práctica de vertederos el volumen de agua requerido es muy alto, debido a que los equipos instalados son de alta capacidad. El objetivo es mostrar el comportamiento del agua y en el funcionamiento de los equipos la demanda de agua, para cumplir, es alta.

Es realmente importante que se involucren los catedráticos y profesionales, ya que al controlar y dirigir cada uno de los proyectos, deben adecuarse a especificaciones requeridas. Además, deben orientar y exigir en sus contenidos que el agua a utilizar sea reducida.

### **3.3. Alternativas de mejora**

De acuerdo al diagnóstico realizado y a la evaluación de las oportunidades de reducción del consumo de agua, se proponen los siguientes proyectos para que sean ejecutados en la propuesta de plan de reducción de consumo de agua. Los mismos pueden ser tomados como trabajos de graduación o prácticas finales de los estudiantes de las diferentes carreras de Ingeniería.

Tabla XCIII. **Alternativas de reducción identificadas**

<b>Alternativa de mejora (Proyectos)</b>	<b>Objetivos</b>
Diseño de prácticas de laboratorio estandarizando volúmenes de agua consumidos en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Limita el consumo de agua por práctica.</li> <li>2. El estudiante continúa diseñando las prácticas enfocado en la eficiencia del consumo de agua.</li> <li>3. Se reduce el consumo de agua.</li> <li>4. Control sobre el consumo de agua requerido.</li> </ol>
Evaluación de requerimientos de vapor por práctica del Laboratorio de Operaciones Unitarias.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocer el vapor requerido con respecto de cada práctica.</li> <li>2. Cuantificar el vapor requerido por día de laboratorio.</li> <li>3. Garantizar el funcionamiento de la caldera por el tiempo requerido para la producción del vapor demandado.</li> </ol>
Diseñar sistemas de recirculación de agua en los equipos de las prácticas que no lo poseen del Laboratorio de Operaciones Unitarias.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducir el consumo de agua.</li> <li>2. Reutilizar el agua.</li> <li>3. Crear un sistema cerrado de consumo de agua.</li> </ol>
Mantenimiento preventivo y correctivo en los equipos de las prácticas del Laboratorio de Operaciones Unitarias.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducir consumo de agua generado por falta de mantenimiento a los equipos.</li> <li>2. Eliminar fugas y rebases de agua por diseño inadecuado de los sistemas evaluados.</li> </ol>
Estandarización de consumo de agua en las prácticas del Laboratorio de Mecánica de Fluidos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Estandarizar cantidad de agua utilizada por práctica.</li> <li>2. Reducir el consumo de agua en el laboratorio.</li> <li>3. Aprovechar los recursos con el menor consumo posible.</li> </ol>
Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos e instalaciones de las prácticas del Laboratorio de Mecánica de Fluidos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reducir fugas de agua.</li> <li>2. Reducir consumo de agua provocado por rebalse del nivel de agua con respecto del nivel de la infraestructura de la práctica.</li> </ol>

Continuación de la tabla XCIII.

<p>Evaluación del funcionamiento de los equipos instalados en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evaluar condiciones de operación de los equipos del laboratorio.</li> <li>2. Evaluar la posibilidad de graduar los equipos para utilizarlos con un consumo menor de agua.</li> <li>3. Evaluar el estado de los equipos.</li> </ol>
<p>Evaluación de prácticas actuales del Laboratorio de Operaciones Unitarias y del Laboratorio de Mecánica de Fluidos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rediseñar prácticas de laboratorio.</li> <li>2. Reducir el consumo de agua.</li> <li>3. Implementar el ciclo de Deming para el mejoramiento de las prácticas de laboratorio.</li> <li>4. Establecer planes de mejora de los laboratorios.</li> </ol>
<p>Cuantificación de consumo de agua a través de la instalación de contadores de agua en los laboratorios.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cuantificar el consumo de agua por práctica realizada.</li> <li>2. Establecer una línea base del consumo de agua.</li> <li>3. Registrar el consumo de agua por equipo de trabajo.</li> </ol>
<p>Caracterización y tratamiento del agua recirculada.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evitar la contaminación del agua.</li> <li>2. Mantener las condiciones del agua apta para su reutilización en las prácticas de laboratorio.</li> <li>3. Reducir el consumo de agua al evitar el cambio de agua cada cierto periodo de tiempo.</li> </ol>

Fuente: elaboración propia.

### **3.4. Propuesta del plan de reducción del consumo de agua**

Busca establecer estrategias y proyectos que puedan ejecutarse en los Laboratorios de Operaciones Unitarias y de Mecánica de Fluidos para reducir el consumo de agua y aprovechar de una forma eficiente este recurso.

Se integró toda la información recopilada, las mejoras identificadas y las alternativas planteadas, y de esa forma se preparó esta propuesta en el Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Escuela de Ingeniería Química y el Laboratorio de Mecánica de Fluidos de la Escuela de Ingeniería Civil.

La propuesta está integrada por dos grandes estrategias las cuales son:

- Proyectos orientados a la reducción del consumo de agua
- Campaña de sensibilización para la reducción del consumo de agua
- Proyectos orientados a la reducción del consumo de agua

Como se identificó, en el apartado de Alternativas de mejora se establecieron diez propuestas de proyectos, que podrían ejecutarse dentro de los programas de trabajos de graduación y/o prácticas finales de los estudiantes de las carreras afines.

A continuación se describen los proyectos con respecto de diferentes características.

- Número del proyecto
- Nombre del proyecto propuesto
- Carrera de Ingeniería aplicada
- Duración propuesta del proyecto
- Categoría o programa aplicado
- Resultado esperado

Tabla XCIV. **Proyectos propuestos**

<b>Núm.</b>	<b>Nombre</b>	<b>Carrera afín</b>	<b>Duración propuesta</b>	<b>Programa aplicado</b>	<b>Resultado esperado</b>
1	Diseño de prácticas de laboratorio estandarizando volúmenes de agua consumidos en el Laboratorio de Operaciones Unitarias	Ingeniería Química	6 meses	Trabajo de graduación	Propuesta de prácticas de laboratorio con el consumo óptimo de agua.
2	Evaluación de requerimientos de vapor por práctica del Laboratorio de Operaciones Unitarias	Ingeniería Química, Mecánica o Mecánica Industrial	6 meses	Programa de Prácticas Finales	Informe de requerimientos de vapor por práctica del Laboratorio de Operaciones Unitarias.
3	Diseñar sistemas de recirculación de agua en los equipos de las prácticas que no lo poseen del Laboratorio de Operaciones Unitarias	Ingeniería Civil	3 meses	Trabajo de graduación	Propuesta del diseño de sistema de recirculación de agua en el Laboratorio de Operaciones Unitarias.

Continuación de la tabla XCIV.

4	Mantenimiento preventivo y correctivo en los equipos de las prácticas del Laboratorio de Operaciones Unitarias.	Ingeniería Mecánica, Mecánica Industrial, Industrial o Química	6 meses	Programa de prácticas finales	Propuesta de plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos del Laboratorio de Operaciones Unitarias.
5	Estandarización de consumo de agua en las prácticas del Laboratorio de Mecánica de Fluidos.	Ingeniería Civil, Industrial	6 meses	Programa de prácticas finales	Informe de consumo de agua requerido por práctica del Laboratorio de Mecánica de Fluidos.
6	Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos e instalaciones de las prácticas del Laboratorio de Mecánica de Fluidos	Ingeniería Mecánica, Mecánica Industrial, Industrial o Química	6 meses	Programa de prácticas finales	Propuesta de plan de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Fluidos.
7	Evaluación del funcionamiento de los equipos instalados en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos	Ingeniería Mecánica, Mecánica Industrial	6 meses	Trabajo de graduación	Informe de evaluación de las condiciones de los equipos del Laboratorio de Mecánica de Fluidos.
8	Evaluación de prácticas actuales del Laboratorio de Operaciones Unitarias y del Laboratorio de Mecánica de Fluidos	Ingeniería Civil, Mecánica, Mecánica Industrial, Industrial o Química	6 meses	Programa de prácticas finales	Informe de la evaluación de las prácticas actuales de los laboratorios.

Continuación de la tabla XCIV.

9	Cuantificación de consumo de agua a través de la instalación de contadores de agua en los laboratorios	Ingeniería Civil, Industrial o Química	3 meses	Programa de prácticas finales	Informe de resultados de la cuantificación del agua consumida en los laboratorios.
10	Caracterización y tratamiento del agua recirculada.	Ingeniería Civil, Química	6 meses	Trabajo de graduación	Propuesta de caracterización y tratamiento de agua para su recirculación en los laboratorios.

Fuente: elaboración propia.

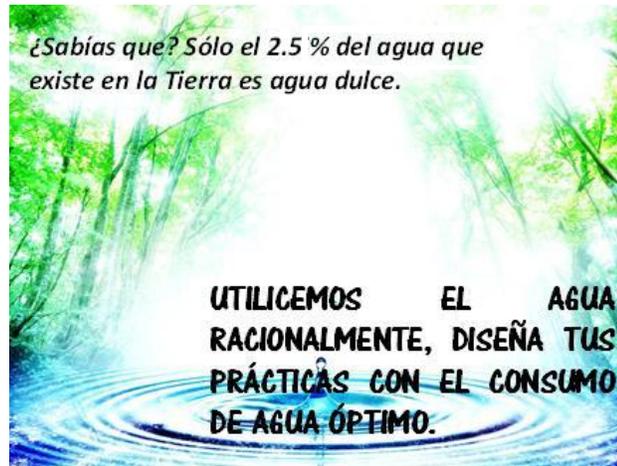
- Campaña de sensibilización para la reducción del consumo de agua

Dicha campaña busca crear conciencia en los estudiantes de los Laboratorios de Operaciones Unitarias y de Mecánica de Fluidos a través de una serie de afiches, donde se dan mensajes de concientización para el uso del agua. Estos se proponen para su ubicación en las áreas de docencia (teórico) y en las áreas experimentales los laboratorios.

En estos se presentarán las ideas fundamentales para reducir el consumo de agua en las prácticas de los laboratorios:

- Diseño de las prácticas para reducir el consumo de agua
- Apagar el grifo
- Evitar la contaminación del agua para que pueda ser reutilizada
- Reportar cualquier fuga identificada para su reparación

Figura 76. **Afiche 1: Optimiza el uso del agua**



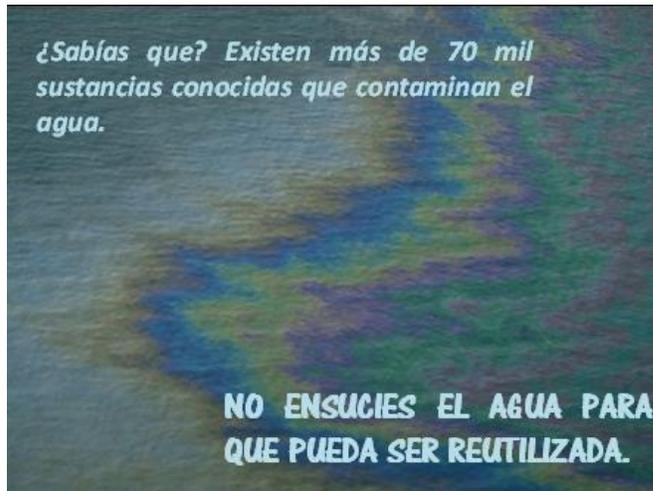
Fuente: elaboración propia, con Microsoft PowerPoint 2010.

Figura 77. **Afiche 2: Apaga el grifo**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft PowerPoint 2010.

Figura 78. **Afiche 3: No contamines el agua**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft PowerPoint 2010.

Figura 79. **Afiche 4: Reporta las fugas**



Fuente: elaboración propia, con Microsoft PowerPoint 2010.

### 3.5. Costos de la propuesta

Los costos estarían dirigidos a la campaña de sensibilización, ya que los proyectos identificados deberán ser formulados y preparados antes de ser ejecutados. Como se determinó anteriormente, los costos de impresión por afiche a colores es de Q 8,00 y la colocación de plástico para su cuidado es de Q 15,00 por afiche.

Tabla XCV. Costos de la propuesta

<b>Renglón</b>	<b>Costo (Q)</b>
Campaña de sensibilización (4 afiches/laboratorio y renovación trimestral)	736,00
<b>TOTAL</b>	<b>736,00</b>

Fuente: elaboración propia.



## **4. FASE DE DOCENCIA. PLAN DE CAPACITACIÓN**

Es una propuesta en donde se incluye todas las estrategias, ideas y proyecto que pueden utilizarse de manera que toda la población de la FIUSAC, este integrada y conozca acerca del tema del efecto invernadero y de su cuantificación.

### **4.1. Diagnóstico de necesidades de capacitación**

Para realizar el diagnóstico se realizaron diferentes actividades, las cuales están descritas en los siguientes apartados.

- Evaluación de los contenidos en cursos de la FIUSAC

Se realizaron evaluaciones en los contenidos de los cursos de Ecología y de Química Ambiental. Se observó que no se incluye el tema de calentamiento global y efecto invernadero a nivel de su cuantificación, únicamente principios e información teórica de estos.

En los grupos de discusión se propuso incluir presentaciones acerca de la metodología de cuantificación que se utilizó en este proyecto, así como los resultados obtenidos.

- Diseño de la encuesta acerca del fenómeno de efecto invernadero con enfoque a los estudiantes, trabajadores y docentes de la Facultad de Ingeniería de la USAC
  - Encuesta exploratoria

El fenómeno de estudio en este proyecto son las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en la FIUSAC. Al investigar y recabar información para la formulación de este trabajo, se determinó que no existen estudios previos donde se haya tocado este tema.

Por ello, se seleccionó una encuesta exploratoria para identificar el nivel de conocimiento de la población de la Facultad acerca de este fenómeno, a nivel general, su impacto y su mitigación.

- Variables analíticas

Las variables elegidas para la elaboración y diseño de la encuesta permitirán establecer el grado de conocimiento que se tiene acerca de las emisiones de gases de efecto invernadero.

- Impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero, calentamiento global
- Causas del efecto invernadero, gases de efecto invernadero
- Causas de las emisiones generadas, actividades según su alcance

Sobre dichas variables se formularon las preguntas, de forma clara, concreta y sencilla para lograr resultados cuantificables.

- Estructura de la encuesta

Se seleccionó el tipo de preguntas a incluir en la encuesta como preguntas cerradas dicotómicas, es decir, dos únicas respuestas, Sí y No. De esta forma, se logrará concretar si el encuestado tiene conocimientos en el tema y cuantificar el porcentaje de la muestra representativa que lo conoce.

- Encuesta acerca del fenómeno de efecto invernadero

Se formularon seis preguntas cerradas, y se diseñó un formato propio de la encuesta en donde se incluye el nombre del proyecto elaborado y por quién se está ejecutando. La encuesta se observa en la figura 80.

Figura 80. **Encuesta acerca del fenómeno de efecto invernadero**

	<b>ELABORACIÓN DEL PLAN DE MITIGACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA, USAC</b>																						
<b>ENCUESTA EFECTO INVERNADERO</b>																							
Marque con una X la respuesta correspondiente.																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="423 1402 1170 1430">PREGUNTA</th> <th data-bbox="1170 1402 1235 1430">SI</th> <th data-bbox="1235 1402 1307 1430">NO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="423 1430 1170 1457">1. ¿Ha escuchado acerca del fenómeno de calentamiento global?</td> <td data-bbox="1170 1430 1235 1457"></td> <td data-bbox="1235 1430 1307 1457"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="423 1457 1170 1484">2. ¿Sabe en qué consiste el calentamiento global?</td> <td data-bbox="1170 1457 1235 1484"></td> <td data-bbox="1235 1457 1307 1484"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="423 1484 1170 1512">3. ¿Sabe qué es el efecto invernadero?</td> <td data-bbox="1170 1484 1235 1512"></td> <td data-bbox="1235 1484 1307 1512"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="423 1512 1170 1539">4. ¿Conoce cuáles son los gases de efecto invernadero?</td> <td data-bbox="1170 1512 1235 1539"></td> <td data-bbox="1235 1512 1307 1539"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="423 1539 1170 1566">5. ¿Identifica qué actividades generan los gases de efecto invernadero?</td> <td data-bbox="1170 1539 1235 1566"></td> <td data-bbox="1235 1539 1307 1566"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="423 1566 1170 1612">6. ¿Cree usted que sus actividades administrativas, docentes y/o estudiantiles dentro de la Facultad de Ingeniería generan gases de efecto invernadero?</td> <td data-bbox="1170 1566 1235 1612"></td> <td data-bbox="1235 1566 1307 1612"></td> </tr> </tbody> </table>	PREGUNTA	SI	NO	1. ¿Ha escuchado acerca del fenómeno de calentamiento global?			2. ¿Sabe en qué consiste el calentamiento global?			3. ¿Sabe qué es el efecto invernadero?			4. ¿Conoce cuáles son los gases de efecto invernadero?			5. ¿Identifica qué actividades generan los gases de efecto invernadero?			6. ¿Cree usted que sus actividades administrativas, docentes y/o estudiantiles dentro de la Facultad de Ingeniería generan gases de efecto invernadero?				
PREGUNTA	SI	NO																					
1. ¿Ha escuchado acerca del fenómeno de calentamiento global?																							
2. ¿Sabe en qué consiste el calentamiento global?																							
3. ¿Sabe qué es el efecto invernadero?																							
4. ¿Conoce cuáles son los gases de efecto invernadero?																							
5. ¿Identifica qué actividades generan los gases de efecto invernadero?																							
6. ¿Cree usted que sus actividades administrativas, docentes y/o estudiantiles dentro de la Facultad de Ingeniería generan gases de efecto invernadero?																							
Responda brevemente. Zona donde reside: Medio de transporte utilizado para asistir a la FIUSAC:																							
Firma Usuario	Elaborado por: Héctor Méndez	Programa de EPS																					

Fuente: elaboración propia.

- Muestreo

Para determinar el tamaño de la muestra y así tener una representación significativa del conocimiento en el tema, se utilizó como base el cuadro de Inscripción de Estudiantes de la Facultad de Ingeniería en el año 2010. Se calculó y estimó el tamaño de la población de la FIUSAC, se muestra en la tabla XCVI.

Tabla XCVI. **Estimación de la población de la FIUSAC**

<b>Población</b>	<b>Cantidad</b>
Estudiantes	12 680
Personal administrativo	250
Personal docente	250
<b>TOTAL</b>	<b>13 180</b>

Fuente: elaboración propia.

Se optó por un muestreo aleatorio, en donde, se encuestaron estudiantes de diferentes niveles en la FIUSAC. El curso de Ecología apoyó permitiendo que las encuestas se efectuaran en sus secciones. Se calculó que el tamaño de la muestra y se utilizó la ecuación siguiente.

Figura 81. **Ecuación para la estimación de la muestra a encuestar**

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{e^2 (N - 1) + Z^2 \sigma^2}$$

Fuente: elaboración propia.

Donde

n: tamaño de la muestra

Z: constantes para un valor de confianza del 95 %

$\sigma$ : desviación estándar

N: tamaño de la población

e: límite aceptable del error muestral

Para este proyecto entonces, las variables obtendrían los valores siguientes.

Tabla XCVII. **Variables estimación tamaño de la muestra**

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>
Z	1,96
$\sigma$	0,5 (valor referido)
N	13 180
e	5 %

Fuente: elaboración propia.

Entonces,

$$n = (1,96^2 \times 0,5^2 \times 13\ 180) / [(13\ 179 \times 0,05^2) \times (1,96^2 \times 0,05)]$$

$$n = 373,31 = 374$$

Con respecto de dicha ecuación se obtuvo que el tamaño de la muestra tuviera que ser de 374 personas, incluyendo a toda la población de la FIUSAC.

- Resultados del diagnóstico

Se realizaron 375 encuestas y se incluyó a toda la población de la FIUSAC. Los resultados y análisis se presentan a continuación, en la siguiente tabla.

Tabla XCVIII. **Resumen de respuestas de la encuesta acerca del fenómeno de efecto invernadero**

Respuesta	PREGUNTA					
	1	2	3	4	5	6
<b>SI</b>	375	356	325	265	251	207
<b>NO</b>	0	19	50	110	124	168

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el análisis de los resultados.

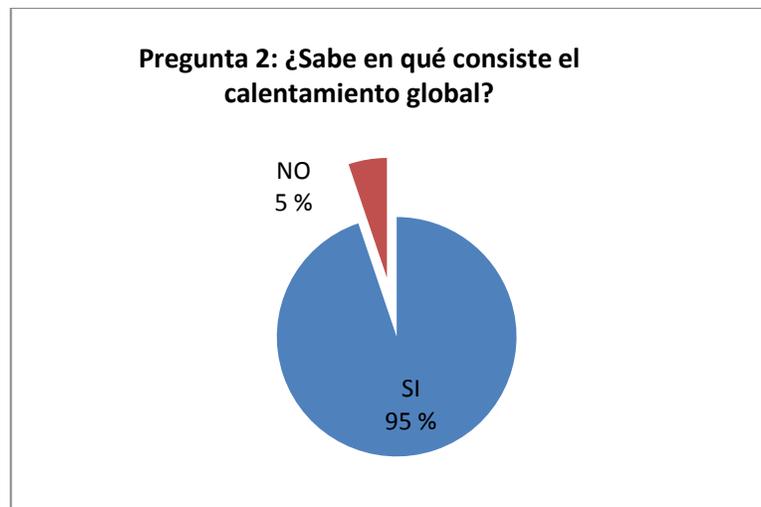
Figura 82. **Porcentaje respuesta pregunta 1**



Fuente: elaboración propia.

Se observa que el 100 % de la muestra ha escuchado hablar del fenómeno de calentamiento global. Se sabe que este tema ha sido bastante difundido en los medios de comunicación. Esto es bueno debido a que se conoce el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero y esto beneficia en la integración de las actividades de mitigación.

Figura 83. **Porcentaje respuesta pregunta 2**



Fuente: elaboración propia.

En la gráfica anterior se comienza a observar que aunque el 100 % ha escuchado del calentamiento global no todos conocen el fenómeno. Este es un indicador que conforme las preguntas son más específicas, el porcentaje de respuestas afirmativas es menor.

Figura 84. **Porcentaje respuesta pregunta 3**



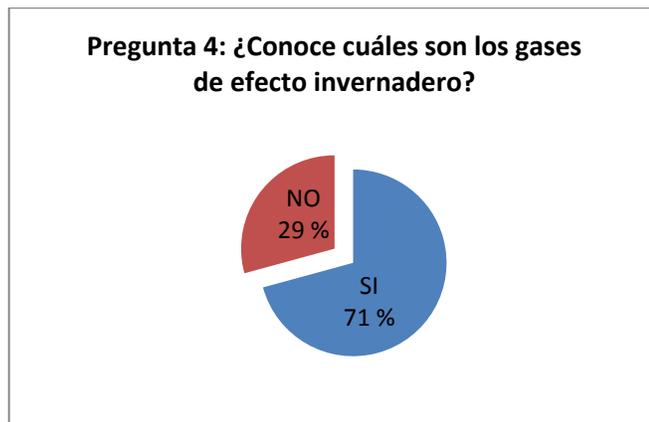
Fuente: elaboración propia.

Se observa en la figura anterior que el porcentaje de respuestas Sí ha disminuido. Esta pregunta es clave para el conocimiento del tema de calentamiento global en donde el efecto invernadero es la causa principal de este fenómeno. Entonces, se observa la tendencia esperada de necesidad de capacitación.

En la figura 85, se verifica que a pesar que conocen el efecto invernadero no conocen los gases que lo producen a mayor escala. Sigue la tendencia de que conforme las preguntas son más específicas se tiene menor conocimiento del tema. En esta del 87 % que conocen el efecto invernadero solo el 71 % saben qué tipo de gases lo causan.

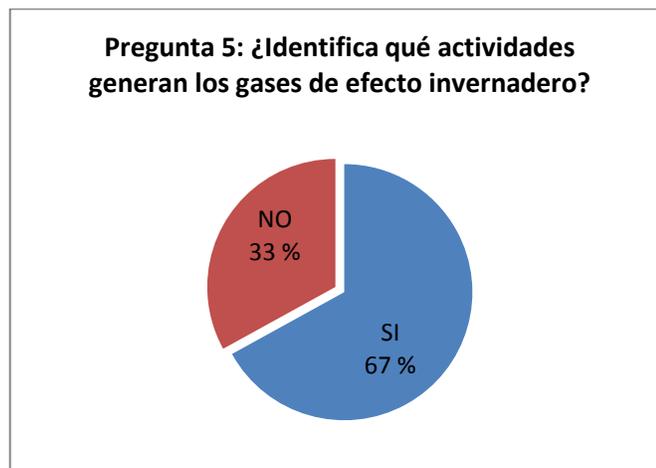
Es importante saber qué tipo de gases causan este efecto para identificar las actividades donde se produce y así tomar medidas de mitigación para reducir las emisiones generadas.

Figura 85. **Porcentaje respuesta pregunta 4**



Fuente: elaboración propia.

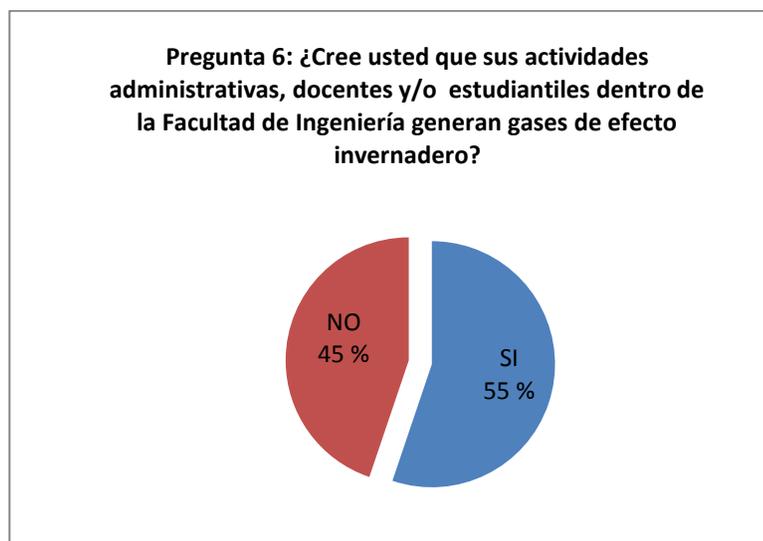
Figura 86. **Porcentaje respuesta pregunta 5**



Fuente: elaboración propia.

A pesar que se conoce el calentamiento global y el efecto invernadero en porcentaje, no se conocen ni los gases que lo causan ni las actividades que generan las emisiones, con ello, se necesitan capacitaciones a toda la población de la FIUSAC.

Figura 87. **Porcentaje respuesta pregunta 6**



Fuente: elaboración propia.

Esta pregunta era la única que tenía solo una posible respuesta correcta y se observa que es la que menor porcentaje de respuestas afirmativas posee. Únicamente el 55 % de la muestra respondió que sí se generan emisiones en las actividades de la FIUSAC, el otro 45 % lo negó.

Al analizar y observar que conforme se fueron preguntando temas más específicos, se tenían menos conocimiento. Esto nos indica que es necesario reforzar todos los temas desde las causas del efecto invernadero hasta sus

impactos. Con esto, se confirma la necesidad de las campañas de capacitación, concientización y publicidad.

#### **4.2. Planificación de capacitación**

Como se concluyó en el diagnóstico de esta etapa, la necesidad de capacitar a la población de la Facultad existe, ya que únicamente se conoce el tema de forma superficial. Es por ello que la capacitación se enfocó en preparar a un equipo de trabajo para que sean capaces, a lo largo de la ejecución del proyecto, de orientar e introducir los temas en toda la población administrativa y estudiantil.

- **Objetivos de capacitación**
  - Capacitar a un equipo de cuatro personas del Laboratorio de Análisis Físicoquímicos (LAFIQ) del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII).
  - Elaborar cuatro presentaciones de capacitación en los temas de efecto invernadero, cuantificación y mitigación con enfoque a la FIUSAC.
  - Desarrollar las estrategias de capacitación para el equipo del Laboratorio de Análisis Físicoquímicos del CII.
  
- **Estrategias de capacitación**

La capacitación de este proyecto se enfocó en el equipo de trabajo del LAFIQ, el cual está conformado por estudiantes de la carrera de Ingeniería

Química, de tercero, cuarto y quinto año. De acuerdo a este avance se consideró que era apropiado capacitarlos en todo el proceso de cuantificación y mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El objetivo principal de esta actividad fue capacitar a un grupo de estudiantes con capacidades y habilidades de transmitir y enseñar las distintas etapas por las que está conformada este proyecto, a las personas que integren la comisión encargada de darle el respectivo seguimiento, principalmente, la ejecución de la propuesta del Plan de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de la FIUSAC.

Se planificaron dos semanas de capacitación y para ello se utilizaron las siguientes estrategias y actividades. En la siguiente tabla se explican las actividades planificadas para la capacitación del equipo del LAFIQ.

Tabla XCIX. **Estrategias para Capacitación del Equipo de LAFIQ**

<b>Estrategia</b>	<b>Actividades</b>	<b>Recursos</b>
Capacitación del Fenómeno de Efecto Invernadero	Capacitación orientada a la explicación de los fundamentos teóricos de este fenómeno. Además se explicaron las causas principales, así como el impacto en el ambiente, el calentamiento global.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Monografía Efecto invernadero</li> <li>• Presentación Efecto invernadero de la campaña propuesta de capacitación de la FIUSAC.</li> </ul>
Capacitación de Normativas Internacionales Relacionadas	Esta capacitación se orientó en la presentación y explicación de todas las normativas utilizadas para la ejecución de este proyecto. La ISO 14064, PAS 2050 y el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resúmenes técnicos de la norma ISO 14064 y PAS 2050</li> <li>• Monografía del protocolo de gases de efecto invernadero</li> </ul>

Continuación de la tabla XCIX.

<b>Estrategia</b>	<b>Actividades</b>	<b>Recursos</b>
Capacitación de la cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC	Capacitación orientada a la descripción y explicación de la metodología que se utilizó para la cuantificación de las emisiones en la FIUSAC. Se capacitó también en la utilización de toda la documentación elaborada en este proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentación para la cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC.</li> <li>• Presentación Cuantificación de las emisiones de GEI de la campaña propuesta de capacitación para la FIUSAC</li> </ul>
Capacitación de emisiones de GEI de la FIUSAC	Esta capacitación se enfocó en mostrar la metodología de recolección de la información, métodos de cálculo y resultados que se obtuvieron en la cuantificación de las emisiones de la FIUSAC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fase de servicio técnico de este proyecto</li> <li>• Presentación Emisiones de GEI en la FIUSAC de la campaña propuesta de capacitación para la FIUSAC</li> </ul>
Capacitación del Plan de Mitigación Propuesto	Se orientó esta actividad en mostrar las propuestas que se incluyeron en el Plan de Mitigación, incluyendo la reducción del consumo de energía eléctrica y la creación de una cultura de reducción de emisiones de GEI.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación Reduzcamos nuestras emisiones de GEI en la FIUSAC</li> <li>• Campaña de concientización reduzcamos nuestras emisiones</li> <li>• Plan de mitigación de emisiones de GEI propuesto</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

○ Campaña de Capacitación

Las estrategias mencionadas anteriormente estarían condensadas en la campaña Reduzcamos nuestras emisiones de gases de efecto invernadero. La

cual estará compuesta por cuatro presentaciones a la población de la FIUSAC. Estas capacitaciones se enumeran a continuación.

- Capacitación Efecto invernadero con enfoque a toda la población de la FIUSAC.
  - Capacitación Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero con enfoque a equipo de seguimiento del proyecto.
  - Capacitación Emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC con enfoque a toda la población de la FIUSAC.
  - Capacitación Reduzcamos nuestras emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC con enfoque a toda la población de la FIUSAC.
- Campaña de Concientización

Reduzcamos nuestras emisiones es una campaña de comunicación en donde se espera crear una cultura preocupada por la reducción de las emisiones de la FIUSAC. En esta se busca utilizar los diversos medios de comunicación de la Facultad para lograr transmitir a la población mensajes y consejos de cómo pueden contribuir a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Como parte de esta fase se eligió el equipo de trabajo del Laboratorio de Análisis Físicoquímicos del Centro de Investigaciones de Ingeniería para su capacitación. Se les capacitó en todas las etapas de este proyecto, en la cuantificación y en las medidas de mitigación propuestas.

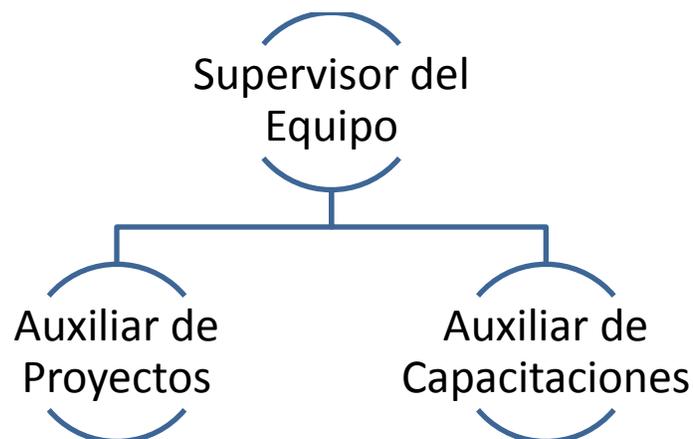
- Equipo para el seguimiento del proyecto

Como se observó existen diversas actividades que tienen que llevarse a cabo para darle el debido seguimiento a este proyecto, estas actividades se enumeran a continuación:

- Presentación de propuestas
- Cuantificación de emisiones de GEI
- Análisis de emisiones de GEI
- Informes de emisiones
- Capacitaciones

Para ello es necesario especificar un equipo de trabajo con atribuciones detalladas que se encarguen de las diversas actividades mencionadas. Se propone la creación de un equipo, o bien, integrarlo a las actividades de la Oficina de Sostenibilidad y Salud Ocupacional.

Figura 88. **Organigrama equipo de seguimiento del proyecto**



Fuente: elaboración propia.

Mediante el análisis de las actividades a realizar se hace necesario que el equipo este conformado por tres personas, se propone el organigrama mostrado en la figura 88.

En la tabla siguiente se especifica el perfil de cada uno de los puestos de equipo para el seguimiento del proyecto.

Figura 89. **Perfil de los puestos del equipo de seguimiento del proyecto**

<b>PUESTO</b>	<b>REQUISITOS</b>	<b>ATRIBUCIONES</b>
Supervisor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Profesor titular de la FIUSAC</li> <li>• Especialización en el área de Ambiente</li> <li>• Especialización en Proyectos</li> <li>• Experiencia en formulación y ejecución de proyectos</li> <li>• Fundamental experiencia en temas relacionados con el efecto invernadero y planes de mitigación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificar actividades de seguimiento del proyecto</li> <li>• Supervisar a los asistentes del equipo</li> <li>• Supervisar ejecución de actividades de seguimiento</li> <li>• Supervisar ejecución de proyectos</li> <li>• Supervisar el seguimiento al Plan de Mitigación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero</li> </ul>
Auxiliar de Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alumno de la carrera de Ingeniería Química o Ingeniería Industrial</li> <li>• 200 créditos aprobados</li> <li>• Interés en la formulación y ejecución de proyectos.</li> <li>• Iniciativa, liderazgo y responsabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulación de proyectos</li> <li>• Presentación de proyectos</li> <li>• Logística</li> <li>• Organización de proyectos</li> <li>• Ejecutar propuestas de seguimiento</li> <li>• Ejecutar la cuantificación de las emisiones de GEI</li> </ul>
Auxiliar de Capacitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alumno de la carrera de Ingeniería Química o Ingeniería Industrial</li> <li>• 200 créditos aprobados</li> <li>• Interés en la docencia y capacitación</li> <li>• Iniciativa, buen orador, liderazgo y responsabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificación de actividades de capacitación</li> <li>• Ejecución de actividades de capacitación</li> <li>• Organización de eventos</li> <li>• Ejecutar propuestas de seguimiento</li> <li>• Ejecutar cuantificación de emisiones de GEI</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

- Propuesta de campaña de capacitación Reduzcamos nuestras emisiones de gases de efecto invernadero

Es una propuesta que consiste en una serie de capacitaciones en los diferentes temas y etapas de la cuantificación y mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, estas se describen a continuación.

- Capacitación Efecto invernadero

Tiene un enfoque general, el objetivo sería realizar diferentes presentaciones según los grupos de interés de la Facultad. En la población estudiantil, el mayor interés estaría en los estudiantes de primer ingreso para que se familiaricen con el tema y lo incorporen desde el primer año de la carrera.

Esta capacitación consiste en una presentación Efecto invernadero en donde se explica este fenómeno. Se contactaría con un experto en el tema que pudiese dar a conocer el tema de forma que toda la población la entienda y con un lenguaje apropiado para evitar mostrar el tema de forma compleja. Esta sería la primera de las tres presentaciones que se realizarían para capacitar a la población de la FIUSAC. En la siguiente figura se adjuntan las diapositivas de la propuesta de la presentación elaborada.

Figura 90. Diapositivas capacitación Efecto invernadero

## Continuación de la figura 90.

**Cambio Climático Producido Por Los Gases De Efecto Invernadero**

En el tiempo actual, los cambios de temperatura se están originando por los cambios en el dióxido de carbono de la atmósfera. En los últimos 100 años, las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub> han aumentado en un 30 % debido a la combustión antropogénica de los combustibles fósiles.

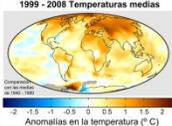


Este calentamiento no puede ser explicado por causas naturales: las mediciones de los satélites no muestran variaciones de entidad en la energía procedente del Sol en los últimos 30 años.

*"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO*

**Consecuencias del Cambio Climático**

En los próximos veinte años las proyecciones señalan un calentamiento de 0,2°C por decenio.



1999 - 2008 Temperaturas medias

Las proyecciones muestran la contracción de la superficie de hielos y de nieve. Esta contracción del manto de hielo producirá un aumento del nivel del mar de hasta 4-6 metros.



*"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO*

**Consecuencias del Cambio Climático**

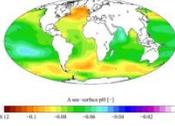
Habrà impactos en los ecosistemas de tundra, bosques boreales y regiones montañosas por su sensibilidad al incremento de temperatura; en los ecosistemas de tipo Mediterráneo por la disminución de lluvias; en aquellos bosques pluviales tropicales donde se reduzca la precipitación



*"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO*

**Consecuencias del Cambio Climático**

Disminuirán los recursos hídricos de regiones secas de latitudes medias y en los trópicos secos debido a las menores precipitaciones de lluvia.

La emisión de carbono antropogénico desde 1750 está acidificando el océano, cuyo pH ha disminuido 0,1. Las proyecciones estiman una reducción del pH del océano entre 0,14 y 0,35 en este siglo.

*"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO*

**Protocolo de KYOTO**

El Protocolo de Kioto sobre el cambio climático es un protocolo de la CMNUCC Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gas metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O), además de tres gases industriales fluorados: Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)



*"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO*

**Actividades que generan emisiones de Gases de Efecto Invernadero**

Las emisiones de gases de efecto invernadero se clasifican en directas e indirectas.

*Emisiones directas de GEI*

Las emisiones directas de GEI son principalmente resultado de los siguientes tipos de actividades:

- Generación de electricidad, calor o vapor. Estas emisiones resultan de la combustión de combustibles en fuentes fijas: calderas, hornos, turbinas, etc.
- Procesos físicos o químicos. La mayor parte de estas emisiones resultan de la manufactura o el procesamiento de químicos y materiales y el procesamiento de residuos.

*"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO*

Continuación de la figura 90.

 **FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala

**Alternativas de Mitigación**

- Conseguir más electricidad, medios de transporte y producción industrial con menos carbón, petróleo o gasolina es una solución que sólo presenta ventajas
- Implementar la eficiencia energética
- Aprovechar fuentes de energía renovables
- Planes y actividades de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero

"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

 **FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala



**El mundo esta en tus manos.....**

"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

Fuente: elaboración propia.

- **Capacitación Cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero**

Se enfoca en el equipo encargado para darle seguimiento a este proyecto. Se elaboró una línea base de las emisiones de GEI. Sin embargo, es necesario que se realice la cuantificación cada año de manera que se pueda comprobar si las alternativas de mitigación han sido efectivas.

Esta capacitación es exclusivamente para el equipo, ya que resultaría en información confusa e innecesaria para el resto de la población de la FIUSAC. Esta capacitación junto con el documento elaborado permitirá tener las herramientas necesarias para la cuantificación en los periodos siguientes. La presentación de esta capacitación se encuentra a continuación.

Figura 91. Diapositivas capacitación Cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero

**FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala

# CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI

"REDUZCAMOS NUESTRAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO"  
Campaña de Capacitación para la Reducción de Emisiones de GEI en la FIUSAC

**FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala

## Cuantificación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero

La cuantificación de las emisiones de GEI se basa y fundamenta en cinco principios estos son:

- CONSISTENCIA
- TRANSPARENCIA
- RELEVANCIA
- INTEGRIDAD
- PRECISIÓN

"Reduzcamos Nuestras Emisiones de GEI": CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI

**FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala

### Límites organizacionales

Las operaciones de las empresas varían tanto en su estructura legal como en su estructura organizacional; incluyen operaciones que son de su propiedad, alianzas incorporadas y no incorporadas, subsidiarias y otras modalidades.

Para reportes corporativos es posible utilizar dos enfoques distintos orientados a consolidar las emisiones de GEI:

Participación accionaria  
Enfoques de control

Las empresas deben contabilizar y reportar sus datos consolidados de GEI, en términos del enfoque elegido. Si la empresa que reporta es **propietaria absoluta** de todas sus operaciones, su **límite organizacional** será el mismo, independientemente del enfoque que se utilice.

"Reduzcamos Nuestras Emisiones de GEI": CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI

**FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala

### LÍMITES OPERACIONALES

Esto involucra identificar emisiones asociadas a sus operaciones clasificándolas como emisiones directas o indirectas, y seleccionar el alcance de contabilidad y reporte para las emisiones directas.

Las emisiones directas de GEI son emisiones de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa.

Las emisiones indirectas de GEI son emisiones consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de o están controladas por otra empresa.

Un **límite operacional** define el alcance de las emisiones directas e indirectas para operaciones que caen dentro del límite organizacional establecido de la empresa.

"Reduzcamos Nuestras Emisiones de GEI": CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI

**FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala

### Alcances de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Diagrama que muestra los alcances de las emisiones de gases de efecto invernadero:

- ALCANCE 1 (Directo):** Emisiones de combustión propia, procesos industriales, fugas de refrigerantes, uso de productos, y emisiones propias de subsidiarias.
- ALCANCE 2 (Indirecto):** Emisiones de electricidad adquirida para uso propio.
- ALCANCE 3 (Indirecto):** Emisiones de otros combustibles adquiridos, viajes de negocios de empleados, adquisición de bienes, y transporte de mercancías.

"Reduzcamos Nuestras Emisiones de GEI": CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI

**FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala

### Año Base

Las empresas deben elegir y reportar un año base para el cual exista información confiable de emisiones; también deben especificar las razones que condujeron a la elección de ese año en particular.

El inventario del año base también puede ser utilizado como plataforma para fijar y dar seguimiento al desempeño de la empresa hacia ciertos objetivos de emisiones, en cuyo caso, el año base se denomina año base objetivo.

"Reduzcamos Nuestras Emisiones de GEI": CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI

## Continuación de la figura 91.



**Identificar fuentes de emisiones**

Inicialmente se deben de categorizar las fuentes de emisiones de GEI dentro de los límites de la empresa. Las principales categorías son:

- Combustión fija
- Combustión móvil
- Emisiones de proceso
- Emisiones fugitivas

Luego de su categorización, se deben de identificar en el tipo de alcance al que pertenecen.

*"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI*

**Seleccionar método de cálculo de emisiones**

Las emisiones deben calcularse con base en un balance de masa o fundamento estequiométrico específico para un procedimiento en particular. La aproximación más común para calcular las emisiones de GEI es mediante la aplicación de factores de emisión documentados.

Estos factores son cocientes calculados que relacionan emisiones de GEI a una medida de actividad en una fuente de emisión. Los lineamientos del IPCC (IPCC, 1996) aluden a una jerarquía de métodos y tecnologías de cálculo que van de la aplicación de factores genéricos de emisión al monitoreo directo.

$$C_2H_2 + 5/2 O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O$$

*"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI*

**Recolectar datos**

Las emisiones de alcance 1 serán calculadas con base en las cantidades adquiridas de combustibles comerciales utilizando los factores de emisión publicados. Las emisiones de alcance 2 se calcularán primordialmente a partir del consumo medido de electricidad y de factores de emisión publicados por los proveedores de electricidad o por la red eléctrica local.

Las emisiones de alcance 3 se calcularán primordialmente a partir de los datos de las actividades de la empresa, como el uso de combustible o los kilómetros recorridos por pasajeros, y factores de emisión publicados o de terceras partes.

*"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI*

**Aplicar herramientas de cálculo**

Existen dos categorías principales de herramientas de cálculo:

Herramientas intersectoriales: que pueden ser aplicadas a distintos sectores. Estas incluyen: combustión fija, combustión móvil, uso de HFC en refrigeración y aire acondicionado, e incertidumbre en la medición y estimación.

Herramientas sectoriales que están diseñadas para calcular emisiones en sectores específicos, como aluminio, hierro y acero, cemento, petróleo y gas, pulpa y papel, organizaciones basadas en oficinas, etc.

*"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI*

**Datos nivel global**

Las herramientas y procesos seleccionados para reportar datos necesitarán de la infraestructura de información y comunicación existente (por ejemplo, qué tan fácil será incluir nuevas categorías de datos en las bases de datos de la corporación). También dependerán de la cantidad de detalle que las oficinas centrales quieran que las plantas reporten.

*"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI*

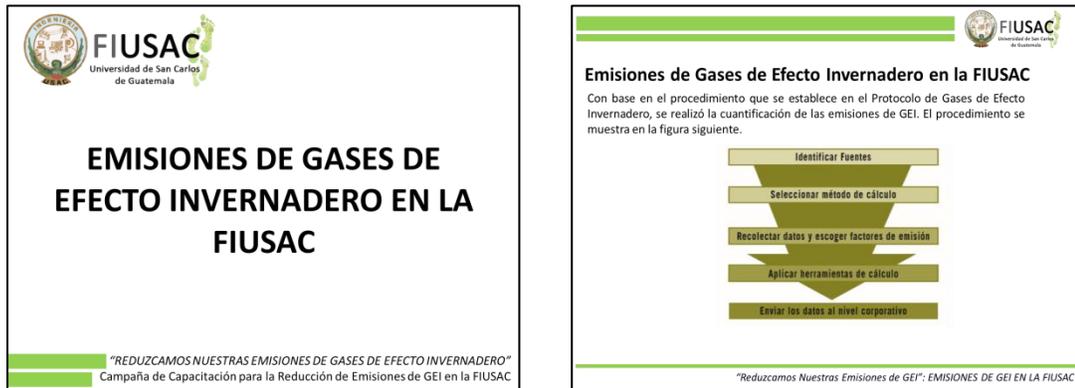
Fuente: elaboración propia.

- Capacitación Emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC con enfoque a toda la población de la FIUSAC

Esta capacitación es para dar a conocer el estado actual de las emisiones de GEI en la FIUSAC. En esta se presentan los resultados obtenidos de la cuantificación de las emisiones de GEI generadas por las actividades administrativas y docentes.

Con esta capacitación se logra que toda la población de la FIUSAC identifique las actividades diarias y rutinarias que generan emisiones, donde se encuentran las oportunidades de mejora y mitigación de las mismas. La presentación de esta capacitación se encuentra a continuación.

Figura 92. **Diapositivas de la presentación Emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC**



Continuación de la figura 92.

**Identificación de las fuentes de emisiones de GEI**

La identificación se dividió en dos áreas de acuerdo a la naturaleza de las actividades realizadas dentro de la FIUSAC, estas son:

Área administrativa: Todas aquellas áreas, departamentos y unidades en donde se realizan los procedimientos y gestiones administrativas que permiten el desarrollo de las actividades de docencia, así como el control de las mismas.

Área docencia: Todas aquellas áreas, departamentos, escuelas y unidades en donde se llevan a cabo todas las actividades de enseñanza tanto teóricas como prácticas.

"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC

**Identificación de Fuentes de Emisiones de GEI: Área Administrativa**

	Núm.	Identificación fuentes de emisión de GEI
ALCANCE 1	1	Transporte Buses Automóviles
	2	Extintores
ALCANCE 2	1	Energía eléctrica por iluminación
	2	Energía eléctrica por equipos y dispositivos electrónicos
	3	Aire acondicionado
ALCANCE 3		
	1	Viajes de empleados financiados por la FIUSAC

"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC

**Identificación de Fuentes de Emisiones de GEI: Área Docencia**

	Núm.	Identificación fuentes de emisión de GEI
ALCANCE 1	1	Transporte Buses Automóviles
	2	Laboratorios Caldera, Soldadura, Refrigerantes, Muflas, Hornos, Reactivos
	3	Extintores
ALCANCE 2	1	Energía eléctrica por iluminación
	2	Energía eléctrica por equipos y dispositivos electrónicos
	3	Aire acondicionado
ALCANCE 3	1	Viajes financiados por la FIUSAC
	2	Transporte propio empleados/estudiantes
	3	Utilización de instalaciones de ITUGS

"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC

**Seleccionar método de cálculo**

De acuerdo al tipo de emisiones que se identificaron en la FIUSAC, se seleccionaron los métodos de cálculo, entre estos tenemos:

- Factor estequiométrico
  - Reacciones químicas
  - Combustibles
  - Soldaduras
  - Extintores
  - Aire acondicionado
- Factores estándar de la IPCC
  - Consumo de energía eléctrica

"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC

**Recolectar datos**

Para la recolección de datos se realizó un Manual de Procedimiento de Recolección de la Información de Fuentes de Emisiones de GEI en la FIUSAC.

En este se establecieron todos los procedimientos que se deben seguir según el tipo de emisión de GEI, cada procedimiento se encuentra definido por:

- Alcance
- Procedimiento
- Diagrama de Flujo
- Formulario de Recolección de Datos

"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC

**Recolectar datos**

Cada procedimiento se enumeró y se estableció el alcance que este tendría.

Posterior a eso se enumeró paso a paso el procedimiento para la recolección de datos. Además se identificó cada hoja de recolección con un código.

"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC

Continuación de la figura 92.

**Recolectar datos**

Se realizó el diagrama de flujo de cada procedimiento donde fueron identificadas las distintas operaciones y pasos que se deben realizar para cumplir con el objetivo.

Se estableció un tiempo estándar de duración por cada operación y de esa manera establecer un periodo de duración del proceso de recolección de datos según su tipo.



*"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC*

**Recolectar datos**

Por último, cada procedimiento presenta el formulario de recolección de la información.

Este se identifica con el nombre del proyecto, el código del formulario de recolección de la información y el nombre del procedimiento al que corresponde.



*"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC*

**Aplicar herramientas de cálculo**

Se aplica cada uno de los métodos de cálculo que se establecieron previamente para cuantificar cada tipo de emisión identificada.

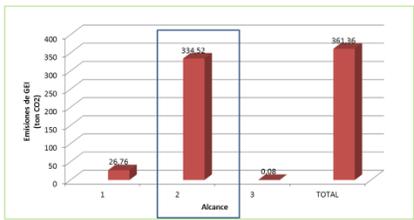
Con ello obtenemos la cantidad de emisiones generadas según el tipo de fuente identificada.

Este proyecto será la base para la comparación del seguimiento de la cuantificación de las emisiones de GEI en los años posteriores. El periodo de evaluación seleccionado fue de un semestre, el primer semestre del 2013.

*"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC*

**Resultados de la Cuantificación de las Emisiones de GEI en la FIUSAC**

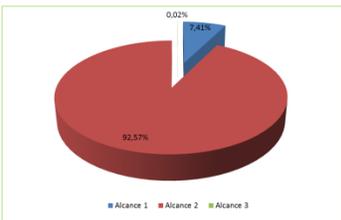
Emisiones Totales



Alcance	Emisiones de GEI
1	28.78
2	334.52
3	0.00
TOTAL	363.30

*"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC*

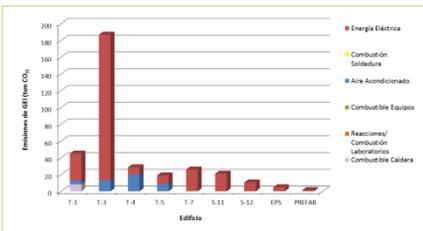
Porcentaje de las emisiones según el tipo de alcance



Alcance	Porcentaje
Alcance 1	0.02%
Alcance 2	92.57%
Alcance 3	7.41%

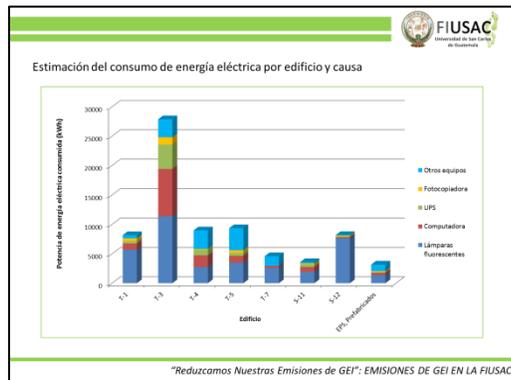
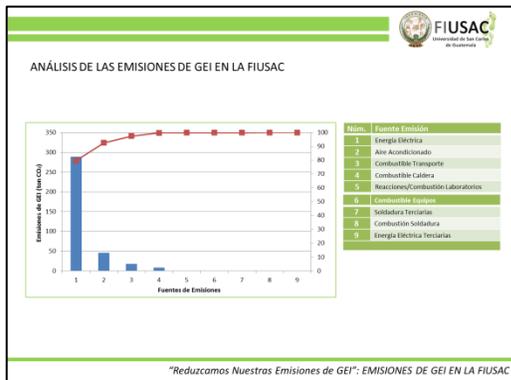
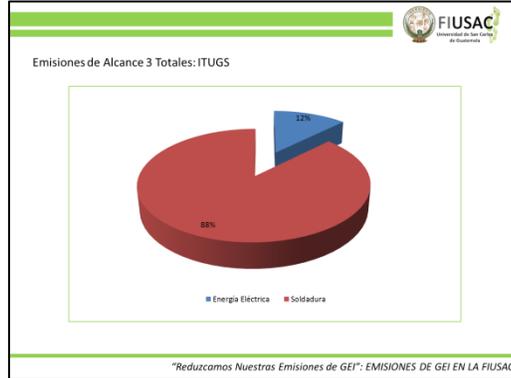
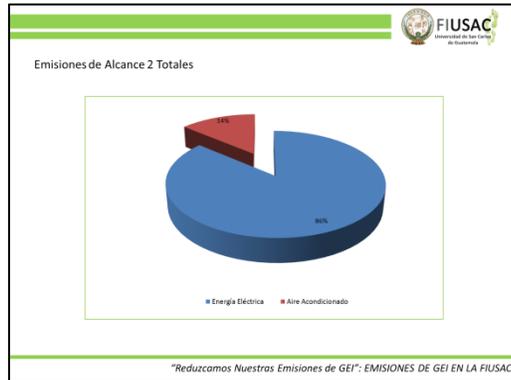
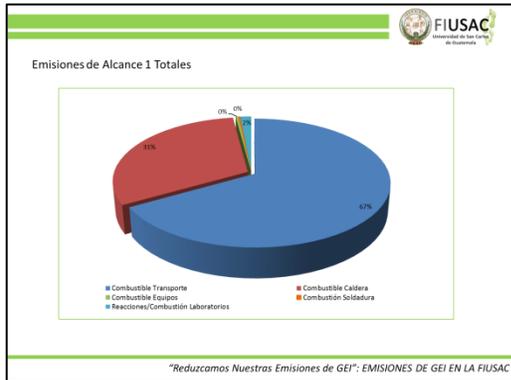
*"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC*

Emisiones totales generadas por edificio



*"Reducamos Nuestras Emisiones de GEI": EMISIONES DE GEI EN LA FIUSAC*

Continuación de la figura 92.



Continuación de la figura 92.



Fuente: elaboración propia.

- Capacitación Reduzcamos nuestras emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC con enfoque a toda la población de la FIUSAC.

Esta capacitación busca concientizar a la población de la FIUSAC para unir esfuerzos y lograr, entre todos, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por las actividades propias de la Facultad.

En la misma se presenta las alternativas de mitigación que se pretenden ejecutar en la FIUSAC. Además, que presentan diversas alternativas y sugerencias que permiten reducir las emisiones en las actividades diarias. Está enfocada para toda la población de la FIUSAC y sería la tercera y última capacitación de la campaña Reduzcamos nuestras emisiones de gases de efecto invernadero.

Figura 93. **Diapositivas presentación Reduzcamos nuestras emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC**

**REDUZCAMOS NUESTRAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA FIUSAC**

"REDUZCAMOS NUESTRAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO"  
Campaña de Capacitación para la Reducción de Emisiones de GEI en la FIUSAC

**Reduzcamos NUESTRAS Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la FIUSAC**

El análisis de las fuentes de las emisiones de GEI en la FIUSAC identificadas y su cuantificación, permitió determinar aquellas que producen un mayor impacto en el ambiente.

Siendo las emisiones de alcance 2 las dos más contaminantes, es decir, el consumo de energía eléctrica y la utilización de refrigerantes en los sistemas de aire acondicionado.

"Reduzcamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

Se determinó también que el 50 % del consumo de energía eléctrica se debe a los sistemas de iluminación en todos los edificios, que actualmente son utilizados.

Además, se tienen diversos equipos que consumen energía eléctrica las 24 horas del día aunque se encuentren apagados.

"Reduzcamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

Se identificaron alternativas de mitigación por cada fuente que se evaluó. Se pueden observar en esta tabla los porcentajes de las emisiones de acuerdo a la fuente clasificada.

PRIMORDIAL	FUENTE DE EMISIONES DE GEI	PORCENTAJE DE EMISIONES TOTALES	ALTERNATIVAS DE MITIGACION IDENTIFICADAS
1	Emisiones secundarias: ENERGIA ELÉCTRICA POR ILUMINACIÓN	79,87	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Instalación de paneles solares</li> <li>✓ Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED</li> <li>✓ Campaña de concientización para reducción de emisiones de GEI</li> </ul>
2	Emisiones secundarias: AIRE ACONDICIONADO	12,70	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluación preventiva de equipos de aire acondicionado por ajustar y mantenimiento.</li> </ul>
3	Emisiones primarias: COMBUSTIBLE TRANSPORTE	4,95	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Evaluación y propuesta de mejorar el uso del transporte de la FIUSAC.</li> </ul>
4	Emisiones primarias: COMBUSTIBLE CALDERAS	2,81	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Propuesta de evaluación de rendimiento de la caldera</li> <li>✓ Análisis ORSAT</li> </ul>
5	Otras emisiones	0,17	NO IDENTIFICADAS

"Reduzcamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

Con respecto de toda la información recabada, la identificación de la causa principal de las emisiones y de las alternativas de mitigación evaluadas, se estableció el objetivo principal del Plan de Mitigación. También se determinó la reducción que se debía lograr para cumplir con el objetivo.

**Objetivo General:**  
REDUCIR EN UN 5 % LAS EMISIONES DE GEI GENERADAS EN LA FIUSAC

Emisiones a reducir:  $361,36 \cdot 0,05 = 18,07 \text{ tCO}_{2eq}$

Energía eléctrica a reducir:  $18,07 \text{ tCO}_{2eq} \cdot F_{conv} = 27\ 707,41 \text{ kWh}$

Reducción mensual de energía eléctrica:  $27707,41 \text{ kWh} / 6 \text{ meses} = 4\ 617,90 \text{ kWh/mes}$

"Reduzcamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

Se evaluaron dos alternativas.

Instalación de paneles fotovoltaicos (paneles solares)

Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

"Reduzcamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

## Continuación de la figura 93.

Se realizó un análisis financiero para determinar cuál era la mejor opción entre todas las alternativas evaluadas.

Plazos	Paneles fotovoltaicos		Sustitución de lámparas	
	Empresa 1	Empresa 2	LED(2184)	LED(1980)
0	-499 206	-1 257 433,333	-1 015 483,46	-621 000,00
1	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
2	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
3	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
4	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
5	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
6	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
7	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
8	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
9	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
10	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
11	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
12	7 380,36	7 367,08	7 362,43	7 585,93
TIR	-20%	-28%	-26%	-22%
PIA	85 336,62	85 183,07	85 129,33	91 031,21
VPH	-413869,38	-1 172 250,26	-930 354,13	-529 968,79
Recuperación de la inversión (mes)	68	171	138	82

"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

Con ello, se establecieron las dos estrategias para trabajar en la mitigación y reducción de las emisiones generadas en la FIUSAC, estas son:

ESTRATEGIA	TIPO ESTRATEGIA	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDADES PROPUESTAS
Instalación de paneles fotovoltaicos en edificio T-3	Directa	Esta estrategia busca tener un impacto inmediato, desde su implementación, en la reducción del consumo de energía eléctrica y por ende en las emisiones de GEI generados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alternativas de financiamiento del proyecto de instalación de paneles solares.</li> <li>✓ Instalación de paneles solares</li> <li>✓ Seguimiento al consumo de energía eléctrica</li> </ul>
Cultura de ambiente y reducción de emisiones de GEI	Indirecta	Esta estrategia busca a través de una campaña de concientización y capacitación crear una cultura responsable con el ambiente y las emisiones que se generan en la FIUSAC.	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Campaña de publicidad acerca de la reducción de las emisiones de GEI</li> <li>✓ Capacitación a través de curso de Ecología</li> <li>✓ Campaña de concientización a la población estudiantil</li> <li>✓ Plan de seguimiento a este proyecto.</li> </ul>

"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

**ESTRATEGIA 1:** Propuesta de instalación de paneles fotovoltaicos en el edificio T-3 de la FIUSAC

Esta propuesta fue la alternativa de mayor viabilidad de acuerdo al análisis financiero que se realizó en donde se tuvo otra opción de paneles fotovoltaicos y tres alternativas más de sustitución de las lámparas fluorescentes por lámparas LED.

Potencia promedio mensual consumida edificio T3 (kWh)	44380
Plan de mitigación reducción 10% potencia (kWh)	4438
Potencia por panel mensual (kWh)	39
Cantidad de paneles requeridos (unidades)	114
Área superficial por panel (m <sup>2</sup> )	1,94
Área requerida (m <sup>2</sup> )	262,20
Área estimada edificio T3 (m <sup>2</sup> )	800
<b>Inversión total (Q.)</b>	<b>499206</b>

"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

**Actividades propuestas para la Estrategia 1**

Actividad	Descripción
Financiamiento del proyecto de instalación de paneles fotovoltaicos	Actividad fundamental para la ejecución del proyecto. En esta actividad se debe de presentar el proyecto ante las autoridades de la FIUSAC para incorporar el proyecto o un porcentaje de su financiamiento dentro del presupuesto anual a ejecutar. Buscar financiamiento externo o préstamos a entidades internacionales como el BICE, enfocando el proyecto al impacto ambiental y los beneficios que se podrán obtener de este, además del ahorro monetario, se reducen las emisiones de GEI y podrían ejecutarse diversos proyectos relacionados a su instalación. Asignar la ejecución del proyecto a una comisión responsable que vele por el cumplimiento del objetivo de reducir las emisiones generadas en la FIUSAC.
Instalación de paneles fotovoltaicos	Posterior a la aprobación del financiamiento para la instalación de los paneles fotovoltaicos se deben de realizar todos los trámites y procedimientos administrativos que se resumen a la firma de un contrato por parte de la empresa con la propuesta referida. Es importante establecer que desde que se obtuvo la propuesta hasta la aprobación pueden verse modificados los montos de la inversión inicial. La instalación de los paneles fotovoltaicos y del sistema de incorporación de la energía eléctrica debe ser supervisada por un ingeniero de la FIUSAC. Se debe de planificar y programar la logística de los procedimientos en conjunto con la empresa para evitar cualquier interrupción en los horarios
Seguimiento al consumo de energía eléctrica	Formar una comisión de seguimiento del consumo de energía eléctrica del edificio T-3 y determinar si se alcanzó el objetivo de reducir la potencia mensual consumida. Esta comisión debe ser la misma comisión encargada de darle seguimiento a todo el proyecto.

"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

**ESTRATEGIA 2:** Propuesta de crear una cultura de ambiente y reducción de emisiones de GEI

Esta propuesta se considera que tiene un impacto indirecto ya que conforme se implementan las diferentes actividades se esperará un cambio en el comportamiento ante ciertas circunstancias de los estudiantes, ingenieros y toda la población de la FIUSAC.

Población FIUSAC estimada (personas)	14 000
Campañas de sensibilización y capacitación	4
Medios de comunicación y material de publicidad	3 000,00
<b>Inversión total (Q.)</b>	<b>3 000,00</b>

"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

**Actividades propuestas para la Estrategia 1**

Actividad	Descripción
Financiamiento del proyecto de instalación de paneles fotovoltaicos	En esta actividad se debe de presentar el proyecto ante las autoridades de la FIUSAC para incorporar el proyecto o un porcentaje de su financiamiento dentro del presupuesto anual a ejecutar. Buscar financiamiento externo o préstamos a entidades internacionales como el BICE, enfocando el proyecto al impacto ambiental y la reducción de las emisiones de GEI y podrían ejecutarse diversos proyectos relacionados a su instalación. Asignar la ejecución del proyecto a una comisión responsable y que vele por el cumplimiento del objetivo de reducir las emisiones generadas en la FIUSAC.
Instalación de paneles fotovoltaicos	Posterior a la aprobación del financiamiento para la instalación de los paneles fotovoltaicos se deben de realizar todos los trámites y procedimientos administrativos que se resumen a la firma de un contrato por parte de la empresa con la propuesta referida. Es importante establecer que desde que se obtuvo la propuesta hasta la aprobación pueden verse modificados los montos de la inversión inicial. La instalación de los paneles fotovoltaicos y del sistema de incorporación de la energía eléctrica debe ser supervisada por un ingeniero de la FIUSAC.
Seguimiento al consumo de energía eléctrica	Formar una comisión de seguimiento del consumo de energía eléctrica del edificio T-3 y determinar si se alcanzó el objetivo de reducir la potencia mensual consumida. Esta comisión debe ser la misma comisión encargada de darle seguimiento a todo el proyecto.

"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO

Continuación de la figura 93.

 **FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala

**CULTURA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

Todos podemos contribuir en la reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, si únicamente seguimos ciertos consejos y prácticas que podemos emplear tanto en la universidad como en nuestros hogares, estas son:

- Aprovecha la luz natural, no enciendas la luz si no es necesario.
- Apaga la luz cuando salgas de una habitación.
- Apaga las luces que veas encendidas por gusto.
- Apaga la computadora si no la vas a utilizar.





*"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO*

 **FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala

- Desconecta los dispositivos electrónicos al terminar la jornada.
- No mantengas los cargadores conectados.
- Si no utilizas los equipos con frecuencia desconéctalos
- Apaga el aire acondicionado si no es necesario.





*"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO*

 **FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala

- Disminuye el tiempo de uso del microondas.
- Si utilizas el aire acondicionado asegúrate de mantener cerrada la habitación.
- Comparte el carro, reduce el consumo de combustibles.
- Cuando conduzcas, procura mantener la velocidad uniforme.



*"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO*

 **FIUSAC**  
Universidad de San Carlos  
de Guatemala



El mundo es un lugar peligroso. No por causa de los que hacen el mal, sino por aquellos que no hacen nada por evitarlo.....

*"Reducamos Nuestras Emisiones de Gases de Efecto Invernadero": EFECTO INVERNADERO*

Fuente: elaboración propia.

- Propuesta de Campaña de Concientización Reduzcamos nuestras emisiones

La campaña propone la elaboración de varios afiches y medios de comunicación visuales, que podrían distribuirse y pegarse en las instalaciones de la FIUSAC, así como compartirlas en los portales web y como publicidad en los correos electrónicos.

En los afiches se muestran diversos mensajes y consejos que pueden ayudar a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero de forma sencilla, ya que no representan inversiones monetarias que la población de la FIUSAC tiene que realizar. Son acciones y actividades que al tomarlas en cuenta e identificar las situaciones se deben ejecutar. Toda la publicidad se enfocaría bajo el eslogan Reduzcamos nuestras emisiones.

De la misma manera, se esperaría que en la Radio Ingeniería y en la página web se invitara a toda la población a incorporar los consejos en sus actividades cotidianas y rutinarias. Además, de que los trabajadores tanto administrativos como docentes estén involucrados en todas las actividades de reducción de emisiones.

A través de la publicidad y de la constante capacitación de toda la población se logrará crear un cambio en la cultura y así todos tomar acciones positivas para lograr el objetivo de reducir las emisiones que son generadas en todas las actividades de la Facultad.

Las propuestas de los afiches se muestran a continuación.

Figura 94. Campaña de concientización, afiche 1



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator CS5.

Figura 95. Campaña de concientización, afiche 2



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator CS5.

Figura 96. Campaña de concientización, afiche 3



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator CS5.

Figura 97. Campaña de concientización, afiche 4



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator CS5.

Figura 98. Campaña de concientización, afiche 5



Fuente: elaboración propia, con Adobe Illustrator CS5.

### 4.3. Programa de capacitación

Como se mencionó anteriormente la capacitación al equipo de trabajo del LAFIQ consistió en cinco actividades que se llevaron a cabo en dos semanas. Cada día se capacitó con una duración de 2 horas.

Tabla C. Programación de la capacitación de equipo de LAFIQ

<b>Actividad</b>	<b>Duración</b>	<b>Fechas propuestas</b>
Capacitación del fenómeno de efecto invernadero	2 horas	16 - octubre -2013
Capacitación de normativas internacionales relacionadas	2 horas	18 – octubre -2013
Capacitación cuantificación de las emisiones de GEI en la FIUSAC	4 horas	22/23 – octubre -2013
Capacitación emisiones de GEI de la FIUSAC	4 horas	25/28 – octubre - 2013
Capacitación del Plan de mitigación propuesto	2 horas	30 – octubre – 2013

Fuente: elaboración propia.

- Propuesta del programa de capacitación de la campaña de capacitación Reduzcamos nuestras emisiones de gases de efecto invernadero en la FIUSAC

En la propuesta se estableció que estaba conformada por cuatro presentaciones, tres de ellas enfocadas a toda la población de la FIUSAC. Para realizar una propuesta del programa de capacitaciones se categorizaron y subdividieron los grupos a quienes se les impartiría la capacitación, se presentan a continuación.

- Estudiantes de primer ingreso (secciones de cursos Orientación y Liderazgo, o bien, seleccionar otro curso para los estudiantes de primer ingreso).
- Estudiantes intermedios y avanzados (como parte de los programas de Prácticas Intermedias y Finales, para que la asistencia sea obligatoria).
- Personal administrativo (separado por áreas, escuelas o departamentos).
- Personal docente (categorizado por escuelas).

El programa de capacitación propuesto se presenta en la siguiente tabla.

Tabla CI. **Programa propuesto Capacitación efecto invernadero**

Grupo Población	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5
Estudiantes de primer ingreso	■ ■ ■	■ ■ ■		■ ■ ■	
Estudiantes de nivel intermedio y avanzado	■ ■ ■	■ ■ ■		■ ■ ■	
Personal administrativo		■ ■	■ ■		■ ■
Personal docente		■	■		■
	Capacitación Efecto invernadero				
	Capacitación Emisiones de efecto invernadero en FIUSAC				
	Capacitación Reduzcamos nuestras emisiones en la FIUSAC				

Fuente: elaboración propia.

Como se observa, para lograr capacitar la mayor cantidad de población estudiantil se necesitarían por lo menos tres semanas de capacitación en dos horarios, uno matutino y el otro vespertino. La capacitación del personal

administrativo y docente podría realizarse por secciones, áreas y departamentos, buscando que la asistencia fuera obligatoria, incluso, podría adaptarse en horarios donde no se afecten las actividades diarias y regulares.

#### **4.4. Capacitación al equipo del LAFIQ del Centro de Investigaciones de Ingeniería**

El equipo del LAFIQ del CII de la FIUSAC fue el grupo capacitado en este proyecto. Se presentaron todas las áreas, etapas, fundamentos y métodos que fueron utilizados para la ejecución satisfactoria de la cuantificación de las emisiones de GEI en la facultad y la elaboración de una propuesta para el Plan de Mitigación de las Emisiones de GEI de la FIUSAC.

Debido a que este equipo de trabajo es temporal, se buscó que ellos tuvieran la capacidad de preparar a las personas que los reemplacen para darle el seguimiento a este proyecto, si el LAFIQ puede integrar entre sus atribuciones este, o bien, capacitar a la comisión que se asigne para el seguimiento del proyecto. El equipo de trabajo estaba integrado por estudiantes de Ingeniería Química en diferentes años de la carrera, ellos son:

- Mario Sosa
- Emilia Pontacq
- Gabriela Gálvez
- José Luis González

Ellos se encuentran bajo la supervisión de la Licda. Ingrid Benítez, quien es la coordinadora del laboratorio mencionado.

Se cumplió con el programa de capacitación de 14 horas que incluían las diferentes etapas y campañas propuestas por el proyecto.

Tabla CII. **Control de programación de capacitación a LAFIQ**

<b>Actividad</b>	<b>Duración</b>	<b>Capacitación</b>
Capacitación del Fenómeno de Efecto Invernadero	2 horas	Completa
Capacitación de Normativas Internacionales Relacionadas	2 horas	Completa
Capacitación Cuantificación de las Emisiones de GEI en la FIUSAC	4 horas	Completa
Capacitación Emisiones de GEI de la FIUSAC	4 horas	Completa
Capacitación del Plan de Mitigación Propuesto	2 horas	Completa

Fuente: elaboración propia.

Se acopló a horarios disponibles del equipo de trabajo en el laboratorio, ya que tenían sus actividades rutinarias y el horario de este equipo es de 8:00 a 12:00. Por ello, las capacitaciones se distribuyeron en varios días para lograr completar el contenido que se propuso.

En la siguiente figura se muestran fotografías de un día de capacitación y del equipo de trabajo del LAFIQ.

Figura 99. **Capacitación LAFIQ**



Fuente: elaboración propia.

Todo el material elaborado y preparado en este proyecto, los diferentes procedimientos y metodologías, se dejarán como parte documental en la oficina del Laboratorio de Análisis Físicoquímicos bajo el cargo de la Licda. Ingrid Benítez para que se obtenga la información y la documentación al momento de requerirla.

- Logros alcanzados

Se cubrieron las cinco capacitaciones propuestas y se obtuvieron resultados de estas. Los logros alcanzados se describen a continuación.

Tabla CIII. **Logros de la capacitación del LAFIQ**

Capacitación	Logros alcanzados
Fenómeno de Efecto Invernadero	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en los fundamentos y funcionamiento del efecto invernadero</li> <li>• Capacitación en las consecuencias de las emisiones de GEI</li> <li>• Identificación de actividades que causan emisiones de GEI</li> <li>• Equipo de trabajo con los conocimientos teóricos para fundamentar los proyectos y acciones de seguimiento propuestas.</li> </ul>
Normativas Internacionales Relacionadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento de normativas internacionales para la cuantificación de las emisiones de GEI</li> <li>• Capacitación en la utilización y aplicación de las normativas en proyectos.</li> <li>• Equipo de trabajo capacitado para aplicar las metodologías de trabajo según normas internacionales.</li> </ul>
Cuantificación de las Emisiones de GEI en la FIUSAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación para la utilización en procedimientos y registros elaborados para la recolección de la información y cuantificación de las emisiones de GEI.</li> <li>• Equipo capacitado para la ejecución de la metodología de cuantificación de emisiones de GEI.</li> <li>• Equipo capacitado para la cuantificación de las emisiones a través de los métodos de cálculo adecuados.</li> </ul>
Emisiones de GEI de la FIUSAC	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación de la documentación utilizada e información obtenida en los procedimientos de recolección de la información en la FIUSAC.</li> <li>• Capacitación en la forma de la recolectar los datos.</li> <li>• Equipo con el conocimiento de la línea base de las emisiones de GEI en la FIUSAC.</li> </ul>
Plan de Mitigación Propuesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en la identificación de alternativas según las causas de las emisiones de GEI.</li> <li>• Equipo con el conocimiento de las propuestas para el seguimiento del proyecto.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.5. Costos de la propuesta

La propuesta de capacitación para la población de la FIUSAC representa costos en distintos rubros, como se especifica en la siguiente tabla.

Tabla CIV. Costos de la propuesta de capacitación

<b>Rubro</b>	<b>Costo (Q)</b>
Campaña de concientización: Impresión de afiches y rótulos	3 000,00
Refacciones para capacitación	10 000,00
<b>TOTAL</b>	<b>13 000,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Se observan que los gastos superiores son representados por refacciones para las capacitaciones y como están orientadas para toda la población de la FIUSAC, se podría superar dicho monto. Ambos valores se basaron en estimaciones de los costos de impresión y preservación de los afiches (Q 25,00/afiche) y los costos de las refacciones, café y champurrada se estimaron en (Q 2,00/persona).



## CONCLUSIONES

1. Se elaboró una propuesta viable del plan de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero de la FIUSAC.
2. La FIUSAC generó 361,36 toneladas de dióxido de carbono equivalente en sus actividades del primer semestre del 2013.
3. El consumo de energía eléctrica, emisiones de alcance 2, representa el 80 % de las emisiones generadas en la FIUSAC.
4. La estrategia de mitigación directa de las emisiones de GEI propuesta es la instalación de paneles fotovoltaicos en el edificio T-3 con un costo total de Q 499 206,00.
5. Se desarrolló una propuesta de campaña de concientización para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, como estrategia indirecta, con un costo total de Q 3 000,00.
6. Se desarrolló una propuesta del plan de reducción del consumo de agua en los Laboratorios de Operaciones Unitarias (LOPU) y del Laboratorio de Mecánica de Fluidos con la formulación de diez proyectos viables para su ejecución.

7. Se desarrolló un plan de capacitación del tema de efecto invernadero con cuatro presentaciones de sus generalidades, cuantificación, mitigación y de la situación actual en la FIUSAC, así como la elaboración de la campaña de sensibilización.
  
8. Se capacitó al equipo del Laboratorio de Análisis Físicoquímicos (LAFIQ) del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII) en los temas de efecto invernadero, generalidades, cuantificación y mitigación.

## RECOMENDACIONES

1. Conformar un equipo para el seguimiento anual de este proyecto.
2. Evaluar la ejecución de los proyectos propuestos en la fase de investigación de este trabajo como parte de las Prácticas Finales, o bien, como proyectos de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).
3. Difundir los resultados de la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero determinados en este proyecto.
4. Difundir las propuestas realizadas en este proyecto para la mitigación de las emisiones de GEI de la FIUSAC.



## BIBLIOGRAFÍA

1. BSI. *PAS 2050:2011 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*. Department for environment food and rural affairs, department of energy and climate change, department for business innovation and skills. Reino Unido, 2011. 45 p. ISBN: 978 0 580 71382 8.
2. Comisión económica para América Latina y El Caribe. *Metodologías de cálculo de la huella de carbono y sus potenciales implicaciones para América Latina* [en línea]. Brasil. <[http://www.eclac.org/dmaah/noticias/noticias/9/40559/Methodolog%C3%ADas\\_de\\_c%C3%A1culo\\_HC\\_y\\_implicaciones\\_AL.pdf](http://www.eclac.org/dmaah/noticias/noticias/9/40559/Methodolog%C3%ADas_de_c%C3%A1culo_HC_y_implicaciones_AL.pdf)>. [Consulta: 26 de abril de 2013].
3. DOMENECH QUESADA, Juan Luis. *Estándares 2010 de huella de carbono MC3* [en línea]. Congreso Nacional del Medio Ambiente CONAMA. Autoridad Portuaria de Guijón. España, 2010. <<http://www.jdomenech.com/articulos/artihuella-estandares1110.pdf>> [Consulta: 20 de abril de 2013].
4. ENERSOL. *Sistemas fotovoltaicos* [en línea]. Guatemala. <<http://www.enersolgt.com/styled-4/index.html>>. [Consulta: 20 de octubre de 2013].

5. FACULTAD DE INGENIERÍA, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. *Facultad de Ingeniería, USAC* [en línea]. Guatemala. <<https://www.ingenieria.usac.edu.gt/index.php>> [Consulta: 20 de marzo de 2013].
6. GAGO, Alfonso. *Iluminación con tecnología LED*. España, Editoriales Paraninfo, 2012. 210 p. ISBN: 9788428333689.
7. JIMENEZ HERRERO, Luis M. *Enfoques metodológicos para el cálculo de la huella de carbono* [en línea]. Observatorio de la Sostenibilidad en España. España. <<http://www.blog.criterio-sostenible.com/wp-content/uploads/2011/12/2011-09-OSE-ESP-Enfoques-metodol%C3%B3gicos-para-el-c%C3%A1lculo-de-la-Huella-de-Carbono-60p..pdf>>. [Consulta: 20 de abril de 2013].
8. KOWALSKI, Kathiann. *Global warming, open for debate*. Estados Unidos: Marshall Cavendish, 2003. 142 p. ISBN: 9780761415824
9. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT, WORLD RESOURCES INSTITUTE. *Protocolo de gases de efecto invernadero, estándar corporativo de contabilidad y reporte* [en línea]. México. <[http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/protocolo\\_de\\_gei.pdf](http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/public/protocolo_de_gei.pdf)>. [Consulta: 21 de marzo de 2013].
10. SILVERSTEIN, Alvin. *Global warming*. Estados Unidos: Twenty-First Century Books, 2009. 112 p. ISBN: 0761339353.

11. SOLARGUAT. *Usando energía solar para alimentar Guatemala* [en línea]. Guatemala. <<http://www.solarguat.com/estimar-su-sistema/>>. [Consulta: 19 de octubre de 2013].



## **ANEXOS**



Figura 100. Red de estudio Ingeniería Ambiental

	6	7	8	9	10
1	0305 MECANICA DE SUELOS • 300				
2	0308 MATERIALES DE CONSTRUCCION • 300	0320 SISMOLOGIA • 400			
3	0306 HIDRAULICA • 250	0304 HIDROLOGIA • 250	0302 AGUAS SUBTERRANEAS • 250		
4	0300 TERMODINAMICA • 250		0303 MANEJO DE CIENCIAS II • 250	0301 TERMODINAMICA 2 • 300	
5	0602 SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL • 0501	0505 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 • 150		0506 PREPARACION Y EVAL. DE PROYECTOS I • 200	0504 PREPARACION Y EVALUACION DE PROYECTOS II • 200
6	0600 LEGISLACION AMBIENTAL 2 • 0503				
7		0508 GESTION DE DESASTRES • 0402	0500 INGENIERIA SANTARIA 1 • 250	0505 SANEAMIENTO AMBIENTAL • 200	0507 INTRODUCCION A LA EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL • 200
8			0502 INGENIERIA SANTARIA 2 • 250		
9	0604 TOPOGRAFIA 3 • 0502	0500 TALLER SIST. DE INF. GEOGRAFICA • 0304		0502 SEMINARIO DE INVESTIGACION • 200 Clasificado a partir del primer semestre del 2012	
				0504 SEMINARIO DE INVESTIGACION EPS • 200	
				0501 ETICA PROFESIONAL • 200	
7	0301 BIOQUIMICA • 350		0300 CALIDAD DEL AGUA • 350	0303 CALIDAD DEL AIRE • 300	0307 CONTROL DE CONTAMINANTES INDUSTRIALES • 300
	0303 QUIMICA AMBIENTAL • 0201				0304 PROCESOS QUIMICOS INDUSTRIALES • 300
	0300 MICROBIOLOGIA • 350				
8	0301 ECONOMIA DE LOS RIA • 700		0300 MANEJO INTEGRADO DE DESECHOS SOLIDOS • 250		
9		0304 PRACTICA INTERMEDIA • 100	Clasificado a partir del primer semestre del 2006		0302 PRACTICA FINAL • 200

Vigente / INGENIERÍA AMBIENTAL / CÓDIGO 35

35



**USAC •  
FACULTAD  
DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA  
AMBIENTAL**

Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Es una carrera con formación integral, con componentes técnicos, humanísticos y sociales, para el fomento de beneficios desde el punto de vista de la conservación, saneamiento y la reducción de desastres naturales. Siendo Idónea para el manejo y la administración de los recursos naturales y el control de la contaminación

La carrera de Ingeniería Ambiental consta de diez semestres con 250 créditos. Sus líneas de formación abarcan la mitigación y prevención de desastres, saneamiento ambiental, monitoreo ambiental y estudios ambientales

Teléfonos: (502) 24189118  
www.ingenieria.usac.edu.gt

Continuación de la Figura 100.

**Mensaje del Decano**  
Estimados Amigos Universitarios

La Facultad de Ingeniería se encuentra trabajando durante varios años, en los procesos de Readecuación Curricular y de Acreditación Internacional de sus programas de formación. La red de estudios o pensum de estudios, debe ser sometida a un proceso dinámico de revisión, el cual debe involucrar a todos los sectores: egresados, empleadores, profesores y estudiantes, para finalmente tener profesionales con un perfil basado en las competencias.

El cumplir con el objetivo de actualizar nuestra estructura académica, significa el tener presente los compromisos de mejora de nuestras condiciones, el buscar esa mejora continua a todos los procesos, y así definir las estrategias a impulsar para tener incidencia en los cambios que demanda nuestra sociedad.

La red hoy presentada, debe tener cambios constantes, producto del consenso y de las evaluaciones serias que tenemos que fomentar a lo largo de nuestras agendas de trabajo. Cada una de las carreras o escuelas, tienen definido el objetivo y el compromiso de trabajar en búsqueda de satisfacer las necesidades del mercado y articular los conocimientos necesarios que deben conformar los diversos programas de Ingeniería.

La presente red constituye en este momento su instrumento de trabajo, el esqueleto de su profesión, debemos tener presente que la misma debe ser sometida a revisión constante, y que cada uno de nosotros debe evaluar en forma objetiva a efecto de construir un mejor modelo a futuro, y tener una actualización acorde a las condiciones imperantes y a las necesidades que emanen los cambios a definir.

Bienvenidos a este reto, y a tener presente este compromiso, y caminemos juntos hacia la búsqueda constante de la calidad académica.

Saludos de su amigo,  
Ing. Murphy Paiz  
DECANO

	1	2	3	4	5
1					3001 RESISTENCIA DE MATERIALES 1 • 314 310
2					3002 MECANICA DE FLUIDOS • 114 110
3					3003 INGENIERIA ECONOMICA 1 • 732
4				450 GEOLOGIA • 010 014	663 LEGISLACION AMBIENTAL 1 • 732
5					
6	0003 TECNICA COMPLEMENTARIA 1 • 019 SOCIAL HUMANISTICA 1 • 019 MATE BASICA 1 • 103	0025 AUTOCAD 2D • 009 SOCIAL HUMANISTICA 2 • 017 MATE BASICA 2 • 103	0101 LOGICA • 019 MATE INTERMEDIA 1 • 103	0006 TOPOGRAFIA 1 • 107 107	0002 TOPOGRAFIA 2 • 050 PROGRAMACION DE COMPUTADORAS 1 • 732 ECOLOGIA • 450
7	0030 DEPORTES 1 • 030 ORIENTACION Y LIDERAZGO • 008	0090 DEPORTES 2 • 030 TOMAS DE ESQUEMAS Y DE INVESTIGACION • 008	0007 FISICA 1 • 103 107	0009 MATE INTERMEDIA 2 • 107 107	0008 ESTADISTICA 1 • 732 732
8	0008 IDIOMA TECNICO 1 • 008 QUIMICA 3 • 354	0006 IDIOMA TECNICO 2 • 006 QUIMICA 4 • 354	0009 IDIOMA TECNICO 3 • 009 ANALISIS CUALITATIVO • 356	0010 IDIOMA TECNICO 4 • 009 QUIMICA ORGANICA 1 • 352	0004 ESTADISTICA 2 • 732 QUIMICA ORGANICA 2 • 358 FISICOQUIMICA 1 • 114 114
9	0027 BIOLOGIA GENERAL • 027 CLIMATOLOGIA • 027		0028 PRACTICA INICIAL • 103		
	ORIENTACIÓN Y LIDERAZGO TÉCNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN		OBLIGATORIO CARNÉ 2008 EN ADELANTE		

Fuente: [https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria\\_ambiental.jpg](https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria_ambiental.jpg). Consulta: 13 de mayo de 2013.

Figura 101. Red de estudio Ingeniería Civil

	6	7	8	9	10	
1	1084 6 TOPOGRAFIA 3 082	550 6 VIAS TERRESTRES 1	082 458	570 4 TRANSPORTES 550 6 VIAS TERRESTRES 2 550 4 INGENIERIA DE TRÁNSITO	7991 4 SEMINARIO DE INVESTIGACION 200 CF. Obligatorio a partir del primer semestre del 2012	
2	3302 5 RESISTENCIA DE MATERIALES 2	304 4 RESISTENCIA DE MATERIALES 3	302 302 ANALISIS ESTRUCTURAL 1 302 302 CONCRETO ARMADO 1	306 6 ANALISIS ESTRUCTURAL 2 306 306 ESTRUCTURAL 306 314 CONCRETO ARMADO 2 314 314 DISEÑO ESTRUCTURAL	3295 5 INGENIERIA SISERICA 308 308 ANALISIS ESTRUCTURAL 3 308 321 DISEÑO DE ESTRUCTURAS EN MAMPORTERIA 321 318 PUENTES 318 316 CONCRETO PREESTRIBADO 316 321 DISEÑO DE ESTRUCTURAS METALICAS 321 318 PLACAS Y CARGANAS 318	315 5 DISEÑO ESTRUCTURAL INTEGRADO 321 329 DINAMICA ESTRUCTURAL 329 325 DISEÑO DE ESTRUCTURAS METALICAS 2
3	4836 6 MATERIALES DE CONSTRUCCION	300 300 MECANICA DE SUELOS		318 5 CIMENTACIONES 1 318 550 PAVIMENTOS	3340 3 METODOS DE CONSTRUCCION 321 318 CIMENTACIONES 2	
4	252 6 HIDRAULICA	254 5 HIDROLOGIA	252 252 HIDRAULICA DE CANALES 252 252 MAQUINAS HIDRAULICAS	262 5 AGUAS SUBTERRANEAS	256 5 OBRAS HIDRAULICAS	3260 5 PLANEAMIENTO Y USO DE RECURSOS HIDRAULICOS
5	702 4 ECONOMICA 2	700 090 INVESTIGACION DE OPERACIONES 1		1666 6 COSTOS PRESUPUESTOS Y ANULOS	190 6 PLANEAMIENTO	190 5 URBANISMO
6	092 4 PROGRAMACION 2 DE COM.	118 118 MATE APLICADA 4 MATE APLICADA 2		170 6 ANALISIS MECANICO	190 4 INTRODUCCION A LA INGENIERIA MANUFACTURERA	
7	200 5 ING. ELECTRICA 2	630 5 ING. DE LA PRODUCCION	105 CF. ING. CIVIL	170 6 ANALISIS MECANICO	200 4 ETICA PROFESIONAL	
8			254 5 SANEAMIENTO AMBIENTAL	254 254 INGENIERIA SANTARIA 1 254 254 INGENIERIA SANTARIA 2	225 4 SEMINARIO DE INVESTIGACION EPI LOCAL	
9		656 5 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 603 5 INVESTIGACION DE OPERACIONES 2	150 CF. 601 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 2	656 656 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 2		706 4 PREPARACION DE PROYECTOS 2
10		2036 5 PRACTICA INTERMEDIA	2036 5 PRACTICA INTERMEDIA		7000 4 PREPARACION DE PROYECTOS 1	2036 5 PRACTICA FINAL
		Obligatorio a partir del primer semestre del 2009			7000 4 PREPARACION DE PROYECTOS 1	190 5 URBANISMO PROJECT

Vigente / INGENIERÍA CIVIL / CÓDIGO 01

01



**VIGENTE**  
CAROLINA ACADEMIA  
CONFORMALANSIS INTER  
CERREJONIS CONSPICUA

**USAC •  
FACULTAD  
DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA CIVIL**  
E INGENIERÍA CIVIL CON OPCIÓN DE  
DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN

Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Ingeniería Civil: Comprende la planificación y ordenamiento urbano; la definición de políticas y la elaboración de proyectos, organización, control y dirección de los trabajos necesarios en la construcción, funcionamiento y conservación de obras de ingeniería, como carreteras, vías férreas, puentes, estructuras de edificios y proyectos habitacionales.

La carrera de Ingeniería Civil consta de diez semestres con 250 créditos. Se imparte en cinco áreas: Estructuras, Hidráulica, Materiales y Construcciones Civiles, Topografía y Transportes, y Planeamiento.

Teléfonos: (502) 2443-9500 extensión 1597  
ó (502) 2476 0422  
www.ingenieria.usac.edu.gt

Continuación de la figura 101.

**Mensaje del Decano**  
Estimados Amigos Universitarios

La Facultad de Ingeniería se encuentra trabajando durante varios años, en los procesos de Reestructuración Curricular y de Acreditación Internacional de sus programas de formación. La red de estudios o pensum de estudios, debe ser sometida a un proceso dinámico de revisión, el cual debe involucrar a todos los sectores: egresados, empleadores, profesores y estudiantes, para finalmente tener profesionales con un perfil basado en las competencias.

El cumplir con el objetivo de actualizar nuestra estructura académica, significa el tener presente los compromisos de mejora de nuestras condiciones, el buscar esa mejora continua a todos los procesos, y así definir las estrategias a impulsar para tener incidencia en los cambios que demanda nuestra sociedad.

La red hoy presentada, debe tener cambios constantes, producto del consenso y de las evaluaciones serias que tenemos que fomentar a lo largo de nuestras agendas de trabajo. Cada una de las carreras o escuelas, tienen definido el objetivo y el compromiso de trabajar en búsqueda de satisfacer las necesidades del mercado y articular los conocimientos necesarios que deben conformar los diversos programas de Ingeniería.

La presente red constituye en este momento su instrumento de trabajo, el esqueleto de su profesión, debemos tener presente que la misma debe ser sometida a revisión constante, y que cada uno de nosotros debe evaluar en forma objetiva a efecto de construir un mejor modelo a futuro, y tener una actualización acorde a las condiciones imperantes y a las necesidades que emanen los cambios a definir.

Bienvenidos a este reto, y a tener presente este compromiso, y caminemos juntos hacia la búsqueda constante de la calidad académica.

Saludos de su amigo,  
Ing. Murphy Paiz  
DECANO

	1	2	3	4	5
1				0080 TOPOGRAFIA 1 • 102 6	0082 TOPOGRAFIA 2 • 080 6
2					3003 HERITENCIA DE MATERIALES I • 124 5
3					8521 CARRERA DE LOS MATERIALES • 152 5
4					2800 MECANICA DE FLUIDOS • 126 6
5			0088 GEOGRAFIA • 147 3		7000 INGENIERIA ECONOMICA 1 • 232 5
6	0001 ORIENTACION Y LIDERAZGO • 1 1	0005 TENCAM DE ESTUDIOS Y DE INVESTIGACION • 3 3	0010 LOGICA • 019 2	0026 ECOLOGIA • 90C 3	0090 PROGRAMACION • 114 3
7	0021 SOCIAL HUMANITICA 1 • 4 4	0038 SOCIAL HUMANITICA 2 • 017 4	0022 MATEMATICA INTERMEDIA 1 • 10 10	0032 MATEMATICA INTERMEDIA 3 • 102 5	0046 MATEMATICA APLICADA 1 • 112 5
8	0031 MATEMATICA BASICA 1 • 7 7	0033 MATEMATICA BASICA 2 • 101 5	0035 FISICA 1 • 103 6	0037 FISICA 2 • 107 6	0048 MATEMATICA APLICADA 2 • 114 5
9	0040 QUIMICA GENERAL • 3 3	0042 QUIMICA GENERAL • 3 3	0044 QUIMICA 2 • 144 4	0046 QUIMICA 2 • 144 4	0048 QUIMICA 2 • 144 4
10	0048 DEPORTES 1 • 1 1	0050 DEPORTES 2 • 039 1	0052 TECNICA COMPLEMENTARIA 1 • 1 1	0054 TECNICA COMPLEMENTARIA 2 • 069 3	0056 TECNICA COMPLEMENTARIA 3 • 069 3
	0008 IDIOMA TECNICO 1 • 2 2	0008 IDIOMA TECNICO 2 • 0008 2	0008 IDIOMA TECNICO 3 • 0008 2	0011 IDIOMA TECNICO 4 • 0009 2	0011 IDIOMA TECNICO 4 • 0009 2
				0058 GEOLOGIA • 030 3	0067 GEOLOGIA ESTROFICIAL • 450 5
				0060 INTRODUCCION A PROYECTOS GERENCIALES • 197 6	0068 GEOFISICA • 126 5
					0068 PERFORACION DE POZOS • 450 5
					0070 PETROLOGIA • 450 4
					0072 GEOLOGIA DEL PETROLEO • 450 3
				0050 CONTABILIDAD 1 • 90 3	0052 CONTABILIDAD 2 • 650 3
				0052 PSICOLOGIA • 90C 3	0054 ESTADISTICA 2 • 732 5
					0058 ADMINISTRACION DE PERSONAL • 022 3
				2005 PRACTICA INICIAL • 103 1	
				Obligatorio a partir del primer semestre del 2006	
	ORIENTACION Y LIDERAZGO TÉCNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN		OBLIGATORIO CARNÉ 2008 EN ADELANTE		

Fuente: [https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria\\_civil.jpg](https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria_civil.jpg). Consulta: 13 de mayo de 2013.

Figura 102. Red de estudio Ingeniería Eléctrica

	6	7	8	9	10
1			218 TRANSMISION Y DISTRIBUCION 5 • 217 212		223 SISTEMAS DE GENERACION 5 • 220 239
			239 SISTEMAS DE CONTROL 1 6 • 212 232		236 AUTOMATIZACION INDUSTRIAL 6 • 214
		218 LINEAS DE TRANSMISION 5 • 204 204	218 CONV. DE ENERGIA ELECTROMEC. 2 5 • 212	220 ANALISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA 1 5 • 212	216 SUBESTACIONES 5 • 211 216
		218 CONV. DE ENERGIA ELECTROMEC. 1 5 • 204 216	219 MAQUINAS ELECTRICAS 6 • 206 216	224 ALTA TENSION 5 • 212	232 PROTECCION DE SIST. DE POTENCIA 6 • 220
		235 INSTRUMENTACION ELECTRICA 6 • 206 232		200 SEMINARIO DE INVESTIGACION 4 • 200 Cg	
2	210 TEORIA ELECTROMAGNETICA 1 6 • 211 211	211 TEORIA ELECTROMAGNETICA 2 5 • 210		200 SEMINARIO DE INVESTIGACION 4 • 200 Cg	
	202 ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA BASICA 5 • 152	232 ELECTRONICA 1 6 • 204 204	240 ELECTRONICA 2 6 • 152 152	200 OBLIGATORIO A PARTIR DEL PRIMER SEMESTRE DEL 2012 6 • 214	
	206 CIRCUITOS ELECTRICOS 2 6 • 151 151			200 SEMINARIO DE INVESTIGACION EPS 4 • 221 Cg	246 ELECTRONICA 5 6 • 246
				246 ELECTRONICA 3 6 • 232	
		170 MECANICA ANALITICA 1 5 • 103 136	250 MECANICA DE FLUIDOS 6 • 114 136	390 TERMODINAMICA 1 5 • 250	
3		658 ADMINISTRACION DE PERSONAL 3 • 022	700 ING. ECONOMICA 1 5 • 732	800 ETICA PROFESIONAL 4 • 800 Cg	
			630 ING. DE LA PRODUCCION 5 • 105 Cg	850 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 5 • 150 Cg	206 PREP Y EVAL. DE PROYECTOS 1 4 • 100 100Cg
	122 MATE APLICADA 4 4 • 118			240 COMUNICACIONES 1 6 • 240 236	
	120 MATE APLICADA 2 6 • 118	110 MATE APLICADA 3 5 • 112 112		240 RADOCOMUNICACIONES TERRESTRES 5 • 211	
	156 FISICA 4 6 • 154			830 GESTION DE DESASTRES 3 • 830	
				800 INTRODUCCION A LA IMPACTO AMBIENTAL 4 • 100 Cg	
4		200 PRACTICA INTERMEDIA 6 • 200 200	Obligatorio a partir del primer semestre del 2006	200 PRACTICA FINAL 6 • 200 200	
5	802 PSICOLOGIA INDUSTRIAL 6 • 802 Cg	658 ADMINISTRACION DE PERSONAL 3 • 022	658 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 5 • 150 Cg	850 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 2 5 • 150 Cg	
	660 LEGISLACION 1 6 • 660	660 LEGISLACION 2 6 • 660		800 ETICA PROFESIONAL 6 • 200 Cg	

Vigente / INGENIERÍA ELÉCTRICA / CÓDIGO 04

04



**VIGENTE**  
**USAC • FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA ELÉCTRICA**  
 E INGENIERÍA ELÉCTRICA CON OPCIÓN DE DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN

Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Ingeniería Eléctrica: Se desempeña principalmente en el manejo de energía eléctrica en el área de potencia, desde la generación hasta la utilización energética. Incluye la planificación, proyección diseño, construcción, operación, mantenimiento y administración de sistemas eléctricos residenciales, comerciales e industriales. También el control de la operación y desarrollo de sistemas eléctricos de potencia, así como la especificación, calificación y selección de los materiales correspondientes.

La carrera de Ingeniería Eléctrica consta de diez semestres y 250 créditos. Dos áreas: Potencia y Electrotecnia.

Teléfonos: (502) 2418-9130  
 www.ingenieria.usac.edu.gt

Continuación de la figura 102.

**Mensaje del Decano**  
**Estimados Amigos Universitarios**

La Facultad de Ingeniería se encuentra trabajando durante varios años, en los procesos de Reeducación Curricular y de Acreditación Internacional de sus programas de formación. La red de estudios o pensum de estudios, debe ser sometida a un proceso dinámico de revisión, el cual debe involucrar a todos los sectores; egresados, empleadores, profesores y estudiantes, para finalmente tener profesionales con un perfil basado en las competencias.

El cumplir con el objetivo de actualizar nuestra estructura académica, significa el tener presente los compromisos de mejora de nuestras condiciones, el buscar esa mejora continua a todos los procesos, y así definir las estrategias a impulsar para tener incidencia en los cambios que demanda nuestra sociedad.

La red hoy presentada, debe tener cambios constantes, producto del consenso y de las evaluaciones serias que tenemos que fomentar a lo largo de nuestras agendas de trabajo. Cada una de las carreras o escuelas, tienen definido el objetivo y el compromiso de trabajar en búsqueda de satisfacer las necesidades del mercado y articular los conocimientos necesarios que deben conformar los diversos programas de Ingeniería.

La presente red constituye en este momento su instrumento de trabajo, el esqueleto de su profesión, debemos tener presente que la misma debe ser sometida a revisión constante, y que cada uno de nosotros debe evaluar en forma objetiva a efecto de construir un mejor modelo a futuro, y tener una actualización acorde a las condiciones imperantes y a las necesidades que emanan los cambios a definir.

Bienvenidos a este reto, y a tener presente este compromiso, y caminemos juntos hacia la búsqueda constante de la calidad académica.

Saludos de su amigo,  
 Ing. Murphy Paiz  
 DECANO

	1	2	3	4	5
1					
2					204 6
3	1004 2 IDIOMA TECNICO 1	1006 2 IDIOMA TECNICO 2	1005 2 IDIOMA TECNICO 3	0111 2 IDIOMA TECNICO 4	1008 3 PRINCIPIOS DE METROLOGIA
4	0132 4 SOCIAL HUMANISTICA 1	0119 4 SOCIAL HUMANISTICA 2	0118 3 FILOSOFIA DE LA CIENCIA	0273 3 DIBUJO TECNICO MECANICO	1007 3 CIRCUITOS ELECTRICOS 1
5	0339 1 DEPORTES 1	0340 1 DEPORTES 2	0339 2 ECOLOGIA	0110 2 LOGICA	1009 3 TECNICA COMPLEMENTARIA 1
6	0069 3 TECNICA COMPLEMENTARIA 1	0071 3 TECNICA COMPLEMENTARIA 2	0022 3 PSICOLOGIA INDUSTRIAL	0080 6 TOPOGRAFIA 1	1003 1 ORIENTACION Y LIDERAZGO
7	1003 3 QUIMICA GENERAL 1	1005 3 TECNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACION	0003 3 LEGISLACION 1	0000 3 CONTABILIDAD 1	1001 1 MATE BASICA 1
8	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
9	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
10	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
11	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
12	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
13	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
14	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
15	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
16	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
17	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
18	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
19	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
20	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
21	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
22	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
23	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
24	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
25	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
26	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
27	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
28	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
29	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
30	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
31	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
32	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
33	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
34	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
35	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
36	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
37	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
38	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
39	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
40	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
41	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
42	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
43	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
44	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
45	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
46	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
47	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
48	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
49	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
50	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
51	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
52	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
53	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
54	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
55	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
56	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
57	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
58	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
59	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
60	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
61	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
62	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
63	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
64	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
65	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
66	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
67	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
68	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
69	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
70	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
71	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
72	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
73	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
74	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
75	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
76	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
77	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
78	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
79	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
80	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
81	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
82	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
83	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
84	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
85	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
86	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
87	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
88	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
89	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
90	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
91	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
92	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
93	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
94	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
95	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
96	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
97	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
98	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA 2	1002 10 MATE INTERMEDIA 1	1003 5 MATE INTERMEDIA 2	1001 5 MATE BASICA 2
99	1001 7 MATE BASICA 1	1007 7 MATE BASICA			

Figura 103. Red de estudio Ingeniería Electrónica

	6	7	8	9	10
1			211 5 TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA • 210	244 4 TELECOMUNICACIONES Y REDES LOCALES • 244	241 5 RADIOCOMUNICACIONES TERRESTRES • 211
2		242 6 COMUNICACIONES • 242	244 6 COMUNICACIONES 7 • 242	245 6 COMUNICACIONES 8 • 244	245 5 COMUNICACIONES 1 • 245
3	232 6 ELECTRONICA 1 • 204 462	240 6 ELECTRONICA 3 • 232	248 6 ELECTRONICA 5 • 246	233 5 ELECTRONICA APLICADA 1 • 211 211	235 5 ROBOTICA • 249
4	206 6 CIRCUITOS ELECTRICOS 2 • 111 352	230 6 INSTRUMENTACION ELECTRO • 206 232	218 5 LINEAS DE TRANSMISION • 204 210	214 6 MAQUINAS ELECTRICAS • 206 212	238 6 AUTOMATIZACION INDUSTRIAL • 214
5	210 6 TEORÍA ELECTROMAGNÉTICA 1 • 111 352	232 5 COM. DE ENERGIA ELECTROMECHANICA 1 • 104 210	700 5 ING. ECONOMICA 1 • 732	601 5 INVESTIGACION DE OPERACIONES 1 • 931	656 5 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 • 150 Cr.
6	022 3 PSICOLOGIA INDUSTRIAL • 90Cr.	022 3 PSICOLOGIA INDUSTRIAL • 90Cr.		706 4 PREP Y EVAL. DE PROYECTOS 1 • 750 196Cr.	658 3 ADMINISTRACION DE PERSONAL • 022
7	650 3 CONTABILIDAD 1 • 90Cr.			706 4 PREP Y EVAL. DE PROYECTOS 2 • 706	
8	736 4 ANALISIS PROBABILISTICO • 732	808 5 METODOS MATEMATICOS DE FISICA 1 • 120		081 4 ETICA PROFESIONAL • 200 Cr.	335 3 GESTION DE DESASTRES • 706
9	130 6 MATE APLICADA 2 • 118	116 5 MATE APLICADA 3 • 112 314	122 4 MATE APLICADA 4 • 118	7998 4 SEMINARIO DE INVESTIGACION • 200 Cr. Obligatorio a partir del primer semestre del 2012	
10	156 6 FISICA 4 • 154			7999 4 SEMINARIO DE INVESTIGACION EPIS • 225 Cr.	
11		2036 6 PRACTICA INTERMEDIA • 212 205		288 4 INTRODUCCION A LA INGENIERERIA • 190 Cr.	
12	022 3 PSICOLOGIA INDUSTRIAL • 90Cr.	658 5 ADMINISTRACION DE PERSONAL • 022	656 5 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 • 150 Cr.	2037 4 PRACTICA FINAL • 2036 2036Cr.	
13	3662 3 LEGISLACION 1 • 90Cr.	3664 3 LEGISLACION 2 • 3662		3657 3 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 2 • 656	
14				1001 3 ETICA PROFESIONAL • 200 Cr.	

Vigente / INGENIERÍA ELECTRÓNICA / CÓDIGO 13

13

**USAC**  
**FACULTAD**  
**DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
E INGENIERÍA ELECTRÓNICA CON OPCIÓN DE  
DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN

Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Ingeniería en Electrónica: Trabaja en el área comercial e industrial, especialmente en los sistemas automatizados de control en procesos industriales. También en el desarrollo de las telecomunicaciones, e incluyendo la planificación, el desarrollo y la supervisión de proyectos de transmisión de señales de radio, UHF, conducción por fibra óptica o cable a altas velocidades, y sistemas y servicios de telefonía, radio y televisión.

Consta de diez semestres y 250 créditos. Su ámbito laboral está ubicado en la industria y empresas operadoras de telecomunicaciones, telefonía celular, telefonía internacional, operadores de cable para video e internet.

Teléfonos: (502) 2418-9130  
www.ingenieria.usac.edu.gt

Continuación de la figura 103.

**Mensaje del Decano**  
Estimados Amigos Universitarios

La Facultad de Ingeniería se encuentra trabajando durante varios años, en los procesos de Reeducación Curricular y de Acreditación Internacional de sus programas de formación. La red de estudios o pensum de estudios, debe ser sometida a un proceso dinámico de revisión, el cual debe involucrar a todos los sectores: egresados, empleadores, profesores y estudiantes, para finalmente tener profesionales con un perfil basado en las competencias.

El cumplir con el objetivo de actualizar nuestra estructura académica, significa el tener presente los compromisos de mejora de nuestras condiciones, el buscar esa mejora continua a todos los procesos, y así definir las estrategias a impulsar para tener incidencia en los cambios que demanda nuestra sociedad.

La red hoy presentada, debe tener cambios constantes, producto del consenso y de las evaluaciones serias que tenemos que fomentar a lo largo de nuestras agendas de trabajo. Cada una de las carreras o escuelas, tienen definido el objetivo y el compromiso de trabajar en búsqueda de satisfacer las necesidades del mercado y articular los conocimientos necesarios que deben conformar los diversos programas de Ingeniería.

La presente red constituye en este momento su instrumento de trabajo, el esqueleto de su profesión, debemos tener presente que la misma debe ser sometida a revisión constante, y que cada uno de nosotros debe evaluar en forma objetiva a efecto de construir un mejor modelo a futuro, y tener una actualización acorde a las condiciones imperantes y a las necesidades que emanan los cambios a definir.

Bienvenidos a este reto, y a tener presente este compromiso, y caminemos juntos hacia la búsqueda constante de la calidad académica.

Saludos de su amigo,  
Ing. Murphy Paiz  
DECANO

	1	2	3	4	5
1					
2					
3					
4	0001 ORIENTACIÓN Y LIDERAZGO 1	0003 TÉCNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN 3			204 CIRCUITOS ELECTRODÓS 1 6 462 ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA BASICA 5 152
	0008 IDIOMA TECNICO 1 2	0008 IDIOMA TECNICO 2 2	0009 IDIOMA TECNICO 3 2	0011 IDIOMA TECNICO 4 2	
	017 SOCIAL HUMANISTICA 1 4	019 SOCIAL HUMANISTICA 2 4	018 FILOSOFIA DE LA CIENCIA 3	073 DIBUJO TECNICO MECANICO 3	
	039 DEPORTES 1 1	040 DEPORTES 2 1			
	069 TECNICA COMPLEMENTARIA 1 3	071 TECNICA COMPLEMENTARIA 2 3			368 PRINCIPIOS DE METROLOGIA 3 732 ESTADISTICA 2 5 732
		769 INTRODUCCION A LA PROGRAMACION DE COMPUTADORES 4	991 LENGUAJES DE PROGRAMACION Y PROGRAMAS DE INGENIERIA ELECTRICA 3	732 ESTADISTICA 1 5	734 ESTADISTICA 2 5 732
	101 MATE BASICA 1 7	103 MATE BASICA 2 7	107 MATE INTERMEDIA 1 10	112 MATE INTERMEDIA 2 5	123 MATE APLICADA 5 6 112 114
	348 QUIMICA GENERAL 3	147 FISICA BASICA 5	150 FISICA 1 6	152 FISICA 2 6	154 FISICA 3 6 152
5			2025 PRACTICA INICIAL 103 768		
6					
	ORIENTACIÓN Y LIDERAZGO TÉCNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN		OBLIGATORIO CARNÉ 2008 EN ADELANTE		

Fuente: [https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria\\_electronica.jpg](https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria_electronica.jpg). Consulta: 13 de mayo de 2013.

Figura 104. Red de estudio Ingeniería Industrial

	6	7	8	9	10
1	660 MERCADOTECNIA 1 734 668 ADMINISTRACION DE PERSONAL 022 652 CONTABILIDAD 2 650	661 MERCADOTECNIA 2 660 656 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 650 665 MICROECONOMIA 3 637 654 CONTABILIDAD 3 652	667 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 2 656 669 ECONOMIA INDUSTRIAL 665	9998 SEMINARIO DE INVESTIGACION 200 4 Obligatorio a partir del primer semestre del 2012	
2	664 LEGISLACION 2 662 632 INGENIERIA DE PLANTAS 650 662 INGENIERIA DE METODOS 632 662 SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL 202	634 INGENIERIA DE METODOS 632 664 SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL 202	636 DISEÑO PARA LA PRODUCCION 634 644 INGENIERIA TEXTIL 1 634 638 CONTROLES INDUSTRIALES 634	706 PREPARACION Y VALUACION PROYECTOS 1 706 700 PREPARACION Y VALUACION PROYECTOS 2 706	690 CONTROL DE LA PRODUCCION 601 638 INGENIERIA TEXTIL 2 644
3	601 INVESTIGACION DE OPERACIONES 1 690	601 INVESTIGACION DE OPERACIONES 2 601	668 ECONOMOMETRIA 645 604 INVESTIGACION DE OPERACIONES 3 603	606 ANALISIS DE SISTEMAS INDUSTRIALES 603	
4	092 PROGRAMACION DE COMPUTADORES 2 090 044 ECONOMIA 1 1206	060 PROGRAMACION COMERCIAL 1 090 504 MANTENIMIENTO DE EQUIPO 520 333 GESTION DE DESASTRES 632	737 ESTADISTICA 3 734	388 INTRODUCCION A LA MANUFACTURA 1 190	
5	390 TERMODINAMICA 1 250	392 TERMODINAMICA 2 390	800 PLANTAS DE VAPOR 392 804 MOTORES DE COMBUSTION INTERNA 392	9900 SEMINARIO DE INVESTIGACION EPS 225 4	
6	302 RESISTENCIA DE MATERIALES 2 300 520 PROCESOS DE MANUFACTURA 1 452 658 METALURGIA Y METALOGRAFIA 452	522 PROCESOS DE MANUFACTURA 2 520			
7	122 MATE APLICADA 4 118 702 INGENIERIA ECONOMICA 2 700			001 ETICA PROFESIONAL 200 4	
8	200 ING. ELECTRICA 2 200	324 DISEÑO DE MAQUINAS 1 302 652			
9		2036 PRACTICA INTERMEDIA 655 655	Obligatorio a partir del primer semestre del 2006	2037 PRACTICA FINAL 2036 3006	
10	660 ECONOMIA INDUSTRIAL 665 702 INGENIERIA ECONOMICA 2 700	806 ANALISIS DE SISTEMAS INDUSTRIALES 603 661 MERCADOTECNIA 2 660	657 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 2 656 1001 ETICA PROFESIONAL 200 656	3710 PLANEAMIENTO 190 656	

Vigente / INGENIERÍA INDUSTRIAL / CÓDIGO 05

05



**VIGENTE**

**USAC • FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
E INGENIERÍA INDUSTRIAL CON OPCIÓN DE  
DIPLOMADO EN COMPETENCIAS GERENCIALES  
Y ADMINISTRACIÓN

Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Ingeniería Industrial: Desarrolla su actividad en el diseño, mejoramiento e instalación de sistemas, integrando y armonizando recursos humanos, materiales, equipo y capital, con utilización conocimientos especializados. Prepara ingenieros cuya función principal es organizar, administrar y supervisar plantas industriales; planificar y controlar la producción; investigar y desarrollar productos; controlar la calidad; analizar métodos de trabajo y otros.

La carrera de Ingeniería Industrial consta de 250 créditos, distribuidos en diez semestres. Tres áreas: Producción, Métodos cuantitativos y Administración/Economía

Teléfonos: (502) 2418-9131  
www.ingenieria.usac.edu.gt

Continuación de la figura 104.

**Mensaje del Decano**  
**Estimados Amigos Universitarios**

La Facultad de Ingeniería se encuentra trabajando durante varios años, en los procesos de Reeducación Curricular y de Acreditación Internacional de sus programas de formación. La red de estudios o pensum de estudios, debe ser sometida a un proceso dinámico de revisión, el cual debe involucrar a todos los sectores: egresados, empleadores, profesores y estudiantes, para finalmente tener profesionales con un perfil basado en las competencias.

El cumplir con el objetivo de actualizar nuestra estructura académica, significa el tener presente los compromisos de mejora de nuestras condiciones, el buscar esa mejora continua a todos los procesos, y así definir las estrategias a impulsar para tener incidencia en los cambios que demanda nuestra sociedad.

La red hoy presentada, debe tener cambios constantes, producto del consenso y de las evaluaciones serias que tenemos que fomentar a lo largo de nuestras agendas de trabajo. Cada una de las carreras o escuelas, tienen definido el objetivo y el compromiso de trabajar en búsqueda de satisfacer las necesidades del mercado y articular los conocimientos necesarios que deben conformar los diversos programas de Ingeniería

La presente red constituye en este momento su instrumento de trabajo, el esqueleto de su profesión, debemos tener presente que la misma debe ser sometida a revisión constante, y que cada uno de nosotros debe evaluar en forma objetiva a efecto de construir un mejor modelo a futuro, y tener una actualización acorde a las condiciones imperantes y a las necesidades que emanan los cambios a definir.

Bienvenidos a este reto, y a tener presente este compromiso, y caminemos juntos hacia la búsqueda constante de la calidad académica.

Saludos de su amigo,  
 Ing. Murphy Paiz  
 DECANO

	1	2	3	4	5
1				668 3 MATEMÁTICA 4 107 3 MATEMÁTICA 3	1023 3 PSICOLOGIA INDUSTRIAL • 300C 660 3 CONTABILIDAD 1 • 300C 662 3 LEGISLACION 1 • 300C
2					
3					
4				1023 3 DIBUJO TECNICO MECANICO • 100 600C 732 5 ESTADISTICA 1 • 107 000C	368 3 PRINCIPIOS DE METROLOGIA • 127 000C 1098 3 PROGRAMACION DE COMPUTADORAS 1 • 114 000C 734 5 ESTADISTICA 2 • 732
5					474 3 INTRODUCCION A LA INGENIERIA PETROLERA • 102 250 6 MECANICA DE FLUIDOS • 114 179
6	003 1 ORIENTACION Y LIDERAZGO •			1370 5 MECANICA ANALITICA 1 • 107 356	300 5 RESISTENCIA DE MATERIALES 1 • 114 000C 852 5 CIENCIA DE LOS MATERIALES • 152 1372 5 MECANICA ANALITICA 2 • 114 178
7	348 3 QUIMICA GENERAL 1 • 1101 7 MATE BASICA 1 •	1005 3 TECNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACION • 1102 7 MATE BASICA 2 • 101	352 4 QUIMICA 2 • 121 124 1107 10 MATE INTERMEDIA 1 • 103 1116 5 MATE INTERMEDIA 2 • 107	112 5 MATE INTERMEDIA 2 • 107 1116 5 MATE INTERMEDIA 2 • 107	1116 5 MATE APLICADA 3 • 112 114 1116 6 MATE APLICADA 1 • 112 114
8	069 3 TECNICA COMPLEMENTARIA 1 • 039 3 DEPORTES 1 •	1347 5 FISICA BASICA • 101 1040 1 DEPORTES 2 • 039	150 6 FISICA 1 • 101 147 152 6 FISICA 2 • 107 156		
9	017 4 SOCIAL HUMANISTICA 1 •	1018 4 SOCIAL HUMANISTICA 2 • 017	018 3 FILOSOFIA DE LA CIENCIA • 019		028 3 ECOLOGIA • 300C
10	0028 2 IDIOMA TECNICO 1 •	0028 2 IDIOMA TECNICO 2 • 0006	0006 2 IDIOMA TECNICO 3 • 0008 0011 2 IDIOMA TECNICO 4 • 0005		700 5 INGENIERIA ECONOMICA 1 • 732 300 5 ING. ELECTRICA • 114 152
			2028 1 PRACTICA INICIAL • 103		
					Obligatorio a partir del primer semestre del 2008
	ORIENTACIÓN Y LIDERAZGO TÉCNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN		OBLIGATORIO CARNÉ 2008 EN ADELANTE		

Fuente: [https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria\\_industrial.jpg](https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria_industrial.jpg). Consulta: 13 de mayo de 2013.

Figura 105. Red de estudio Ingeniería Mecánica

	6	7	8	9	10
1	2005 ING. ELECTRICA 1 • 114 1550 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 • 150 2005 INGENIERA ECONOMICA 1 • 732	2025 ING. ELECTRICA 2 • 200 1650 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 • 150 2005 INGENIERA ECONOMICA 1 • 732	6015 INVESTIGACION DE OPERACIONES 1 • 090 2566 CIRCUITOS ELECTRICOS 1 • 114 5131 MANTENIMIENTO DE HOSPITALES 1 • 311 2024 INGENIERA ECONOMICA 2 • 700	6336 INGENIERIA DE METODOS • 632 6035 INVESTIGACION DE OPERACIONES 2 • 601 2558 MAQUINAS HIDRAULICAS • 252 5133 MANTENIMIENTO DE HOSPITALES 2 • 511 5508 MANTENIMIENTO DE HOSPITALES 2 • 520 6330 INGENIERIA DE LA PRODUCCION • 165	5123 INSTRUMENTACION • 202 5103 INSTALACIONES MECANICAS • 556 5135 MANTENIMIENTO DE HOSPITALES 3 • 513 6458 MECANICA DE SUELOS • 300 6442 SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL • 202 2322 ELECTRONICA 1 • 204
2			5246 DISEÑO DE MAQUINAS 1 • 302	3026 ANALISIS ESTRUCTURAL 1 • 302 5530 MECANISMOS • 172 5266 DISEÑO DE MAQUINAS 2 • 524	5325 VIBRACIONES • 530 5286 DISEÑO DE MAQUINAS 3 • 526
3	3905 TERMODINAMICA 1 • 250	3925 TERMODINAMICA 2 • 390 5538 GEOFISICA DEL PETROLEO • 114	2526 HIDRAULICA • 250 3065 PLANTAS DE VAPOR • 392 6332 INGENIERIA DE PLANTAS • 603	3355 GESTION DE DESASTRES • 632 5022 REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO • 392 3988 INTRODUCCION A LA INGENIERIA AMBIENTAL • 190	5045 MOTORES DE COMBUSTION INTERNA • 392
4	3005 RESISTENCIA DE MATERIALES 1 • 114 4525 CIENCIA DE LOS MATERIALES • 152	3025 RESISTENCIA DE MATERIALES 2 • 300 5203 PROCESOS DE MANUFACTURA 1 • 552	3044 RESISTENCIA DE MATERIALES 3 • 302 4526 METALURGIA Y METALOGRAFIA • 452 5223 PROCESOS DE MANUFACTURA 2 • 520		
5	1322 MATE. APLICADA 4 • 118 1320 MATE. APLICADA 2 • 118 1546 FISICA 4 • 154	1092 PROGRAMACION DE COMPUTADORAS 2 • 090		2999 SEMINARIO DE INVESTIGACION • 200 • Obligatorio a partir del primer semestre del 2012 2996 SEMINARIO DE INVESTIGACION EPS • 225	6365 DISEÑO DE LA PRODUCCION • 634
6	1096 PROGRAMACION DE COMPUTADORAS 1 • 114 6623 LEGISLACION 1 • 90 1536 PERFORACION DE POZOS 1 • 451	1092 PROGRAMACION DE COMPUTADORAS 2 • 090 6650 CONTABILIDAD 1 • 90		0001 ETICA PROFESIONAL • 200	1910 PLANEAMIENTO • 190
7	3022 PSICOLOGIA INDUSTRIAL • 90 662 LEGISLACION 1 • 90	2036 PRACTICA INTERMEDIA • 303 3658 ADMINISTRACION DE PERSONAL • 022 3664 LEGISLACION 2 • 662	6656 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 • 150 6657 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 2 • 656	2037 PRACTICA FINAL • 2036 • Obligatorio a partir del primer semestre del 2006	

Vigente / INGENIERÍA MECÁNICA / CÓDIGO 03

03



**USAC •  
FACULTAD  
DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA MECÁNICA**  
E INGENIERÍA MECÁNICA CON OPCIÓN DE  
DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN

Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Ingeniería Mecánica: Aplica a la ciencia y arte de la generación, Transmisión y utilización del calor y de la energía mecánica. Diseña y controla la producción de herramientas, motores, máquinas, vehículos y otros procesos productivos para la industria mecánica y metalúrgica.

La Ingeniería Mecánica consta de 250 créditos, distribuidos en diez semestres. Cuatro áreas: Diseño de máquinas, Térmica, Materiales de ingeniería y complementaria.

Teléfonos: (502) 2443-9500 extensión 1533  
www.ingenieria.usac.edu.gt

Continuación de la figura 105.

**Mensaje del Decano**  
Estimados Amigos Universitarios

La Facultad de Ingeniería se encuentra trabajando durante varios años, en los procesos de Readequación Curricular y de Acreditación Internacional de sus programas de formación. La red de estudios o pensum de estudios, debe ser sometida a un proceso dinámico de revisión, el cual debe involucrar a todos los sectores; egresados, empleadores, profesores y estudiantes, para finalmente tener profesionales con un perfil basado en las competencias.

El cumplir con el objetivo de actualizar nuestra estructura académica, significa el tener presente los compromisos de mejora de nuestras condiciones, el buscar esa mejora continua a todos los procesos, y así definir las estrategias a impulsar para tener incidencia en los cambios que demanda nuestra sociedad.

La red hoy presentada, debe tener cambios constantes, producto del consenso y de las evaluaciones serias que tenemos que fomentar a lo largo de nuestras agendas de trabajo. Cada una de las carreras o escuelas, tienen definido el objetivo y el compromiso de trabajar en búsqueda de satisfacer las necesidades del mercado y articular los conocimientos necesarios que deben conformar los diversos programas de Ingeniería.

La presente red constituye en este momento su instrumento de trabajo, el esqueleto de su profesión, debemos tener presente que la misma debe ser sometida a revisión constante, y que cada uno de nosotros debe evaluar en forma objetiva a efecto de construir un mejor modelo a futuro, y tener una actualización acorde a las condiciones imperantes y a las necesidades que emanan los cambios a definir.

Bienvenidos a este reto, y a tener presente este compromiso, y caminemos juntos hacia la búsqueda constante de la calidad académica.

Saludos de su amigo,  
Ing. Murphy Paiz  
DECANO

	1	2	3	4	5	
1					1073 3 DIBUJO TECNICO MECANICO • 0069 0069	
2					0862 5 ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA BASICA • 152	
3					250 6 MECANICA DE FLUIDOS • 0114 0114	
4				0776 5 MECANICA ANALITICA 1 • 0107 0150	0772 5 MECANICA ANALITICA 2 • 0114 0121	
5	0017 4 SOCIAL HUMANISTICA 1 • 0109 4 SOCIAL HUMANISTICA 2 • 017 017	0039 1 DEPORTES 1 • 040 1 DEPORTES 2 • 039 039	0107 10 MATE INTERMEDIA 1 • 103 103	0118 3 FILOSOFIA DE LA CIENCIA • 019 019	0010 2 LOGICA • 019 019	0368 3 PRINCIPIOS DE METROLOGIA • 021 021
6	1017 7 MATE BASICA 1 • 103 7 MATE BASICA 2 • 101 101	0009 3 TECNICA COMPLEMENTARIA 1 • 147 5 FISICA BASICA • 101 101	0300 3 GEOGRAFIA • 147 147	0352 6 FISICA 1 • 103 147	0352 6 FISICA 2 • 107 059	0316 5 MATE APLICADA 1 • 112 014
7	0003 1 ORIENTACION Y LIDERAZGO • 348 3 QUIMICA GENERAL 1 • 0005 3 TECNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACION	0008 2 IDIOMA TECNICO 2 • 0006 0006	0009 2 IDIOMA TECNICO 3 • 0008 0008	0352 4 QUIMICA 2 • 011 046	0800 3 GEOLOGIA • 030 046	0318 6 MATE APLICADA 2 • 012 014
8	0008 02 IDIOMA TECNICO 1		0025 2 PRACTICA INICIAL • 103 103	0732 5 ESTADISTICA 1 • 107 005	0028 3 ECOLOGIA • 90Cr 90Cr	
9				0080 6 TOPOGRAFIA 1 • 107 107	0476 3 GEOLOGIA DEL PETROLEO • 450 450	
10				0011 2 IDIOMA TECNICO 4 • 0009 0009	1734 5 ESTADISTICA 2 • 732 732	
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						

Fuente: [https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria\\_mecanica.jpg](https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria_mecanica.jpg). Consulta: 13 de mayo de 2013.

Figura 106. Red de estudio Ingeniería Mecánica Industrial

	6	7	8	9	10
1	660 3 MERCADOTECNIA 1 • 754 658 3 ADMINISTRACION DE PERSONAL • 823 652 3 CONTABILIDAD 2 • 658 664 3 LEGISLACION 2 • 653	641 3 MERCADOTECNIA 2 • 650 656 3 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 • 650C 665 3 MICROECONOMIA • 657	657 3 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 2 • 656 669 3 ECONOMIA INDUSTRIAL • 665	706 4 SEMINARIO DE INVESTIGACION • 706 Obligatorio • partir del segundo semestre del 2010	706 4 PREPARACION 1 DELABORACION PROYECTOS 1 • 706 706 4 PREPARACION 2 DELABORACION PROYECTOS 2 • 706
2	601 5 INVESTIGACION DE OPERACIONES 1 • 605 602 5 INVESTIGACION DE OPERACIONES 2 • 601	642 3 SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL • 797 654 6 INGENIERIA DE METODOS • 632	608 5 ECONOMOMETRIA • 734 636 5 DISEÑO PARA LA PRODUCCION • 634 644 4 INGENIERIA TEXTIL 1 • 634 638 6 CONTROLES INDUSTRIALES • 634 638 6 DISEÑO DE MOLINOS 2 • 524	606 5 ANALISIS DE SISTEMAS INDUSTRIALES • 603 640 6 CONTROL DE LA PRODUCCION • 641 641 4 INGENIERIA TEXTIL 2 • 641	
3	632 6 INGENIERIA DE PLANOS • 632 632 6 INGENIERIA DE PLANOS • 632	524 6 DISEÑO DE MOLINOS 1 • 524 506 5 MOLINO Y MANTENIMIENTO DE MOLINO • 503	524 6 DISEÑO DE MOLINOS 1 • 524 506 5 MOLINO Y MANTENIMIENTO DE MOLINO • 503		
4	202 5 ING. ELECTRICA 2 • 202 530 3 MECANISMOS • 532 532 3 PROCESOS DE MANUFACTURA 2 • 533	524 6 DISEÑO DE MOLINOS 1 • 524 506 5 MOLINO Y MANTENIMIENTO DE MOLINO • 503	524 6 DISEÑO DE MOLINOS 1 • 524 506 5 MOLINO Y MANTENIMIENTO DE MOLINO • 503		
5	302 5 RESISTENCIA DE MATERIALES 2 • 302 304 4 RESISTENCIA DE MATERIALES 3 • 302	524 6 DISEÑO DE MOLINOS 1 • 524 506 5 MOLINO Y MANTENIMIENTO DE MOLINO • 503	524 6 DISEÑO DE MOLINOS 1 • 524 506 5 MOLINO Y MANTENIMIENTO DE MOLINO • 503		
6	252 6 HIDRAULICA • 252 392 5 TERMODINAMICA 2 • 390	524 6 DISEÑO DE MOLINOS 1 • 524 506 5 MOLINO Y MANTENIMIENTO DE MOLINO • 503	506 5 PLANTAS DE VAPOR • 392 504 5 MOTORES DE COMBUSTION INTERNA • 392 502 5 REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO • 392		
7	390 5 TERMODINAMICA 1 • 390 454 6 METALURGIA • 452 452 6 METALOGRAFIA • 452	250 4 MAQUINAS HIDRAULICAS • 252 532 5 VIBRACIONES • 530	512 3 INSTRUMENTACION MECANICA • 511 510 3 INSTALACIONES MECANICAS • 511		
8	702 4 INGENIERIA ECONOMICA 2 • 702 682 6 PROGRAMACION DE COMPUTADORES 2 • 682	335 3 GESTION DE DESASTRES • 633 687 3 PROGRAMACION GENERAL • 682		686 4 PROGRAMACION DE LA MANUFACTURA • 686	
9	520 3 PROCESOS DE MANUFACTURA 1 • 452 122 4 MATE APLICADA 4 • 118 120 6 MATE APLICADA 2 • 118 156 6 FISICA 4 • 154	2036 3 PRACTICA INTERMEDIA • 2036 Obligatorio • partir del segundo semestre del 2013	2037 3 PRACTICA FINAL • 2037	001 4 ETICA PROFESIONAL • 200	
10	666 3 ECONOMIA INDUSTRIAL • 666 702 3 INGENIERIA ECONOMICA 3 • 700	661 3 MERCADOTECNIA 2 • 660 001 3 ETICA PROFESIONAL • 200	606 5 ANALISIS DE SISTEMAS INDUSTRIALES • 603 001 3 ETICA PROFESIONAL • 200	657 3 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 2 • 656 710 6 PLANEAMIENTO • 700	

Vigente / INGENIERIA MECÁNICA INDUSTRIAL / CODIGO 7



VIGENTE **7**  
CÓDIGO

**USAC •**  
**FACULTAD**  
**DE INGENIERÍA**

**INGENIERIA MECÁNICA INDUSTRIAL E**  
**INGENIERIA MECÁNICA INDUSTRIAL**  
**CON OPCIÓN DE DIPLOMADO EN**  
**ADMINISTRACION Y EN COMPETENCIAS**  
**GERENCIALES**

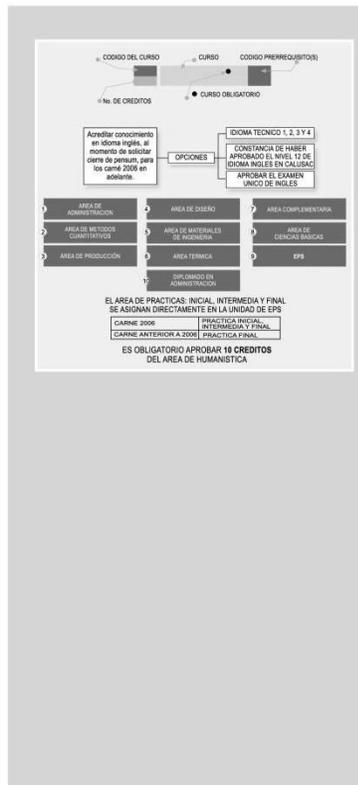
Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Ingeniería Mecánica Industrial: Enfocada a satisfacer la demanda de la mediana y pequeña industria del país, optimizando la maquinaria requerida en los procesos productivos. El ingeniero mecánico industrial genera proyectos y procesos para desarrollo de la industria, operación de instalaciones y equipo, mantenimiento y administración.

Consta de 12 semestres, desarrollando 3 áreas: Producción, Métodos Cuantitativos y Administración / Economía. Su área de trabajo se enfoca en fábricas y entidades productivas.

Teléfonos: (502) 2443-9500 extensión 1647 ó (502) 2442-3507  
www.ingenieria.usac.edu.gt

Continuación de la figura 106.



	1	2	3	4	5
1				698 6 INTRODUCCION A PROYECTOS SERVICIALES 197	622 3 PSICOLOGIA INDUSTRIAL 200C 650 5 CONTABILIDAD 1 200C 662 3 LEGISLACION 1 200C 700 5 INGENIERIA ECONOMICA 1 200C
2					
3					
4					200 5 ING. ELECTRICA 1 214 122
5				170 5 MECANICA ANALITICA 1 200C 200 5 RESISTENCIA DE MATERIALES 1 200C 192 5 MECANICA ANALITICA 2 200C	452 3 CIENCIA DE LOS MATERIALES 200C 300 5 RESISTENCIA DE MATERIALES 1 200C 192 5 MECANICA ANALITICA 2 200C
6				474 3 INTRODUCCION A LA INGENIERIA PETROLERA 197	250 6 MECANICA DE FLUIDOS 200C
7	006 3 TECNICA COMPLEMENTARIA 1 200C			073 3 DIBUJO TECNICO MECANICO 200C 348 3 PRINCIPIOS DE METEOROLOGIA 200C 204 6 CIRCUITOS ELECTRICOS 1 200C	732 5 ESTADISTICA 1 200C 600 3 PROGRAMACION DE COMPUTADORAS 1 200C
8	1003 1 ORIENTACION Y LIDERAZGO 200C 0006 2 IDIOMA TECNICO 1 200C 017 4 SOCIAL HUMANISTICA 1 200C 039 1 DEPORTES 1 200C 101 7 MATE BASICA 1 200C 348 3 QUIMICA GENERAL 1 200C	1005 3 TECNICA DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACION 200C 0008 2 IDIOMA TECNICO 2 200C 018 4 SOCIAL HUMANISTICA 2 200C 040 3 DEPORTES 2 200C 103 7 MATE BASICA 2 200C 147 5 FISICA BASICA 200C	0009 2 IDIOMA TECNICO 3 200C 1916 3 FILOSOFIA DE LA CIENCIA 200C 107 19 MATE INTERMEDIA 1 103 150 6 FISICA 1 103 147 352 4 QUIMICA 2 103 147	011 2 IDIOMA TECNICO 4 200C 112 5 MATE INTERMEDIA 2 103 114 5 MATE INTERMEDIA 3 103 152 6 FISICA 2 103 147	623 3 ECOLOGIA 200C 116 5 MATE APLICADA 3 103 118 6 MATE APLICADA 1 103 154 6 FISICA 3 103
9			2025 2 PRACTICA INICIAL 103		
10	ORIENTACIÓN Y LIDERAZGO TÉCNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN			OBLIGATORIO CARNE 2008 EN ADELANTE	

Fuente: [https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria\\_mecanica\\_industrial.jpg](https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria_mecanica_industrial.jpg). Consulta: 13 de mayo de 2015.

Figura 107. Red de estudio Ingeniería Mecánica Eléctrica

	7	8	9	10	11	12
1	1306 6 CIRCUITOS ELECTRICOS 2 • 1311			1230 6 INSTRUMENTACION ELECTRICA • 1231 720		2306 6 INSTALACIONES ELECTRICAS • 214
2			2311 5 TEORIA ELECTROMAGNETICA 2 • 210	1240 6 ELECTRONICA 2 • 121 232 6 ELECTRONICA 1 • 204 862	2346 6 ELECTRONICA 3 • 232	
3			2312 6 ELECTRONICA 1 • 204 862	1236 6 SISTEMAS DE CONTROL 1 • 232 232	2347 6 ELECTRONICA 4 • 240	2336 6 AUTOMATIZACION INDUSTRIAL • 214
4	2318 5 LINEAS DE TRANSMISION • 304 210	2313 5 CONVERSION DE ENERGIA • 204 ELECTROMAGNETICA 1 • 204 210	2144 6 MAQUINAS ELECTRICAS • 209 212	2320 5 ANALISIS DE SISTEMAS DE POTENCIA 1 • 211	2322 6 SISTEMAS DE POTENCIA 2 • 211	2323 5 SISTEMAS DE GENERACION • 209 238
5	1320 3 PROCESOS DE MANUFACTURA 1 • 452		2319 5 CONVERSION DE ENERGIA • 204 ELECTROMAGNETICA 2 • 212	2321 5 SUBESTACIONES • 211	2324 5 ALTA TENSION • 211	
6	1434 6 METALURGIA Y METALOGRAFIA • 452		2320 5 TRANSDUCTORES Y DETECCION • 211	2325 5 DISEÑO DE MAQUINAS 1 • 302	2326 5 DISEÑO DE MAQUINAS 2 • 302	1537 5 VIBRACIONES • 530
7			1534 6 DISEÑO DE MAQUINAS 1 • 302	1535 5 DISEÑO DE MAQUINAS 2 • 302	1536 5 DISEÑO DE MAQUINAS 3 • 302	1538 4 MAQUINAS HIDRAULICAS • 552
8			1532 3 PROCESOS DE MANUFACTURA 2 • 520	1590 5 TERMOACUSTICA 1 • 390	1592 5 TERMOACUSTICA 2 • 390	1596 5 PLANTAS DE VAPOR • 392
9			1599 4 SEMINARIO DE INVESTIGACION a partir del primer semestre del 2012	1530 3 MECANISMOS • 172 462	1531 3 MONTAJE Y MANT DE EQUIPO • 120	1504 5 MOTORES DE COMBUSTION INTERNA • 392
10			1599 4 SEMINARIO DE INVESTIGACION EPD	1532 3 MECANISMOS • 172 462	1533 3 MONTAJE Y MANT DE EQUIPO • 120	1505 5 REFRIGERACION Y AIRE-CONDICIONADO • 392
11						1534 3 INSTALACIONES MECANICAS • 508 508
12						1535 3 INSTALACIONES MECANICAS • 508 508
13						1536 5 MANTENIMIENTO DE HOSPITALES 1 • 512 512
14	1300 5 RESISTENCIA DE MATERIALES 1 • 174 178	1302 5 RESISTENCIA DE MATERIALES 2 • 300	1304 4 RESISTENCIA DE MATERIALES 3 • 302			
15	1722 5 TEORIA DE SISTEMAS 1 • 120	1724 5 TEORIA DE SISTEMAS 2 • 122				
16	1702 4 INGENIERIA ECONOMICA 2 • 700	1260 5 MECANICA DE FLUIDOS • 174 370	1301 3 GESTION DE DESASTRES • 632			
17	1862 3 LEGISLACION 1 • 900	1772 5 MECANICA ANALITICA 2 • 174 370				
18	1868 3 ADMINISTRACION DE PERSONAL • 022	1862 3 CONTABILIDAD 2 • 600				
19		1860 6 INGENIERIA DE PLANTAS • 180 372				
20		1738 5 TEORIA PROBABILISTICA DE DECISIONES • 178				
21		1856 5 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 • 150 152				
22			1546 6 FISICA 4 • 154			
23	2038 6 PRACTICA INTERMEDIA • 201					
24	1022 6 PSICOLOGIA INDUSTRIAL • 100	1688 6 ADMINISTRACION DE PERSONAL • 022	1686 6 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 • 150 152	1687 6 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 2 • 150		
25	1882 6 LEGISLACION 1 • 100	1864 6 LEGISLACION 2 • 102		1001 6 ETICA PROFESIONAL • 200 202		
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39						
40						
41						
42						
43						
44						
45						
46						
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						

Vigente / INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA / CÓDIGO 06

06

**USAC • FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**  
**E INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA CON**  
**OPCIÓN DE DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN**

Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Ingeniería Mecánica Eléctrica: Planifica y diseña la utilización, eficaz de la maquinaria; realiza el montaje del equipo industrial y su mantenimiento. Dirige operaciones de plantas de generación, en las cuales es necesario el conocimiento de la Ingeniería Mecánica y la Ingeniería Eléctrica. Elabora proyectos y supervisa la construcción de sistemas eléctricos y mecánicos. Selecciona equipos y materiales que se emplean en los procesos industriales.

La Ingeniería Mecánica Eléctrica, consta de 300 créditos distribuidos en 12 semestres. Cuatro áreas: Básica y Complementaria, Específica y Aplicada.

Teléfono (502) 2418-9130  
[www.ingenieria.usac.edu.gt](http://www.ingenieria.usac.edu.gt)

Continuación de la figura 107.

**Mensaje del Decano**  
**Estimados Amigos Universitarios**

La Facultad de Ingeniería se encuentra trabajando durante varios años, en los procesos de Readecuación Curricular y de Acreditación Internacional de sus programas de formación. La red de estudios o pensum de estudios, debe ser sometida a un proceso dinámico de revisión, el cual debe involucrar a todos los sectores: egresados, empleadores, profesores y estudiantes, para finalmente tener profesionales con un perfil basado en las competencias.

El cumplir con el objetivo de actualizar nuestra estructura académica, significa el tener presente los compromisos de mejora de nuestras condiciones, el buscar esa mejora continua a todos los procesos, y así definir las estrategias a impulsar para tener incidencia en los cambios que demanda nuestra sociedad.

La red hoy presentada, debe tener cambios constantes, producto del consenso y de las evaluaciones serias que tenemos que fomentar a lo largo de nuestras agendas de trabajo. Cada una de las carreras o escuelas, tienen definido el objetivo y el compromiso de trabajar en búsqueda de satisfacer las necesidades del mercado y articular los conocimientos necesarios que deben conformar los diversos programas de Ingeniería.

La presente red constituye en este momento su instrumento de trabajo, el esqueleto de su profesión, debemos tener presente que la misma debe ser sometida a revisión constante, y que cada uno de nosotros debe evaluar en forma objetiva a efecto de construir un mejor modelo a futuro, tener una actualización acorde a las condiciones imperantes y a las necesidades que emanen los cambios a definir.

Bienvenidos a este reto, y a tener presente este compromiso, y amímonos juntos hacia la búsqueda constante de la calidad académica.

Saludos de su amigo,  
 Ing. Murphy Paiz  
 DECANO

	1	2	3	4	5	6
1						210 TORA ELECTROMAGNETICA 1 111 6 112
2					024 CIRCUITOS ELECTRICOS 1 111 6 112	402 ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA BASICA 152
3						
4						
5	0001 ORIENTACIÓN LIDERAZGO 1	0005 TENDAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN 3	0008 IDIOMA TECNICO 1 2	0009 IDIOMA TECNICO 2 2	0011 IDIOMA TECNICO 3 2	0015 IDIOMA TECNICO 4 2
6	0002 SOCIAL HUMANISTICA 1 4	0006 SOCIAL HUMANISTICA 2 4	0010 FLOSOFIA DE LA CIENCIA 3	0012 LOGICA 2	0019 DIBUJO TECNICO MECANICO 3	0021 TOPOGRAFIA 1 6
7	0003 TECNICA COMPLEMENTARIA 1 3	0007 TECNICA COMPLEMENTARIA 2 3	0013 LENGUAJES DE PROGRAMACION 3	0014 ESTADISTICA 1 5	0022 MATE APPLICADA 1 4	0023 MATE APPLICADA 2 4
8	0004 DEPORTES 1 1	0008 DEPORTES 2 1	0015 QUIMICA GENERAL 1 4	0016 MATE INTERMEDIA 1 5	0017 MATE APPLICADA 3 5	0018 MATE APPLICADA 4 5
9	0009 MATE BASICA 1 7	0010 MATE BASICA 2 7	0019 FISICA BASICA 1 5	0020 FISICA 1 6	0024 FISICA 2 6	0025 FISICA 3 6
10			0028 PRACTICA INICIAL 1			
11						0501 CONTABILIDAD 1 3 8001 ECOLOGIA 3 1000 INGENIERIA ECONOMICA 1 5 1002 PSICOLOGIA INDUSTRIAL 3 1003 CIENCIA DE LOS MATERIALES 5 1004 ANALISIS PRISALITICO 4 1005 MATE APPLICADA 1 4 1006 MATE APPLICADA 2 4 1007 MATE APPLICADA 3 4 1008 MATE APPLICADA 4 4
12	ORIENTACIÓN Y LIDERAZGO TÉCNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN			OBLIGATORIO CARNÉ 2008 EN ADELANTE		

Fuente: [https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria\\_mecanicaelectrica.jpg](https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria_mecanicaelectrica.jpg). Consulta:

13 de mayo de 2013.

Figura 108. Red de estudio Ingeniería Química

	6	7	8	9	10
1	3361 4 BIOQUÍMICA 360			437 4 CONTROL DE CONTAMINANTES INDUSTRIALES 370 394 416	
	3370 3 QUÍMICA AMBIENTAL 360			462 4 OPERACIONES Y PROCESOS TRANSACCIONALES 416	
2	3386 5 PERFORACION DE POZOS 1 480 484			420 4 LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 2 428	460 3 SEPARACION POR MEDIO DE MEMBRANAS INDUSTRIALES 418
	3388 4 GEOFISICA DEL PETROLEO 314 476		428 4 LABORATORIO DE INGENIERÍA QUÍMICA 1 484	420 3 OPERACIONES COMPLEMENTARIAS (IQ-6) 416	
	3412 4 FLUJO DE FLUIDOS (IQ-2) 314 300	414 4 TRANSFERENCIA DE CALOR (IQ-3) 116 412	416 4 TRANSFERENCIA DE MASA (IQ-4) 396	418 4 TRANSFERENCIA DE MASA (IQ-4) 396	
	3440 5 MICROBIOLOGIA 360 732	422 4 TECNOLOGIA DE LOS ALIMENTOS 412 361	464 4 INGENIERIA TEXTIL 1 414	442 5 BIOINGENIERIA 1 416 440	434 4 PROCESOS QUÍMICOS INDUSTRIALES 418
3	3520 3 PROCESOS DE MANUFACTURA 1 452	430 5 INGENIERIA DE LA PRODUCCION 160 636	502 5 REFRIGERACION Y AIRE ACONDICIONADO 414	433 4 INGENIERIA DEL AZÚCAR 394 416	436 3 DISEÑO DE EQUIPO 396 418
	3544 6 METALURGIA Y METALURGIA 452	642 3 SEGURIDAD E HIGIENE INDUSTRIAL 202	506 5 PLANTAS DE VAPOR 394	704 4 INGENIERIA ECONOMICA 3 416 700	421 3 GESTION TOTAL DE LA CALIDAD 416
	3556 6 MATERIALES DE CONSTRUCCION 300			486 5 DISEÑO DE PLANTAS 416 700	425 3 INTRODUCCION A LA GESTION TECNOLÓGICA 416
4	3382 4 FISICO QUÍMICA 2 380	3388 2 LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 2 380	3396 4 TERMODINAMICA 4 394	3398 4 CINETICA DE PROCESOS QUÍMICOS 396 416	482 4 DINAMICA DE PROCESOS QUÍMICOS 396 418
	3360 2 LABORATORIO DE FISICO QUÍMICA 1 380	3394 4 TERMODINAMICA 3 382	3394 5 MOTORES DE COMBUSTION INTERNA 394	484 4 CONSERVACION DE LA ENERGIA EN LA INDUSTRIA 396 416	
	0092 4 PROGRAMACION DE COMPUTADORAS 2 090	1198 3 CALIDAD DEL AGUA 440	1196 3 CALIDAD DEL AIRE 198	435 4 RECURSOS Y PROCESOS DE CENTROAMERICA 394 416	
5	3302 5 RESISTENCIA DE MATERIALES 2 300			706 4 PREPARACION Y VALIDACION DE PROYECTOS 1 396	
	3322 4 MATE APLICADA 4 118			3388 4 INTRODUCCION A LA INGENIERIA PROFESIONAL 198	
	3320 6 MATE APLICADA 2 118			0001 4 ÉTICA PROFESIONAL 200 Ct	
	3156 6 FISICA 4 154			3993 4 SEMINARIO DE INVESTIGACION 200 Ct	
	3052 3 CONTABILIDAD 2 650			3999 4 SEMINARIO DE INVESTIGACION 200 Ct	
	601 5 INVESTIGACION DE OPERACIONES 1 090	603 5 INVESTIGACION DE OPERACIONES 2 601		3990 4 SEMINARIO DE INVESTIGACION ESPECIAL 200 Ct	
	202 5 INGENIERIA ELECTRICA 2 200				
	658 3 ADMINISTRACION DE PERSONAL 022	656 5 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 150Ct			
6		2036 3 PRACTICA INTERMEDIA 300		2037 3 PRACTICA FINAL 2036 2036	
7	022 3 PSICOLOGIA INDUSTRIAL 90Ct	658 3 ADMINISTRACION DE PERSONAL 022	656 3 ADMINISTRACION EMPRESAS 1 150Ct	3657 3 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 2 656	
	1662 3 LEGISLACION 1 90Ct	664 3 LEGISLACION 2 662		0001 3 ÉTICA PROFESIONAL 200 Ct	

Vigente / INGENIERÍA QUÍMICA / CÓDIGO 02

02

**VIGENTE**  
UNIVERSIDAD DEL CESAR  
CAROLINA ACADEMIA COLOMBIANA

USAC •  
FACULTAD  
DE INGENIERÍA

**INGENIERÍA QUÍMICA**  
E INGENIERÍA QUÍMICA CON OPCIÓN DE  
DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN

Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Ingeniería Química: Se ocupa de la planificación, diseño, montaje, operación, mantenimiento y administración de procesos y plantas industriales, para la producción comercial. Desempeña sus labores en la industria en general y especialmente en las plantas de destilación, refinamiento, producción de combustibles, lubricantes, aceites comestibles, textiles, fertilizantes, pinturas, detergentes y otros.

La Ingeniería Química consta de 256 créditos, distribuidos en diez semestres. Cuatro áreas: Química, Fisicoquímica Operaciones Unitarias y Cursos complementarios.

Teléfonos: (502) 24189118,  
(502) 2418-8322  
www.ingenieria.usac.edu.gt

Continuación de la figura 108.

**Mensaje del Decano**  
Estimados Amigos Universitarios

La Facultad de Ingeniería se encuentra trabajando durante varios años, en los procesos de Reestructuración Curricular y de Acreditación Internacional de sus programas de formación. La red de estudios o pensum de estudios, debe ser sometida a un proceso dinámico de revisión, el cual debe involucrar a todos los sectores: egresados, empleadores, profesores y estudiantes, para finalmente tener profesionales con un perfil basado en las competencias.

El cumplir con el objetivo de actualizar nuestra estructura académica, significa el tener presente los compromisos de mejora de nuestras condiciones, el buscar esa mejora continua a todos los procesos, y así definir las estrategias a impulsar para tener incidencia en los cambios que demanda nuestra sociedad.

La red hoy presentada, debe tener cambios constantes, producto del consenso y de las evaluaciones serias que tenemos que fomentar a lo largo de nuestras agendas de trabajo. Cada una de las carreras o escuelas, tienen definido el objetivo y el compromiso de trabajar en búsqueda de satisfacer las necesidades del mercado y articular los conocimientos necesarios que deben conformar los diversos programas de Ingeniería.

La presente red constituye en este momento su instrumento de trabajo, el esqueleto de su profesión, debemos tener presente que la misma debe ser sometida a revisión constante, y que cada uno de nosotros debe evaluar en forma objetiva a efecto de construir un mejor modelo a futuro, y tener una actualización acorde a las condiciones imperantes y a las necesidades que emanen los cambios a definir.

Bienvenidos a este reto, y a tener presente este compromiso, y caminemos juntos hacia la búsqueda constante de la calidad académica.

Saludos de su amigo,  
Ing. Murphy Paiz  
DECANO

	1	2	3	4	5
1	356 5 QUÍMICA 3	356 5 QUÍMICA 4	360 5 ANÁLISIS CUALITATIVO 1	358 4 QUÍMICA ORGÁNICA 1	360 4 QUÍMICA ORGÁNICA 2
2				364 5 ANÁLISIS CUANTITATIVO	360 3 ANÁLISIS INSTRUMENTAL
3					467 5 BIOLOGÍA ESTRUCTURAL
4					476 3 GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO
5					478 4 BALANCE DE MASA Y ENERGÍA (I-II)
6				100 6 TOPOGRAFÍA 1	300 5 RESISTENCIA DE MATERIALES 1
7					452 5 CIENCIA DE LOS MATERIALES
8					462 3 LEGISLACIÓN 1
9					360 4 FÍSICO QUÍMICA 1
10					478 4 PETROLOGÍA
11	003 1 ORIENTACIÓN Y LIDERAZGO	005 3 TÉCNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN	018 3 FILOSOFÍA DE LA CIENCIA	016 2 LÓGICA	019 3 PROGRAMACIÓN DE COMPUTADORAS 1
12	007 4 SOCIAL HUMANÍSTICA 1	008 4 SOCIAL HUMANÍSTICA 2	017 2 IDIOMA TÉCNICO 1	019 2 IDIOMA TÉCNICO 2	020 2 ECOLOGÍA
13	009 2 IDIOMA TÉCNICO 2	006 2 IDIOMA TÉCNICO 3	008 2 BIOLOGÍA GENERAL	009 2 PRINCIPIOS DE METROLOGÍA	021 3 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA
14	010 1 DEPORTES 1	010 2 DEPORTES 2	023 3 GEOLOGÍA	024 3 MECANICA ANALÍTICA 1	025 6 MECANICA DE FLUIDOS
15	011 3 TÉCNICA COMPLEMENTARIA 1	011 3 TÉCNICA COMPLEMENTARIA 2	026 5 MATE INTERMEDIA 1	027 5 MATE INTERMEDIA 2	028 5 MATE APLICADA 1
16	012 7 MATE BÁSICA 1	010 7 MATE BÁSICA 2	027 10 MATE INTERMEDIA 1	028 5 MATE INTERMEDIA 2	029 5 MATE APLICADA 2
17	013 5 FÍSICA BÁSICA 1	011 6 FÍSICA 1	028 6 FÍSICA 2	029 6 FÍSICA 3	030 3 PSICOLOGÍA INDUSTRIAL
18			029 3 GEOGRAFÍA	030 5 ESTADÍSTICA 1	031 5 INGENIERÍA ECONÓMICA 1
19				031 5 ESTADÍSTICA 2	032 3 CONTABILIDAD 1
20				032 3 INGENIERÍA ELECTRÓNICA 1	033 5 INGENIERÍA DE SISTEMAS
21				033 3 PRÁCTICA INICIAL	034 3 OBLIGATORIO CARRERA 2008 EN ADELANTE

Fuente: [https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria\\_quimica.jpg](https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria_quimica.jpg). Consulta: 13 de mayo de 2015.

Figura 109. Red de estudio Ingeniería Ciencias y Sistemas

	6	7	8	9	10
1	722 TEORÍA DE SISTEMAS 1 • 111 601 INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES 1 • 731 814 ECONOMÍA • 732	724 TEORÍA DE SISTEMAS 2 • 112 603 INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES 2 • 732 734 ESTADÍSTICA 2 • 732	727 601	729 MODELACIÓN Y SIMULACIÓN 1 • 734 736 SISTEMAS ORGANIZACIONALES GERENCIALES 1 • 732 736 EMPRENDEDORES DE NEG. INFORMÁTICOS • 736	781 RETNALS ORGANIZACIONALES 1 • 786 734 729
2	781 ORG. LENGUAJES Y COMPILADORES 2 • 777 776 ARO. COMPU Y ENSAMBLADORES 1 • 196 5 ENSAMBLADORES 1 • 964	781 SISTEMAS OPERATIVOS 1 • 778 776 ARO. COMPU Y ENSAMBLADORES 2 • 778 REDES DE COMPUTADORAS 1 • 773	781 SISTEMAS OPERATIVOS 2 • 281 975 REDES DE COMPUTADORAS 2 • 970	972 INTELIGENCIA ARTIFICIAL 1 • 771 776 SEGURIDAD Y AUDITORIAS DE REDES • 975	964 INTELIGENCIA ARTIFICIAL 2 • 972 974 REDES DE NUEVA GENERACION • 975
3	773 MANEJO E IMPLEMENTACION DE REPOS • 772	774 SISTEMAS DE BASES DE DATOS 1 • 773 ADMINISTRACION DE EMPRESAS 1 • 150	775 SISTEMAS DE BASES DE DATOS 2 • 281 ANALISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS 1 • 774	785 ANALISIS Y DISEÑO DE SISTEMAS 2 • 283 786 SISTEMAS APLICADOS 1 • 283 788 BASES DE DATOS AVANZADAS • 775	786 SOFTWARE AVANZADO • 785 789 SISTEMAS APLICADOS 2 • 788 793 AUDITORIA DE PROJ. DE SOFTWARE • 785
4	1122 MATE APLICADA 4 • 118 1200 MATE APLICADA 2 • 118 2000 ING. ELECTRICA 1 • 114 652 CONTABILIDAD 2 • 650	654 CONTABILIDAD 3 • 652	1200 ING. ECONOMICA 1 • 732	1388 INTRODUCCION A LA INGENIERIA AMBIENTAL • 190 7022 ING. ECONOMICA 2 • 700	1990 SEMINARIO DE INVESTIGACION ESPER • 190 2116 PLANEAMIENTO • 190 706 PREPARACION Y PROYECTOS • 190 3098 SEMINARIO DE INVESTIGACION • 190
5	335 GESTION DE DESASTRES • 028	2036 PRACTICA INTERMEDIA • 211 2035	2037 PRACTICA FINAL • 2036 2004	2037 PRACTICA FINAL • 2036 2004	
6	786 SIST. ORGANIZACIONALES GERENCIALES 1 • 281 3662 LEGISLACION 1 • 90 3022 PSICOLOGIA INDUSTRIAL • 90	787 SIST. ORGANIZACIONALES GERENCIALES 2 • 786 3664 LEGISLACION 2 • 962 3658 ADMINISTRACION DE PERSONAL • 3022	706 PRER. Y EL. DE PROYECTOS 1 • 701 3003	701 3003	
		790 INGENIERIA ECONOMICA 1 • 732	001 ETICA PROFESIONAL • 300 300		

Vigente / INGENIERÍA EN CIENCIAS Y SISTEMAS / CÓDIGO 09

09

**USAC -  
FACULTAD  
DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA EN CIENCIAS Y SISTEMAS E  
INGENIERÍA EN CIENCIAS Y SISTEMAS CON  
OPCIÓN DE DIPLOMADO EN  
ADMINISTRACIÓN**

Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Ingeniería en Ciencias y Sistemas: Abarca la tecnología propia del área de computación, con formación académica en informática y sistemas orientados a la solución de problemas y situaciones, y a facilitar procesos por medio de la informática, con aplicación de tecnología de la Nueva Era.

La carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas consta de diez semestres y 250 créditos. Se dividen en tres áreas: Ciencias de la Computación, Metodología de Sistemas y Desarrollo de Software.

Teléfonos: (502) 2418-9136  
www.ingenieria.usac.edu.gt

Continuación de la figura 109.

**Mensaje del Decano**  
Estimados Amigos Universitario

La Facultad de Ingeniería se encuentra trabajando durante varios años, en los procesos de Reafirmación Curricular y de Acreditación Internacional de sus programas de formación. La red de estudios o pensum de estudios, debe ser sometida a un proceso dinámico de revisión, el cual debe involucrar a todos los sectores; egresados, empleadores, profesores y estudiantes, para finalmente tener profesionales con un perfil basado en las competencias.

El cumplir con el objetivo de actualizar nuestra estructura académica, significa el tener presente los compromisos de mejora de nuestras condiciones, el buscar esa mejora continua a todos los procesos, y así definir las estrategias a impulsar para tener incidencia en los cambios que demanda nuestra sociedad.

La red hoy presentada, debe tener cambios constantes, producto del consenso y de las evaluaciones serias que tenemos que fomentar a lo largo de nuestras agendas de trabajo. Cada una de las carreras o escuelas, tienen definido el objetivo y el compromiso de trabajar en búsqueda de satisfacer las necesidades del mercado y articular los conocimientos necesarios que deben conformar los diversos programas de Ingeniería.

La presente red constituye en este momento su instrumento de trabajo, el esqueleto de su profesión, debemos tener presente que la misma debe ser sometida a revisión constante, y que cada uno de nosotros debe evaluar en forma objetiva a efecto de construir un mejor modelo a futuro, y tener una actualización acorde a las condiciones imperantes y a las necesidades que emanen los cambios a definir.

Bienvenidos a este reto, y a tener presente este compromiso, y caminemos juntos hacia la búsqueda constante de la calidad académica.

Saludos de su amigo,  
Ing. Murphy Paiz  
DECANO

	1	2	3	4	5
1			795 LOGICA DE SISTEMAS • 103 33C	732 ESTADISTICA 1 • 107 005	736 ANALISIS PROBABILISTICO • 732
2		368 MATE COMPUTO • 103 33C		796 LENGUAJES FORMALES Y DE PROG • 101 001	778 ORG LENGUAJES Y COMPILADORES 1 • 101 001
3			720 INTR A LA PROG Y COMPUTACION 1 • 103 33C	771 INTR A LA PROG Y COMPUTACION 2 • 103 33C	772 ESTRUCTURA DE DATOS • 720
4	1017 SOCIAL HUMANISTICA 1 • 019	1019 SOCIAL HUMANISTICA 2 • 017	107 MATE INTERMEDIA 1 • 103	010 LOGICA • 019	1018 FILOSOFIA DE LA CIENCIA • 019 004
	1011 MATE BASICA 1 • 101	103 MATE BASICA 2 • 101		112 MATE INTERMEDIA 2 • 107	116 MATE APLICADA 3 • 112 114
	1003 ORIENTACION Y LIDERAZGO • 1	1005 TECNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACION • 3	150 FISICA 1 • 101 142	114 MATE INTERMEDIA 1 • 107	118 MATE APLICADA 1 • 112 114
	1068 TECNICA COMPLEMENTARIA 1 • 3	147 FISICA BASICA • 101		152 FISICA 2 • 101 150	368 PRINCIPIOS DE METROLOGIA • 717 148
	1038 DEPORTES 1 • 1	1040 DEPORTES 2 • 039			850 CONTABILIDAD 1 • 004
	348 QUIMICA GENERAL 1 • 3				028 ECOLOGIA • 004
5	0006 IDIOMA TECNICO 1 • 2	0008 IDIOMA TECNICO 2 • 0006	0009 IDIOMA TECNICO 3 • 0006	0011 IDIOMA TECNICO 4 • 009	
			3023 PRACTICA INICIAL • 103 770		
6					
	ORIENTACIÓN Y LIDERAZGO TÉCNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN		OBLIGATORIO CARNE 2008 EN ADELANTE		

Fuente: [https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria\\_sistemas.jpg](https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/ingenieria_sistemas.jpg). Consulta: 13 de mayo de 2013.

Figura 110. Red de estudio Licenciatura en Física

	6	7	8	9	10
1	8131 MECANICA CLASICA 1 811 5	8131 MECANICA CLASICA 1 811 5	8221 MECANICA CUANTICA 1 821 5	8231 MECANICA CUANTICA 2 819 5	8271 TOPICOS SELECTOS DE FISICA 1 800 5
	8241 METODOS MATEMATICOS DE FISICA 1 123 5	8131 METODOS DE MATEMATICOS DE FISICA 2 808 5	8131 CALOR Y TERMODINAMICA 1 112 5	8241 MECANICA ESTADISTICA 814 5	
	8001 FISICA EXPERIMENTAL 1 154 5	8001 FISICA EXPERIMENTAL 1 800 5	8021 FISICA EXPERIMENTAL 2 732 5	8071 FISICA EXPERIMENTAL 2 802 5	
	8251 ELECTRONICA PARA FISICOS 1 152 5	8161 ELECTRODINAMICA 1 112 5	8161 ELECTRODINAMICA 2 806 5		8301 SEMINARIO DE FISICA 807 5
	8061 ALGEBRA LINEAL 2 906 5				
2	8621 ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA BASICA 1 152 5	8061 CIRCUITOS ELECTRICOS 1 111 6	8061 CIRCUITOS ELECTRICOS 2 732 6	2321 ELECTRONICA 1 204 6	2461 ELECTRONICA 3 232 6
				8131 FISICA DEL ESTADO SOLIDO 1 809 4	8231 FISICA DEL ESTADO SOLIDO 2 822 4
3	8491 GEOLOGIA 1 30 5	8681 GEOLOGIA ESTRUCTURAL 430 5	8331 GEOFISICA 1 111 4	8461 GEOFISICA APLICADA 531 6	8271 SISMOLOGIA 868 6
4	8911 FISICA NUCLEAR 1 809 5	8911 RADIACIONES IONIZANTES 1 891 6		8601 RADIACIONES IONIZANTES 2 831 6	8911 RADIACIONES IONIZANTES 3 860 6
	8921 FISICOQUIMICA 2 380 4	8921 FISICA NUCLEAR 2 891 5	8931 PROTECCION RADIOLOGICA 891 6	2401 ELECTRONICA 2 111 6	2401 ELECTRONICA 4 240 6
	8131 RELATIVIDAD ESPECIAL 809 5	8131 FENOMENOS DE VELOCIDAD DE LUZ 815 5	8961 INTRODUCCION A LA FISICA DE ALTA ENERGIA 809 5	8971 INTRODUCCION A LA FISICA DE ALTA ENERGIA 2 895 5	8861 SEMINARIO DE FISICA MEDICA 809 5
	8491 SEMINARIO DE DIDACTICA DE LA FISICA 809 5	3311 GESTION DE DESASTRES 450 3	8061 INGENIERIA ECONOMICA 732 5	7961 FORMACION Y EVALUACION DE PROYECTOS 796 4	
5	0008 IDIOMA TECNICO 2 006 2	0009 IDIOMA TECNICO 3 008 2	0011 IDIOMA TECNICO 4 009 2	4701 PETROLOGIA 450 4	
				0001 ETICA PROFESIONAL 200 4	
				1901 INTRODUCCION A LA INGENIERERIA 190 4	

Vigente / LICENCIATURA EN FISICA APLICADA / CODIGO 12

12



**USAC •  
FACULTAD  
DE INGENIERÍA**

**LICENCIATURA  
EN FÍSICA  
APLICADA**

Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Es una carrera con orientación hacia la física de las radiaciones ionizantes, geofísica o electrónica e incluye cursos de astronomía, relatividad, uso de computadoras, física de altas energías, física médica y otras complementarias.

La carrera de Licenciatura en Física Aplicada consta de diez semestres con 250 créditos. Se imparte en tres áreas: Radiaciones Ionizantes, Electrónica y Geofísica.

Teléfonos: (502) 2418-9117  
www.ingenieria.usac.edu.gt

Continuación de la figura 110.

**Mensaje del Decano**  
 Estimados Amigos Universitarios

La Facultad de Ingeniería se encuentra trabajando durante varios años, en los procesos de Readecuación Curricular y de Acreditación Internacional de sus programas de formación. La red de estudios o pensum de estudios, debe ser sometida a un proceso dinámico de revisión, el cual debe involucrar a todos los sectores; egresados, empleadores, profesores y estudiantes, para finalmente tener profesionales con un perfil basado en las competencias.

El cumplir con el objetivo de actualizar nuestra estructura académica, significa el tener presente los compromisos de mejora de nuestras condiciones, el buscar esa mejora continua a todos los procesos, y así definir las estrategias a impulsar para tener incidencia en los cambios que demanda nuestra sociedad.

La red hoy presentada, debe tener cambios constantes, producto del consenso y de las evaluaciones serias que tenemos que fomentar a lo largo de nuestras agendas de trabajo. Cada una de las carreras o escuelas, tienen definido el objetivo y el compromiso de trabajar en búsqueda de satisfacer las necesidades del mercado y articular los conocimientos necesarios que deben conformar los diversos programas de Ingeniería.

La presente red constituye en este momento su instrumento de trabajo, el esqueleto de su profesión, debemos tener presente que la misma debe ser sometida a revisión constante, y que cada uno de nosotros debe evaluar en forma objetiva a efecto de construir un mejor modelo a futuro, y tener una actualización acorde a las condiciones imperantes y a las necesidades que emanan los cambios a definir.

Bienvenidos a este reto, y a tener presente este compromiso, y caminemos juntos hacia la búsqueda constante de la calidad académica.

Saludos de su amigo,  
 Ing. Murphy Paiz  
 DECANO

	1	2	3	4	5
1017	SOCIAL HUMANÍSTICA 1	1018	SOCIAL HUMANÍSTICA 2	1019	FILOSOFÍA DE LA CIENCIA
1020	MATE BÁSICA 1	1021	MATE BÁSICA 2	1022	MATE INTERMEDIA 1
1023	TOPICOS SELECTOS DE FÍSICA	1024	TOPICOS SELECTOS DE FÍSICA 2	1025	PROGRAMACIÓN
1026	QUÍMICA 3	1027	QUÍMICA 4	1028	FÍSICA 1
1029	ORIENTACIÓN Y LIDERAZGO	1030	TÉCNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN	1031	FÍSICA 2
1032		1033		1034	FÍSICA 3
1035		1036		1037	FÍSICA MODERNA
1038		1039		1040	ALGEBRA LINEAL 1
1041		1042		1043	GEOGRAFÍA
1044	DEPORTES 1	1045	DEPORTES 2	1046	LOGICA
1047		1048		1049	LOGICA DE SISTEMAS
1050		1051		1052	INTRODUCCION A LA ASTRONOMIA
1053		1054		1055	CIENCIA DE LOS MATERIALES
1056		1057		1058	PRINCIPIOS DE METROLOGIA
1059		1060		1061	IDIOMA TÉCNICO 1

ES OBLIGATORIO APROBAR 10 CREDITOS DEL AREA DE HUMANISTICA

ORIENTACIÓN Y LIDERAZGO TÉCNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN

OBLIGATORIO CARNÉ 2008 EN ADELANTE

Fuente: [https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/licenciatura\\_en\\_fisica.jpg](https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/licenciatura_en_fisica.jpg). Consulta: 13 de mayo de 2013.

Figura 111. Red de estudio Licenciatura en Matemática

6	7	8	9	10
			834 ECUACIONES INTEGRALES 5 818 SEMINARIO DE INVESTIGACION 4 700 Obligatorio a partir del segundo semestre del 2010	
812 ANALISIS DE VARIABLE REAL 2 912	818 ANALISIS FUNCIONAL 1 922	820 ANALISIS FUNCIONAL 2 918		838 GEOMETRIA DIFERENCIAL 918
836 ANALISIS NUMERICO 1 924	824 ANALISIS NUMERICO 2 928	830 ANALISIS NUMERICO 3 938		
828 ECUACIONES DIF. PARCIALES 1 922	826 ECUACIONES DIF. PARCIALES 2 928		842 OPTIMIZACION 1 912	843 OPTIMIZACION 2 942
844 ANALISIS DE VARIABLE COMPLEJA 1 910	838 ANALISIS DE VARIABLE COMPLEJA 2 914		837 ANALISIS DE REGRESION 4 723	
822 TOPOLOGIA 2 922	828 MECANICA DEL MEDIO CONTINUA 4 928		831 ACTUARIADO 723	
	826 TEORIA DE LA MEDIDA 4 912	733 ESTADISTICA MATE 1 732	835 ESTADISTICA MATE 2 733	
	828 TEORIA DE PROBABILIDADES 1 912	836 TEORIA DE PROBABILIDADES 2 909	822 INTRO. A LA MEC. CUANTICA 814	
		846 METODOLOGIA Y TEORIA DE MODELOS 5 209		
811 MECANICA CLASICA 5 150	815 MECANICA CLASICA 7 811	814 MECANICA ANALITICA CLASICA 813	826 INTRODUCCION A LA PROGRAMACION LINEAL Y AMBIENTAL 4 701	
		856 FISICA 4 154		
827 ESTADISTICA 3 734	816 ELECTRODINAMICA 1 152	826 ELECTRODINAMICA 2 828		
828 TEORIA PROBABILISTICA DE DECISIONES 5 737	806 CIRCUITOS ELECTRICOS 1 811		818 CALOR Y TERMODINAMICA 5 112	828 INTRO. A LA FISICA ESTADISTICA 818
828 ING ECONOMICA 2 705	808 METODOS MATEMATICOS DE FISICA 1 928	810 METODOS MATEMATICOS DE FISICA 2 808		
			840 SEMINARIO MATE 1 800	841 SEMINARIO MATE 2 800
835 GESTION DE DESASTRES 3 928		ELECTIVA	ELECTIVA	ELECTIVA
			ELECTIVA	ELECTIVA
			804 ETICA PROFESIONAL 4 200	
808 IDIOMA TECNICO 2 08	808 IDIOMA TECNICO 3 08	808 IDIOMA TECNICO 4 09		

Vigencia 2009 / LICENCIATURA EN MATEMATICA APLICADA / CODIGO 10

**10**  
CÓDIGO

**USAC**  
FACULTAD  
DE INGENIERÍA

VIGENCIA 2009  
CAROLINA ACADEMIA COCADEMA ENSI

**LICENCIATURA EN  
MATEMATICA APLICADA**

Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten crear, recrear y aplicar el saber científico en la producción y en los procesos tendientes a la transformación de la materia y fuentes de energía, para beneficio del Ser Humano.

Es una carrera con formación científica, y con preparación técnica para la búsqueda de soluciones en diversos campos, como: la investigación pura; la investigación aplicada en la ingeniería, física y economía; de la estadística, econometría y actuariado; consultoría en finanzas y en docencia universitaria.

La carrera de Licenciatura en Matemática Aplicada consta de diez semestres con 250 créditos. Las líneas de formación abarcan la docencia, la investigación, actuariados, computación y análisis numérico.

Teléfonos: (502) 2443-9500 extensión 1533 y (502) 2476-7216  
www.ingenieria-usac.edu.gt

Continuación de la figura 111.

● CODIGO DEL CURSO

● CURSO

● CODIGO PREREQUISITOS

● No. DE CREDITOS

● CURSO OBLIGATORIO

● OBLIGACION DE HABER APROBADO EL NIVEL II DE IDIOMA INGLES EN CALIFICACION

● APROBAR EL EXAMEN UNICO DE INGLES

Acreditar conocimiento en idioma inglés, al momento de solicitar cierre de pensión, para los cambi 2008 en adelante.

OPCIONES

IDIOMA TECNICO 1, 2, 3 Y 4

EL AREA DE PRACTICAS: INICIAL, INTERMEDIA Y FINAL SE ASIGNAN DIRECTAMENTE EN LA UNIDAD DE EPS.

CARNÉ 2008	PRACTICA INICIAL, INTERMEDIA Y FINAL
CARNÉ ANTERIOR A 2008	PRACTICA FINAL

ES OBLIGATORIO APROBAR 10 CREDITOS DEL AREA DE HUMANISTICA

### Mensaje del Decano

**Estimados Amigos Universitarios:**

Estamos a finales del año 2008, y en este momento presentamos una nueva reproducción de nuestra red de estudios, la cual nuevamente presento cambios, los cuales obedecen a la necesidad de continuar actualizando nuestro conocimiento, y fortalecer nuestro perfil de egreso en la profesión de la ingeniería. Es importante mencionar que unos de los objetivos importantes de nuestra gestión es la innovación, y por ende debemos estar preparados ante cualquier cambio en un tiempo corto. Hemos recibido instrumentos obsoletos, los cuales hemos venido renovando en forma mesurada sin obstaculizar el avance de la red vigente al momento de ingresar a nuestra casa de estudios, cambios que reflejan el buen espíritu de trabajar por una Ingeniería que represente el recurso humano que necesita nuestro país.

Gracias por confiar en la Facultad, por mantenerse siempre vigilantes y garantes de que los cambios en la estructura curricular obedezca a un plan de mejora continuo, la cual nos asegura el camino a la acreditación de nuestros programas, los cuales serán siempre revisados y modificados en una forma equilibrada, cumpliendo con la misión y visión de un profesional moderno y competitivo. **TRABAJEMOS POR SER MEJORES, TRABAJEMOS POR SER DIFERENTES**, sea por siempre nuestro compromiso, nuestra acción en este trabajo en equipo, Saludos de su amigo,

**Ing. Murphy Paiz**  
DECANO

	1	2	3	4	5
					0905 4 ALGEBRA 3 904
0919 4 SOCIA HUMANISTICA 1	0918 4 SOCIA HUMANISTICA 2	0117 3 FILOSOFIA DE LA CIENCIA	0119 3	0906 3 ALGEBRA 2	0905 5 ANALISE DE VARIABLE REAL 908
0901 5 TEORIA DE CONJUNTOS	0905 5 ALGEBRA LINEAL 1	0901 5 ALGEBRA 1	0901 5	0902 5 ALGORITMOS	0905 5 ALGORITMOS
0901 7 MATE BASICA 1	0907 7 MATE BASICA 2	0907 10 MATE INTERMEDIA 1	0907 10	0907 5 MATE INTERMEDIA 2	0907 5 TEORIA DE ECUACIONES DIF. ORDINARIAS
0925 3 TALLER MATE 1	0906 5 GEOMETRIA	0908 5 ALGEBRA LINEAL 2	0908 5	0907 5 MATE INTERMEDIA 3	0907 5 TOPOLOGIA 1
0948 3 QUIMICA GENERAL 1		0908 4 GEOMETRIA PROYECTIVA	0908 4	0908 4 ALGEBRA LINEAL 3	0908 3 ECOLOGIA
					0908 4 TEORIA DE LOS NUMEROS
	0907 5 FISICA BASICA	0906 4 FISICA 1	0906 4	0907 4 FISICA 2	0906 4 FISICA 3
0908 1 ORIENTACION Y LIDERAZGO		0905 5 FISICA 1	0905 5	0905 5 ESTADISTICA 1	0905 4 ANALISIS PROBABILISTICO
	0905 3 TECNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACION				0905 3 ESTADISTICA 2
					0905 3 ING ECONOMICA 1
					0905 3 PRINCIPIOS DE METROLOGIA
					0905 2 IDIOMA TECNICO 1
	ORIENTACIÓN Y LIDERAZGO TECNICAS DE ESTUDIO Y DE INVESTIGACIÓN		OBLIGATORIO CARNÉ 2008 EN ADELANTE		

Fuente: [https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/licenciatura\\_en\\_mate.jpg](https://www.ingenieria.usac.edu.gt/pensa/licenciatura_en_mate.jpg). Consulta: 13 de mayo de 2013.

Figura 112. Registros de consumo de energía eléctrica edificios FIUSAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DIVISION DE SERVICIOS GENERALES  
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS  
INFORME DE GASTOS DEL EDIFICIO T-4 DURANTE EL MES DE ENERO A AL MES DE AGOSTO DEL 2013

MES	CONTADOR	UBICACIÓN	CORRELA.	LECTURA		FACTU. No.	KW	total con Iva	IVA	TOTAL
				ACTUAL	ANTERIOR					
enero	L-91740	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	35662	33896	22122075	1788 Q	4777.46 Q	511.87 Q	4265.59
febrero	L-91740	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	37531	35662	23457968	1869 Q	4945.58 Q	529.88 Q	4415.70
marzo	L-91740	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	39740	37531	24701591	2209 Q	5500.58 Q	589.35 Q	4911.23
abril	L-91740	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	42605	39740	26070021	2865 Q	6571.13 Q	704.05 Q	5867.08
mayo	L-91740	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	44968	42605	27394313	2363 Q	5655.18 Q	595.20 Q	4959.98
junio	L-91740	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	47176	44968	28730068	2208 Q	5352.95 Q	573.53 Q	4779.42
julio	L-91740	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	49530	47176	30002446	2354 Q	4830.63 Q	517.57 Q	4313.06
agosto	L-91740	Decanatura Fac. Ing. USAC Zona 12	658465	51553	49530	31398444	2023 Q	4152.94 Q	444.96 Q	3707.98
totales.....							17657 Q	41686.45 Q	4466.41 Q	37220.04

DIVISION DE SERVICIOS GENERALES  
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS  
INFORME DE GASTOS DEL EDIFICIO S-11 DURANTE EL MES DE ENERO A AL MES DE AGOSTO DEL 2013

S-11

MES	CONTADOR	UBICACIÓN	CORRELA.	LECTURA		FACTU. No.	KW	total con Iva	IVA	TOTAL
				ACTUAL	ANTERIOR					
enero	K-64031	EDIFICIO S-11 Atrás del S-10 y S-11	665044	80056	70270	22122104	9786 Q	21160.76 Q	2287.22 Q	18893.54
febrero	K-64031	EDIFICIO S-11 Atrás del S-10 y S-11	665044	91565	80056	23457993	11509 Q	23973.25 Q	2568.56 Q	21404.69
marzo	K-64031	EDIFICIO S-11 Atrás del S-10 y S-11	665044	944	91565	24701621	9379 Q	20612.97 Q	2208.53 Q	18404.44
abril	K-64031	EDIFICIO S-11 Atrás del S-10 y S-11	665044	12993	944	26070045	12049 Q	25465.72 Q	2728.47 Q	22737.25
mayo	K-64031	EDIFICIO S-11 Atrás del S-10 y S-11	665044	24640	12993	27394942	11647 Q	24315.66 Q	2605.25 Q	21710.43
junio	K-64031	EDIFICIO S-11 Atrás del S-10 y S-11	665044	34896	24640	28730096	10256 Q	21213.76 Q	2370.40 Q	19753.36
julio	K-64031	EDIFICIO S-11 Atrás del S-10 y S-11	665044	45617	34896	30080904	10721 Q	20330.36 Q	2178.25 Q	18152.11
agosto	K-64031	EDIFICIO S-11 Atrás del S-10 y S-11	665044	57294	45617	31448556	11677 Q	21912.24 Q	2347.74 Q	19564.50
TOTALES.....							87024	179894.74	19274.42	160620.32

Continuación de la figura 112.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DIVISION DE SERVICIOS GENERALES  
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS  
MESES DE GASTOS DEL ENERJO ERS DUDANTE EL MES DE ENERO A EL MES DE AGOSTO DEL 2013

MES	CONTADOR	UBICACIÓN	CORRELA.	LECTURA		FACTU. No.	KW	total con iva		IVA	TOTAL
				ACTUAL	ANTERIOR						
enero	K-72955	Fac. de Ingeniería prefabricados	893453	30717	29556	22006146	1161 Q	2387.15 Q	255.77 Q		2131.38
febrero	K-72955	Fac. de Ingeniería prefabricados	893453	32135	30717	23393408	1418 Q	2913.27 Q	312.14 Q		2601.13
marzo	K-72955	Fac. de Ingeniería prefabricados	893453	33076	32135	24677509	941 Q	1936.76 Q	207.51 Q		1729.25
abril	K-72955	Fac. de Ingeniería prefabricados	893453	34490	33076	25987474	1414 Q	2905.27 Q	311.28 Q		2593.99
mayo	K-72955	Fac. de Ingeniería prefabricados	893453	35825	34490	27367984	1335 Q	2743.53 Q	293.95 Q		2449.58
junio	K-72955	Fac. de Ingeniería prefabricados	893453	37002	35825	28709935	1177 Q	2420.05 Q	259.29 Q		2160.76
julio	K-72955	Fac. de Ingeniería prefabricados	893453	38348	37002	30002544	1346 Q	2766.85 Q	296.45 Q		2470.40
agosto	K-72955	Fac. de Ingeniería prefabricados	893453	39800	38348	31398683	1452 Q	2983.87 Q	319.70 Q		2664.17
TOTALS							10244 Q	21056.75 Q	2256.09 Q		18800.66

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DIVISION DE SERVICIOS GENERALES  
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS  
MESES DE GASTOS DEL ENERJO T.7 DUDANTE EL MES DE ENERO A EL MES DE AGOSTO DEL 2013

T-7

MES	CONTADOR	UBICACIÓN	CORRELA.	LECTURA		FACTU. No.	KW	total con iva		IVA	TOTAL
				ACTUAL	ANTERIOR						
enero	L-18283	Centro de Investigación Fac. Ing. Zona 12	658471	59349	52807	22122076	6542 Q	15356.10 Q	1645.30 Q		13710.80
febrero	L-18283	Centro de Investigación Fac. Ing. Zona 12	658471	67218	59349	23457969	7869 Q	17430.60 Q	1867.56 Q		15563.04
marzo	L-18283	Centro de Investigación Fac. Ing. Zona 12	658471	72585	67218	24701592	5367 Q	13754.51 Q	1473.70 Q		12280.81
abril	L-18283	Centro de Investigación Fac. Ing. Zona 12	658471	80327	72585	26070022	7742 Q	17392.58 Q	1863.49 Q		15529.09
mayo	L-18283	Centro de Investigación Fac. Ing. Zona 12	658471	86574	80327	27394914	6247 Q	14837.72 Q	1589.76 Q		13247.96
junio	L-18283	Centro de Investigación Fac. Ing. Zona 12	658471	92518	86574	28730069	5944 Q	14339.56 Q	1536.38 Q		12803.18
julio	L-18283	Centro de Investigación Fac. Ing. Zona 12	658471	99412	92518	30269517	6894 Q	13919.28 Q	1491.35 Q		12427.93
agosto	L-18283	Centro de Investigación Fac. Ing. Zona 12	658471	6870	99412	31448527	7458 Q	14827.33 Q	1588.64 Q		13238.69
TOTAL.....							54063 Q	121857.68 Q	13056.18 Q		108801.50

Encargado de Gestión y Pagos  
Depto. Serv.

Fuente: Departamento de Servicios, USAC