



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

**REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LAS
ACTIVIDADES QUE REALIZA EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES,
SEDE CENTRAL A TRAVÉS DEL CÁLCULO DE SU HUELLA DE CARBONO**

Jacqueline Paola Martínez Martínez

Asesorado por el Ing. Arnoldo Mizaël Gramajo Rodas

Guatemala, agosto de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LAS
ACTIVIDADES QUE REALIZA EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES,
SEDE CENTRAL A TRAVÉS DEL CÁLCULO DE SU HUELLA DE CARBONO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JACQUELINE PAOLA MARTÍNEZ MARTÍNEZ
ASESORADO POR EL ING. ARNOLDO MIZAEAL GRAMAJO RODAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
EXAMINADORA	Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, SEDE CENTRAL A TRAVÉS DEL CÁLCULO DE SU HUELLA DE CARBONO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 15 de febrero de 2013.


Jacqueline Paola Martínez Martínez

Guatemala, 16 de octubre de 2015

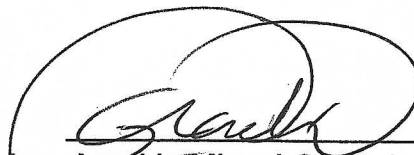
Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Mecánica Industrial
Presente.

Respetable Ingeniero Urquizú

Por este medio, yo **ARNOLDO MIZAEAL GRAMAJO RODAS**, Ingeniero Industrial con número de colegiado 7751, hago constar que he realizado la revisión pertinente del trabajo de graduación **"REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, SEDE CENTRAL A TRAVÉS DEL CÁLCULO DE SU HUELLA DE CARBONO"** realizado por la señorita **Jacqueline Paola Martínez Martínez**, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial con carnet no. 2004-13422.

Dando mi aprobación correspondiente a dicho trabajo de graduación.

Atentamente,



Ing. Arnoldo Mizaal Gramajo Rodas
No. Colegiado 7751
Ingeniero Industrial

Arnoldo Mizaal Gramajo Rodas
Ingeniero Industrial
Col. No. 7,751



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, SEDE CENTRAL A TRAVÉS DEL CÁLCULO DE SU HUELLA DE CARBONO**, presentado por la estudiante universitaria **Jacqueline Paola Martínez Martínez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.128.016

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 **REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, SEDE CENTRAL A TRAVÉS DEL CÁLCULO DE SU HUELLA DE CARBONO**, presentado por la estudiante universitaria **Jacqueline Paola Martínez Martínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2016.

/mgp



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: **REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LAS ACTIVIDADES QUE REALIZA EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES, SEDE CENTRAL A TRAVÉS DEL CÁLCULO DE SU HUELLA DE CARBONO**, presentado por la estudiante universitaria: **Jacqueline Paola Martínez Martínez**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

9/07/16
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, agosto de 2016

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por guiarme en cada paso y permitirme cumplir esta meta.
Mis padres	Odeth Martínez y Edwin Martínez, por creer en mí y darme su apoyo incondicional.
Mi hermano	Alejandro Martínez, por su amor y apoyo en todo momento.
Mis abuelos	Aminta Castillo, Francisco Martínez, Lidia Dardón y Gonzalo Martínez, por siempre motivarme a alcanzar mis metas.
Mi padrino	Gabriel Efraín Morales Castellanos (q. e. p. d.), por ser un ejemplo de superación y su apoyo incondicional hacia mi familia.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la base de mi conocimiento.

Ing. Giovani Tobar

Por darme la oportunidad de desempeñarme profesionalmente y contribuir a mejorar el medio ambiente.

Lic. Gustavo Suárez

Por su amistad y apoyo en la realización de este trabajo.

Mis amigos

Por su amistad y apoyo en el proceso para alcanzar esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. GENERALIDADES	1
1.1. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales	1
1.1.1. Plan estratégico institucional	2
1.1.1.1. Misión	2
1.1.1.2. Visión.....	2
1.1.1.3. Valores	3
1.1.1.4. Prioridades institucionales	4
1.1.1.5. Resultados y productos institucionales	6
1.1.2. Estructura organizacional	9
1.1.2.1. Organigrama.....	11
1.2. Política Nacional de Cambio Climático	13
1.3. Política Nacional de Producción Más Limpia.....	16
1.4. Huella de carbono	18
1.4.1. Categoría de emisiones	20
1.4.2. Compensación de carbono	21
1.4.3. Carbono neutro.....	22

1.4.4.	Metodologías para la medición de la huella de carbono	22
2.	SITUACIÓN ACTUAL	25
2.1.	Acciones del MARN ante la medición de la huella de carbono	25
2.2.	Infraestructura de las instalaciones del MARN.....	25
2.3.	Interacción de las actividades del MARN con el ambiente.....	27
2.4.	Identificación de fuentes de emisiones de GEI	28
2.5.	Levantamiento de información de actividades	29
2.5.1.	Emisiones directas	29
2.5.1.1.	Consumo de combustible	30
2.5.1.2.	Generación de desechos sólidos	31
2.5.2.	Emisiones indirectas	31
2.5.2.1.	Consumo de energía eléctrica.....	32
2.5.3.	Otras emisiones	33
2.5.3.1.	Consumo de papel	33
2.6.	Selección del método de cálculo de la huella de carbono.....	34
2.6.1.	Factores de conversión de emisiones	35
2.6.2.	Identificación de las fuentes con mayor nivel de emisión de gases de efecto invernadero.....	36
3.	PROPUESTA DE PLAN DE ACCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	39
3.1.	Herramienta de cálculo de emisiones	39
3.2.	Inventario de emisiones de GEI en el MARN.....	42
3.2.1.	Definición de los límites organizacionales.....	42
3.2.2.	Definición de los límites operacionales	42
3.2.3.	Alcance.....	42

3.2.4.	Año base del inventario de emisiones de GEI	43
3.2.5.	Inventario y cuantificación de emisiones de GEI	43
3.2.6.	Acciones organizacionales para la reducción de emisiones de GEI	52
3.2.6.1.	Optimización del consumo de combustible.....	54
3.2.6.1.1.	Mantenimiento preventivo	55
3.2.6.1.2.	Rendimiento de combustible	56
3.2.6.2.	Reducción del consumo de energía eléctrica	58
3.2.6.2.1.	Equipos eléctricos	59
3.2.6.2.2.	Aire acondicionado	62
3.2.6.2.3.	Iluminación	64
3.2.6.3.	Reciclaje de papel de oficina	67
3.2.6.4.	Capacitaciones para el ahorro de recursos.....	70
3.2.6.4.1.	Combustible.....	71
3.2.6.4.2.	Energía eléctrica.....	72
3.2.6.4.3.	Papel	73
3.3.	Impactos esperados	73
3.3.1.	Impactos ambientales.....	74
3.3.2.	Impactos sociales	74
3.3.3.	Impactos económicos	75
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	77

4.1.	Formación de un comité técnico interno.....	77
4.1.1.	Recurso humano	77
4.1.2.	Recursos técnicos.....	78
4.1.3.	Recursos legales.....	79
4.1.4.	Recursos financieros.....	79
4.2.	Monitoreo de consumos	79
4.2.1.	Energía eléctrica	80
4.2.2.	Combustible	80
4.2.3.	Papel	82
4.3.	Periodicidad de monitoreos.....	83
4.4.	Manejo del inventario de emisiones	84
4.5.	Cálculo y reporte de la huella de carbono.....	84
4.6.	Comparación de resultados	85
4.7.	Determinación de acciones a implementar	86
4.8.	Programación de acciones a implementar	90
4.9.	Proceso de retroalimentación del plan de acción.....	90
5.	SOSTENIBILIDAD DEL PLAN DE ACCIÓN	95
5.1.	Certificación ante la Norma ISO 14064.....	95
5.1.1.	Requisitos de la Norma ISO 14064.....	96
5.1.2.	Proceso de certificación	98
5.2.	Implementación del plan de acción en las delegaciones departamentales	100
	CONCLUSIONES.....	103
	RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFÍA.....	107
	ANEXOS.....	111

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama funcional del MARN.....	12
2.	Calentamiento global, consecuencia del exceso de gases de efecto invernadero	13
3.	Esquema de fuentes de emisión y alcances	21
4.	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, sede central	26
5.	Consumo de energía eléctrica durante el 2011.....	32
6.	Clasificación de actividades según su alcance	41
7.	Emisiones de dióxido de carbono por fuente de emisión	53
8.	Distribución del consumo de combustibles	54
9.	Distribución de consumo de energía eléctrica por subsistema eléctrico.....	59
10.	Distribución del consumo de papel.....	68
11.	Formulario de monitoreo de consumo de energía eléctrica	81
12.	Formulario de monitoreo de consumo de combustible.....	81
13.	Formulario de monitoreo de consumo de papel	82
14.	Proceso de certificación de la Norma ISO 14064 parte 3.....	100

TABLAS

I.	Resultados y productos institucionales	6
II.	Potencial de calentamiento global.....	19
III.	Estimación de consumo de combustible en el MARN durante el 2011	30

IV.	Consumo de papel durante el 2011	33
V.	Factores de emisiones correspondientes a las fuentes de emisión en el MARN	36
VI.	Emisiones de dióxido de carbono según su origen.....	37
VII.	Estimación de emisiones de GEI derivadas del consumo de combustible en el MARN durante el 2011.....	44
VIII.	Estimación del consumo de energía eléctrica.....	49
IX.	Estimación de emisiones de GEI derivadas del consumo de energía eléctrica en el MARN durante el 2011	50
X.	Estimación de emisiones de GEI derivadas del uso de papel en el MARN durante el 2011	51
XI.	Funciones de ahorro de energía en equipos de cómputo.....	61
XII.	Porcentaje de reflectancia de una pared según color	66
XIII.	Niveles mínimos de iluminación para áreas de trabajo.....	67
XIV.	Ahorros energéticos en áreas con aire acondicionado y protección solar	88

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CO₂	Dióxido de carbono
SF₆	Hexafluoruro de azufre
HFC	Hidrofluorocarbono
CH₄	Metano
N₂O	Óxido nitroso
PFC	Perfluorocarbono

GLOSARIO

Biocombustible	Combustible hecho de materia vegetal, como madera.
Cambio climático	Modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional.
Desecho	Materia a la que ya no se le da valor.
Ecoeficiencia	Crear más bienes y servicios utilizando menos recursos y generando menos desechos y contaminación.
Eficiencia energética	Habilidad de lograr objetivos productivos empleando la menor cantidad de energía posible.
Emisiones	Liberación de gases de efecto invernadero a la atmósfera.
Energía renovable	Energía obtenida de fuentes inagotables, por ejemplo el agua y el viento.
GEI	Gases de efecto invernadero, son componentes gaseosos de la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación.

Optimizar	Determinar los valores de las variables que intervienen en un proceso o sistema para que el resultado que se obtenga sea el mejor posible.
Potencial de calentamiento global	Factor que describe el impacto de la fuerza de radiación de un gas de efecto invernadero en relación al dióxido de carbono.
Reciclaje	Convertir un residuo en insumo o en un nuevo producto.
Recuperación	Aprovechar o extraer componentes útiles de un residuo.
Reservorio	Área en donde se acumula el dióxido de carbono removido del ambiente de forma natural.
Reuso	Utilizar un residuo, en un proceso, en el estado en el que se encuentre.
Sumidero	Procesos, generalmente antropogénicos, que absorben los gases de efecto invernadero (GEI) de la atmósfera.

RESUMEN

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales es la institución encargada de velar por el cuidado y la protección del ambiente en Guatemala, priorizando, durante la administración 2012-2016, iniciativas relacionadas al cambio climático, protección de agua y suelo, fortalecimiento del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), participación pública, cumplimiento legal ambiental y economías verdes. Asimismo, se ha considerado de gran relevancia la implementación de la Política Nacional de Producción más Limpia; por lo que, apoyando la estrategia 1 de esta política: “institucionalizar la producción más limpia a nivel nacional”, se ha decidido medir la huella de carbono en el edificio central del Ministerio durante el 2011, la cual representará la línea base para el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.

El *Estándar corporativo de contabilidad y reporte del protocolo de gases de efecto invernadero* establece los criterios de identificación y clasificación de las fuentes de emisión, así como la identificación de los factores de conversión asociados a dichas fuentes. Durante el desarrollo de esta metodología se identificaron las principales fuentes de emisión, las cuales, en su mayoría, son equipos que utilizan combustibles fósiles, energía eléctrica o papel.

Por lo anterior, el plan de acción para la reducción de emisiones gases de efecto invernadero (GEI) está orientado a optimizar el consumo de combustibles en vehículos, aumentar la eficiencia en el consumo de energía eléctrica, fomentar el reciclaje de papel de oficina y capacitar al personal en el ahorro de recursos, lo cual permitirá mejorar la interacción de las actividades del MARN con el ambiente y reducir oportunamente los impactos que estas conllevan.

Para garantizar que el cálculo de la huella de carbono se hará de manera, periódica es necesario asignar a un equipo de profesionales que se encargue de realizar monitoreos en las fuentes de emisión sobre los recursos utilizados, registre y analice toda la información relacionada a las fuentes, además de calcular y elaborar un reporte anual sobre las emisiones de GEI.

Se espera que, con la medición de la huella de carbono en el MARN, otras instituciones gubernamentales y no gubernamentales implementen esta herramienta, tanto para conocer los impactos de sus actividades, como para tomar conciencia sobre la importancia de la reducción de emisiones de carbono al ambiente y los beneficios que puede traer la implementación de acciones para mitigar este impacto.

OBJETIVOS

General

Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en las actividades que realiza el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en la sede central, a través del cálculo de su huella de carbono.

Específicos

1. Analizar la situación actual del MARN en cuanto a sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
2. Identificar las fuentes directas e indirectas de emisiones de GEI del MARN.
3. Analizar y evaluar métodos de cálculo de huella de carbono que permitan definir una metodología que se adapte a las actividades del MARN.
4. Elaborar una herramienta de cálculo que permita cuantificar las emisiones de GEI.
5. Desarrollar una propuesta de un plan de acción para la reducción de la huella de carbono del edificio del MARN.
6. Establecer una herramienta que permita llevar un control y seguimiento de las emisiones registradas a partir de la medición de la línea base.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es el causante de diversas variaciones en el clima y se atribuye a la actividad humana, la cual altera la composición de la atmósfera mundial y se suma a la variabilidad natural del clima, limitando a la población el aprovechamiento de los servicios ambientales, afectando los aspectos económicos y sociales, ocasionando serios impactos en el desarrollo de la sociedad.

La emisión de gases de efecto invernadero (GEI) contribuye en gran parte a la manifestación de los efectos del cambio climático. Estos gases son producto de actividades humanas, como el consumo de energía, actividades industriales y algunos procesos de la agricultura; estos gases generados contribuyen a crear el efecto invernadero. El dióxido de carbono, el metano, los óxidos nitrosos, los hidrofluorocarbonos, los perfluorocarbonos y el hexafluoruro de azufre son considerados los GEI que más contribuyen a este fenómeno.

Una estrategia para contrarrestar estos efectos es disminuyendo las emisiones de los gases de efecto invernadero. Para reducir estas emisiones es necesario que antes se tenga conocimiento sobre las principales fuentes emisoras y la cantidad de contaminantes que estas producen. Una de las principales herramientas para cuantificar los GEI emitidos es la huella de carbono.

La huella de carbono es una herramienta que permite medir el impacto que provocan las actividades realizadas por una persona, institución, productos o servicios sobre el ambiente a lo largo de un período, expresadas generalmente en toneladas de dióxido de carbono equivalente.

Conocer el valor de la huella de carbono institucional permite identificar las posibles estrategias a implementar para reducir o mitigar las emisiones, además de las mejoras de los procesos productivos y de servicios; las cuales pueden traducirse en grandes ahorros, principalmente en el consumo de energía eléctrica y combustibles, así como en la economía de la institución.

Para el desarrollo de este trabajo, se presenta información correspondiente al 2011. Los resultados obtenidos durante este período permitirán establecer la línea base del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y, eventualmente, personal de la institución implementará esta herramienta utilizando información adicional como las acciones y decisiones administrativas que pudieron impactar en las emisiones durante la administración 2012-2016.

1. GENERALIDADES

1.1. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

El cuidado y protección del Ambiente y los Recursos Naturales en el país ha sido un punto en la agenda de gobierno desde la promulgación del Decreto Legislativo 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, en 1986. En dicho Decreto, se da origen a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama), la cual estaba encargada de asesorar y coordinar todas las acciones a la formulación y aplicación de la política nacional, para la protección y mejoramiento del ambiente. En el 2000, se crea la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarn), mediante el Acuerdo Gubernativo 35-2000, la cual estuvo adscrita a la Presidencia de la República de Guatemala, hasta que se promulgaron los decretos legislativos 90-2000 y 91-2000 en ese mismo año, los cuales dan origen al Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

El MARN es la entidad del sector público especializada en materia ambiental, de bienes y servicios naturales, al cual le corresponde proteger los sistemas naturales que desarrollan y dan sustento a la vida en todas sus manifestaciones y expresiones, fomentando una cultura de respeto y armonía con la naturaleza, además de proteger, preservar y utilizar racionalmente los recursos naturales, con el fin de lograr un desarrollo transgeneracional, articulando el quehacer institucional, económico, social y ambiental, con el propósito de forjar una Guatemala competitiva, solidaria, equitativa, inclusiva y participativa.

1.1.1. Plan estratégico institucional

Como toda institución pública, el MARN cuenta con un plan estratégico institucional en el cual se vinculan estrategias, objetivos y metas institucionales con las prioridades de la agenda de gobierno en un mediano plazo, así como con la planificación presupuestaria institucional para garantizar el cumplimiento de las metas establecidas. Esto permite optimizar los recursos financieros utilizados en la ejecución de las acciones impulsadas por el MARN, que luego, mediante un sistema de control y evaluación de los resultados planteados, son medidas en términos de impacto y efectos.

1.1.1.1. Misión

“Ser la institución que coordina, cumple y hace que se cumplan las políticas y el ordenamiento jurídico concernientes a la prevención de la contaminación, conservación, protección y mejoramiento del ambiente para asegurar el uso racional, eficiente y sostenible de los recursos naturales”.¹

1.1.1.2. Visión

“Garantizar el cumplimiento del derecho humano a un ambiente saludable y ecológicamente equilibrado de la población guatemalteca”.²

¹ *Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales*. http://www.marn.gob.gt/paginas/Misin_y_Visin. Consulta: septiembre 2014.

² *Ibíd.*

1.1.1.3. Valores

Los valores institucionales que guían las acciones del personal y colaboradores del MARN que se describen en el Acuerdo Ministerial 391-2011 de fecha 29 de septiembre de 2011 son los siguientes:

- Trabajo en equipo: reconocemos la fortaleza de compartir las cargas de trabajo y responsabilidades, aprovechando la capacidad de todos nuestros integrantes, estimulando el crecimiento personal y profesional como parte de un mecanismo para alcanzar objetivos y metas institucionales.
- Transparencia: estamos comprometidos con brindar el acceso a toda persona individual o jurídica, a la información pública relacionada con el manejo y ejecución de los recursos públicos y sobre los actos de la administración pública realizados por el MARN.
- Ecoeficiencia: buscamos maximizar la productividad de los recursos, minimizando desechos y emisiones, y promoviendo una cultura de preciclaje y reciclaje.
- Mejoramiento continuo: el compromiso del MARN es mejorar cada día en sus procesos que garanticen a la población los servicios públicos que demandan.
- Integridad: somos honestos con nuestros clientes internos y externos, desarrollamos nuestras acciones apegados a la ley, la ética y la moral, como parte de la cultura del MARN.
- Responsabilidad: que nos permita administrar, orientar y valorar las consecuencias de los actos y conductas humanas de tal modo que sean compatibles con la permanencia de la vida humana transgeneracional, para que dentro del plano ético se establezca la magnitud de dichas acciones y de cómo afrontarlas de manera positiva e integral, siempre en pro del cumplimiento de las obligaciones y poniendo cuidado y atención en lo que hace o decide para el mejoramiento social, cultural y natural.

El cumplimiento responsable en nuestra labor humana, sea cual fuere, se regiría por los altos principios éticos y morales.³

1.1.1.4. Prioridades institucionales

Parte del compromiso constitucional del Estado de Guatemala y sus instituciones es proteger a la población, como fin supremo, en la realización del bien común, además de declarar de interés nacional la conservación, protección y mejoramiento del patrimonio natural de la Nación, evitando el deterioro ambiental y buscando un equilibrio y armonía entre la sociedad humana y el ambiente.

El Gobierno de Guatemala, comprometido con el efectivo cumplimiento de los convenios internacionales suscritos y ratificados por el país para el fortalecimiento y fomento del desarrollo sostenible, ha considerado como puntos de agenda prioritarios en la administración 2012-2016 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales:

- El cambio climático: el MARN considera trabajar las áreas de incidencia de la Política Nacional de Cambio Climático: desarrollo de capacidades nacionales de cambio climático, reducción de vulnerabilidad, mejoramiento de la adaptación y gestión de riesgo, y mitigación de gases de efecto invernadero.

³ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Plan estratégico institucional 2013 – 2017*. p. 20.

- La protección de agua, suelo y bosques: uno de los mayores retos identificados para proteger el agua, suelo y bosque es la coordinación interinstitucional que se debe lograr, sobre todo con los gobiernos locales, para fomentar la participación pública principalmente en la preservación de las zonas de recarga hídrica y la conservación de las zonas marino costeras.
- Participación pública: en la toma de decisiones es necesario incluir los puntos de vista de los diferentes actores relacionados, es por eso que la participación pública juega un papel importante en la búsqueda del desarrollo sostenible y por lo que debe de existir un canal de información basado en la sensibilización, formación y transparencia para que las decisiones sean tomadas en consenso.
- Cumplimiento legal ambiental: la gestión ambiental dentro del MARN debe enfocarse de forma desconcentrada y transversal, prevaleciendo la protección y aprovechamiento sostenible de los bienes y servicios ambientales, reduciendo la vulnerabilidad, mejorando la adaptación al cambio climático y propiciando la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y vertidos en la planificación e implementación de todas las actividades humanas del país. Por lo tanto, el MARN debe promover el cumplimiento de la legislación ambiental e incentivar la responsabilidad social y empresarial, así como el fortalecimiento institucional de las entidades del sector.

- El fortalecimiento del sistema guatemalteco de áreas protegidas: las áreas protegidas del país ocupan aproximadamente una tercera parte del territorio nacional, lo que hace necesario impulsar actividades que fomenten el desarrollo en estos territorios que albergan recursos forestales, bióticos, suelos, hídricos y energéticos.
- Economías verdes: el MARN entiende la economía verde como la interacción de la economía y la ecología para solucionar los problemas de interdependencia de las acciones humanas con los ecosistemas naturales y el impacto adverso que estos tienen sobre el planeta, por ejemplo el cambio climático y el calentamiento global. Lo que se propone es fomentar la implementación de acciones que propicien las inversiones amigables al ambiente, en especial, las relacionadas con la reducción de emisiones de carbono, la utilización de fuentes renovables de energía, la eficiencia energética, el turismo sostenible y el consumo responsable, entre otros.

1.1.1.5. Resultados y productos institucionales

El Ministerio de Finanzas Públicas (Minfin) en conjunto con la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (Segeplan), capacitó a las instituciones de la administración central sobre la metodología de gestión por resultados, relacionada con la construcción de resultados estratégicos o institucionales. En el caso del MARN, se miden los avances de los resultados institucionales en los planes operativos anuales mediante los indicadores de proceso y cobertura planteados en su formulación, esta vinculación se muestra en la tabla I.

Tabla I. **Resultados y productos institucionales**

Resultado	Producto	Indicador
Incrementar la responsabilidad socio ambiental y participación ciudadana respecto al manejo de los bienes y servicios ambientales.	Licencias ambientales atendidas a nivel nacional	Aumento de la participación de la población en el manejo sostenible de los bienes y servicios ambientales para mejorar la calidad de vida
Disminuir la vulnerabilidad ambiental ante los efectos hidrometeorológicos en la población guatemalteca mediante la gestión integrada de cuencas hidrográficas.	Dictámenes técnicos, inspecciones técnicas hídricas y resoluciones administrativas según categoría del instrumento	Al 2017, se han creado comités de manejo de microcuencas como unidades básicas de planificación en el 20% de las cuencas que han sido priorizadas como más vulnerables a los efectos hidrometeorológicos
Disminuir la contaminación de los cuerpos hídricos del país, por fuentes de contaminación puntual o difusa.	Informes técnicos de control de la contaminación hídrica presentados a nivel nacional	Para el 2017, se ha incrementado en 4% la cantidad de aguas residuales tratadas en el país, por fuentes puntuales de contaminación
Reducir la contaminación atmosférica del país, por fuentes de contaminación puntual o difusa.	Informes técnicos de aplicación de las áreas de incidencia de la Política de Cambio Climático	Estabilizar y compensar las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera tomando como base el inventario de gases de efecto invernadero (GEI) 2005 y el inventario de contaminantes criterio 2009, sustancias agotadoras de la capa de ozono, dioxinas y furanos a través de los diversos estudios de la evaluación ambiental
Incrementar las prácticas de conservación de suelos en áreas de mayor vulnerabilidad del país mediante la gestión integrada de cuencas hidrográficas	Informes técnicos de aplicación de las áreas de incidencia de la Política de Cambio Climático	Proporción del territorio con esquemas de manejo sostenible en áreas de alta vulnerabilidad

Continuación de la tabla I.

Resultado	Producto	Indicador
Incrementar la conservación y uso racional de la biodiversidad y recursos genéticos en el territorio nacional.	Licencias ambientales atendidas a nivel nacional	Aumento del 5% aproximadamente de la cobertura de bosques naturales regenerados en todo el territorio nacional
Proteger los ecosistemas estratégicos del país, evitando su depredación.	Licencias ambientales atendidas a nivel nacional	Aumento del territorio de ecosistemas estratégicos bajo medidas de manejo y conservación
Prevenir y controlar los daños causados por emisión de ruido, microondas y otras fuentes y los factores de contaminación visual de la población guatemalteca	Licencias ambientales atendidas a nivel nacional	Reglamentos y/o normas emitidos para prevenir y controlar la emisión de ruido en la población guatemalteca
Reducir los factores de contaminación visual de la población guatemalteca, manteniendo el equilibrio ecológico.	Licencias ambientales atendidas a nivel nacional	Reglamentos y/o normas emitidos para prevenir y controlar los factores de contaminación visual de la población guatemalteca en la salud física y mental

Fuente: MARN. *Plan estratégico institucional 2013-2017*. p. 22.

Con el objetivo de darle seguimiento a los resultados programados, se formulará en los planes operativos multianuales los indicadores de proceso correspondientes a cada uno de los resultados estratégicos planteados en el plan estratégico institucional 2013-2017.

1.1.2. Estructura organizacional

El MARN cuenta con una Dirección Superior, de la cual dependen seis direcciones generales, cinco direcciones administrativas, una Secretaría General, veintitrés unidades de apoyo técnico, un Programa de Desarrollo, dos autoridades de cuencas, ocho delegaciones regionales y veintidós delegaciones departamentales.

- Dirección Superior
 - Despacho de Ambiente y Recursos Naturales
 - Despacho de Ambiente
 - Despacho de Recursos Naturales

- Direcciones generales
 - Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales
 - Dirección General de Coordinación Nacional
 - Dirección General de Administración y Finanzas
 - Dirección General de Formación, Organización y Participación Social
 - Dirección General de Políticas y Estrategias Ambientales
 - Dirección General de Cumplimiento Legal

- Direcciones administrativas
 - Dirección Financiera
 - Dirección de Recursos Humanos
 - Dirección de Compras y Contrataciones
 - Dirección Administrativa y Servicios Generales
 - Dirección de Informática
 - Secretaría General

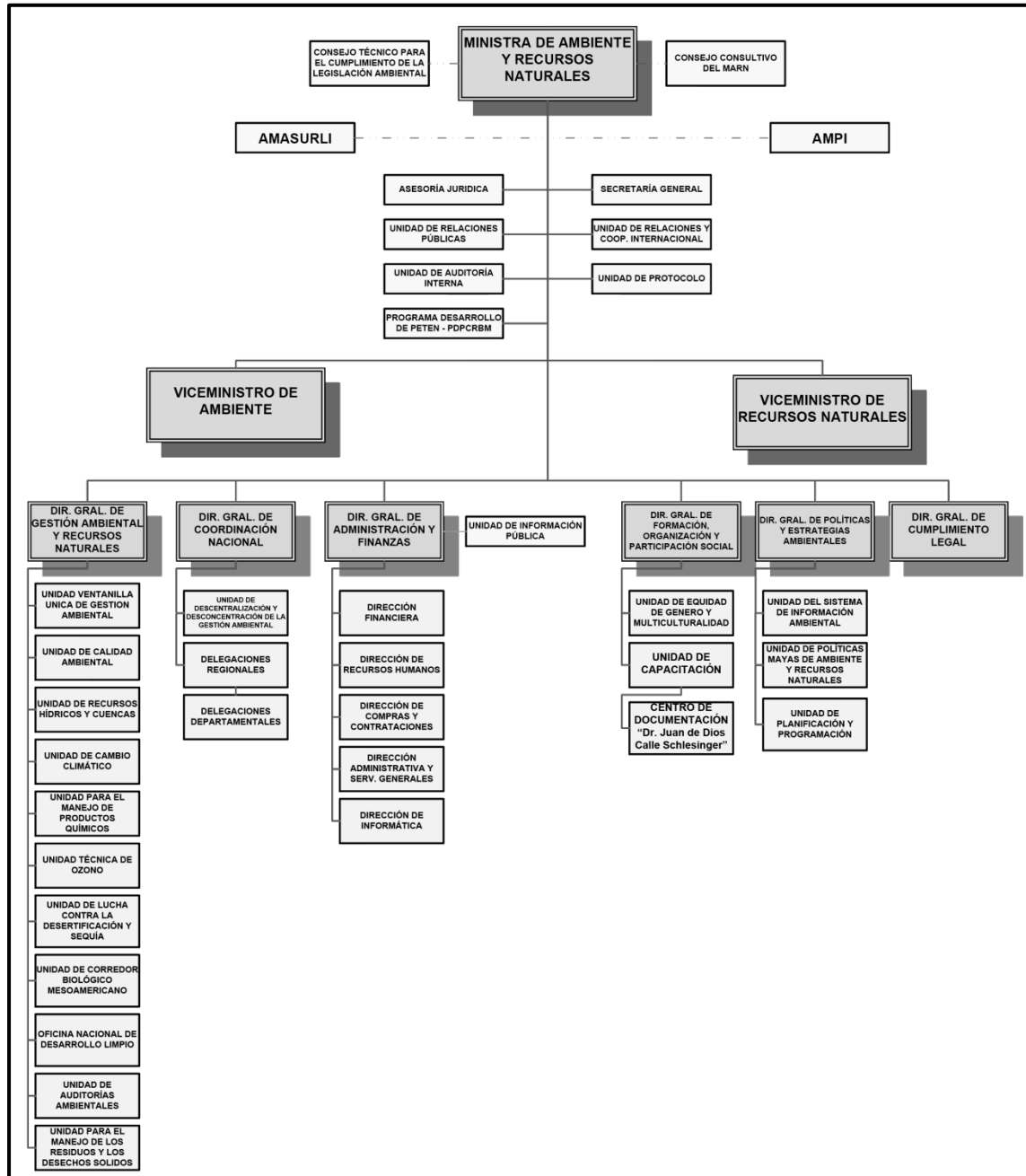
- Unidades de apoyo técnico
 - Asesoría Jurídica
 - Unidad de Relaciones Públicas
 - Unidad de Relaciones y Cooperación Internacional
 - Unidad de Auditoría Interna
 - Unidad de Protocolo
 - Unidad Ejecutora del Programa de Desarrollo de Petén para la Conservación de la Reserva de la Biosfera Maya
 - Unidad de Ventanilla Única de Gestión Ambiental
 - Unidad de Calidad Ambiental
 - Unidad de Recursos Hídricos y Cuencas
 - Unidad de Cambio Climático
 - Unidad de Coordinación para el Manejo Ambientalmente Racional de Productos Químicos y Desechos Peligrosos
 - Unidad Técnica de Ozono
 - Unidad de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía
 - Unidad Nacional de Coordinación y Sinergias para la Estrategia del Corredor Biológico Mesoamericano
 - Oficina Nacional de Desarrollo Limpio
 - Unidad de Auditorías Ambientales
 - Unidad para el Manejo de los Residuos y Desechos Sólidos
 - Unidad de Descentralización y Desconcentración de la Gestión Ambiental
 - Unidad de Información Pública
 - Unidad de Equidad de Género y Multiculturalidad
 - Unidad de Capacitación
 - Unidad de Sistemas de Información Ambiental
 - Unidad de Políticas Mayas de Ambiente y Recursos Naturales
 - Unidad de Planificación y Programación

- Autoridades de cuencas
 - Autoridad para el Manejo y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Lago Petén Itzá (AMPI)
 - Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal y Río Dulce (Amasurli)

1.1.2.1. Organigrama

El organigrama funcional del MARN aprobado para el 2013 se presenta en la figura 1.

Figura 1. Organigrama funcional del MARN



Fuente: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

1.2. Política Nacional de Cambio Climático

El cambio climático es innegable y se ve reflejado en el aumento de temperaturas, el deshielo de casquetes polares y glaciares, la subida del nivel de mar, el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos, sequías, pérdidas económicas, emigración, extinción de especies, pérdida de recursos, reducción de la producción de alimentos, enfermedades, entre otros, ocasionando serios impactos económicos, sociales y ambientales.

Figura 2. **Calentamiento global, consecuencia del exceso de gases de efecto invernadero**



Fuente: *Calentamiento Global*. <http://calentamientoglobalmam.blogspot.com/2014/05/que-es-el-el-calentamiento-global-es-un.html>. Consulta: enero 2015.

A pesar de que Guatemala aporta de manera poco significativa a la emisión global de gases de efecto invernadero⁴, recibe impactos negativos que afectan con mayor intensidad y frecuencia. Es por esto que el MARN, en conjunto con actores representantes de otras instituciones del sector gobierno, sector académico, sociedad civil y de organismos internacionales, elaboró la Política Nacional de Cambio Climático.

Esta Política se aprobó mediante el Acuerdo Gubernativo 329-2009 el 9 de diciembre del 2009, con el propósito de alcanzar la reducción de la vulnerabilidad a los eventos climatológicos extremos, el reforzamiento de la capacidad de adaptación y el aprovechamiento de las oportunidades para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

El objetivo general de esta Política es que el Estado de Guatemala, a través del gobierno central, las municipalidades, la sociedad civil organizada y la ciudadanía en general, adopte prácticas de prevención de riesgo, reducción de la vulnerabilidad y mejora de la adaptación al cambio climático; contribuya a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en su territorio; coadyuve a la mejora de la calidad de vida de sus habitantes y fortalezca su capacidad de incidencia en las negociaciones internacionales de cambio climático.

Para orientar a los actores sobre el rol que tienen dentro del alcance de la Política, se definen las áreas de incidencia en tres ejes principales:

⁴ La región mesoamericana, emite tan solo un 0,5 % del total mundial de CO₂. *Perfil ambiental de Guatemala 2010-2012*. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo.

- Desarrollo de capacidades nacionales y transferencia de tecnología
 - Generación y transferencia de tecnología y conocimiento
 - Prácticas productivas apropiadas
 - Capacidades nacionales en cambio climático y de coordinación interinstitucional
 - Educación y sensibilización
 - Pueblos indígenas

- Reducción de vulnerabilidad, mejoramiento de la adaptación y gestión de riesgo
 - Ordenamiento territorial para la adaptación y mitigación al cambio climático
 - Gestión de riesgo y adaptación al cambio climático
 - Reducción de la vulnerabilidad y mejoramiento de la adaptación al cambio climático en sectores clave de la sociedad (salud humana; agricultura, ganadería y seguridad alimentaria; recursos forestales, gestión integrada de los recursos hídricos, conservación y gestión de ecosistemas, calidad de la infraestructura)

- Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero
 - Mitigación del cambio climático
 - Producción y consumo de energía aprovechando los recursos naturales renovables
 - Aprovechamiento de los recursos forestales
 - Manejo de desechos
 - Mercados de carbono
 - Mecanismos innovadores de financiamiento

1.3. Política Nacional de Producción Más Limpia

La producción más limpia se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia general y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente⁵, la cual es implementada en el sector industrial principalmente como una herramienta técnica para la competitividad y la gestión ambiental preventiva.

El MARN considera importante contar con un instrumento de política pública que oriente las acciones ambientales de las instituciones del Estado y de los diferentes sectores de la sociedad, por lo que, luego de varios esfuerzos, en septiembre del 2010 se sanciona la Política Nacional de Producción Más Limpia, mediante el Acuerdo Gubernativo 258-2010.

La Política Nacional de Producción Más Limpia ha sido formulada sobre una visión a largo plazo, como una solución de la problemática ambiental de los sectores productivos, buscando prevenir la contaminación desde su origen, en lugar de tratarla una vez generada; obteniendo así resultados concretos y significativos en cuanto a sostenibilidad, competitividad y desempeño ambiental.

El objetivo principal de la Política es contribuir al bienestar social, el crecimiento económico, el aumento de la competitividad, el mejoramiento de la calidad del ambiente y el aprovechamiento racional de los bienes y servicios naturales, a través de la aplicación de producción más limpia, como herramienta para la gestión socioambiental.

⁵ Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2006.

Buscando la integralidad entre esta política y las políticas ambientales existentes, la Política Nacional de Producción Más Limpia plantea cinco estrategias y las acciones correspondientes para implementar, las cuales deberán ser evaluadas en el tiempo y actualizadas al contexto nacional e internacional. Estas estrategias son:

- Institucionalizar la producción más limpia a niveles nacional, regional y local: se requiere establecer la estructura orgánica de facilitación, coordinación, integración y articulación para lograr la participación y cooperación de los diferentes actores del sector público y privado, así como la coordinación interinstitucional e intersectorial, con el objetivo de lograr la oportuna aplicación de la producción más limpia en el país.
- Crear y fortalecer las capacidades humanas, tecnológicas, administrativas y operativas en producción más limpia, a todo nivel: esta estrategia considera el desarrollo de habilidades y competencias en las personas e instituciones, así como el establecimiento de capacidades técnicas, operativas, legales y administrativas en cuanto a los diferentes ámbitos para la implementación de esta Política.
- Investigar temas estratégicos de producción más limpia prioritarios para el país: a través de la investigación se deben identificar las alternativas de tecnologías limpias y ecoeficientes aplicables al contexto nacional, enfocadas a mejorar la competitividad y desempeño ambiental, así como a promover la adopción de producción más limpia.

- Implementar producción más limpia en la fabricación y generación de bienes y prestación de servicios: se desarrollarán programas, planes y procedimientos para apoyar la implementación de producción más limpia en las actividades productivas de bienes y servicios, públicos y privados, logrando la incorporación del componente socioambiental y el cumplimiento de la regulación y normativa socioambiental. Además, se promoverán aquellas iniciativas dirigidas a conglomerados o sectores empresariales con el fin de lograr un impacto mayor a nivel nacional.
- Generar e instrumentalizar incentivos para producción más limpia: para lograr una gestión socioambiental preventiva, es necesario que se tomen acciones para mejorar y generalizar la implementación de producción más limpia en el país. Al mismo tiempo, es necesario que los consumidores reconozcan el valor agregado de los productos que hacen el uso eficiente de las materias primas, consumen menos recursos naturales e impactan en menor grado al ambiente. Por lo anterior, es necesario diseñar e implementar los instrumentos técnicos y legales de incentivos para impulsar la oferta y demanda de bienes y servicios elaborados con producción más limpia.

1.4. Huella de carbono

El calentamiento global es provocado por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales son emitidos principalmente por las actividades humanas, para conocer en qué medida una actividad, producto o persona aporta GEI a la atmósfera se calcula la huella de carbono.

La huella de carbono es una herramienta que permite calcular la cantidad de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como resultado de las actividades llevadas a cabo por un individuo, organización o comunidad en un marco de tiempo dado, usualmente se calcula en períodos de un año.

Los principales GEI también son tomados en cuenta en la cuantificación de la huella de carbono debido a que al igual que el dióxido de carbono, pero en diferente medida, pueden llegar a causar los mismos impactos en el ambiente. Es por esto que la huella de carbono se expresa en unidades de dióxido de carbono equivalente. En la tabla II se presenta el potencial de calentamiento global para algunos GEI.

Tabla II. **Potencial de calentamiento global**

GEI	Símbolo	¹Potencial de CO₂	²Tiempo de vida en la atmósfera
Dióxido de carbono	CO ₂	1	de 50 a 200 años
Metano	CH ₄	23	12 años
Óxido nitroso	N ₂ O	296	120 años
Hidrofluorocarbonos	HFC	120 – 12 000	hasta 270 años
Perfluorocarbonos	PFC	5 700 – 11 900	entre 800 y 50 000 años
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	22 200	3 200 años

¹ Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGP+L).

² CO₂ Management.

Fuente: elaboración propia.

La huella de carbono permite cuantificar el impacto ambiental de las actividades a través de la elaboración de un inventario de las emisiones asociadas a los GEI, lo que facilita la identificación de las principales fuentes de emisión en las cuales se deben enfatizar las acciones de los planes de reducción de emisiones.

1.4.1. Categoría de emisiones

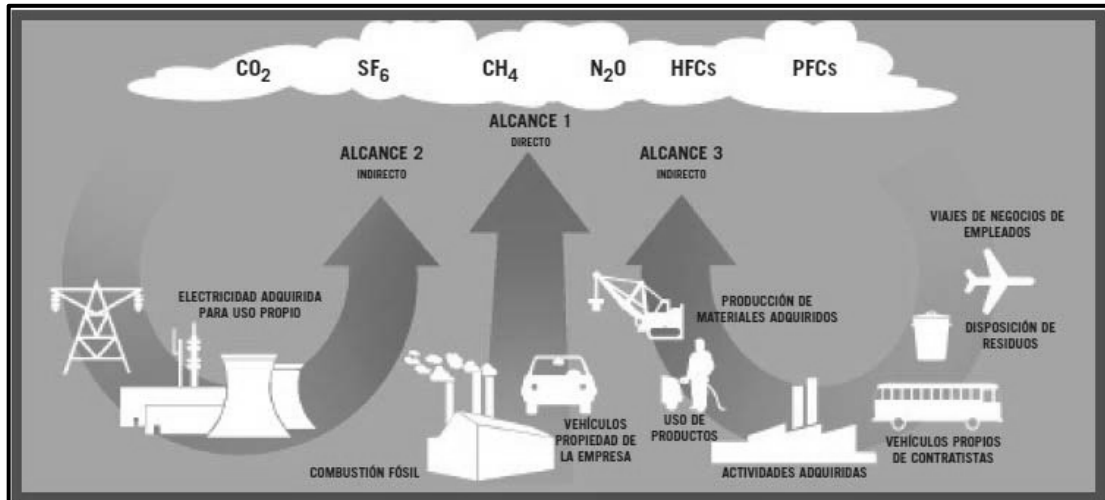
La mayoría de las actividades desarrolladas en una empresa emite cierta cantidad de algún GEI a la atmósfera, sin embargo, la empresa no tiene el mismo control sobre todas estas emisiones, por lo que estas pueden categorizarse como:

- Emisiones directas: son todas aquellas emisiones provenientes de fuentes que son propiedad o pueden ser controladas por la empresa.
- Emisiones indirectas: son todas las emisiones consecuentes de actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que no son propiedad ni pueden ser controladas por la empresa.

Para clasificar de manera adecuada cada fuente de emisión en la empresa, se definen tres alcances en la cuantificación de la huella de carbono:

- Alcance 1: en esta sección se toman en cuenta las emisiones directas de GEI.
- Alcance 2: son todas aquellas emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad contratada. En el caso de la empresa que genera su propia energía, estas emisiones son cuantificadas dentro del alcance 1, ya que la empresa tiene control sobre las emisiones que se liberan al generar energía eléctrica.
- Alcance 3: esta sección incluye todas las emisiones indirectas, las cuales resultan de las actividades de la empresa, pero que no ocurren dentro de ella. Por ejemplo, el transporte de materiales para consumo de la empresa.

Figura 3. Esquema de fuentes de emisión y alcances



Fuente: World Resources Institute. *Protocolo de gases de efecto invernadero. Estándar corporativo de contabilidad y reporte*. p. 30.

1.4.2. Compensación de carbono

Es una medida para mitigar las emisiones de GEI de una empresa, esto puede lograrse a través de la implementación de proyectos de:

- Reducción de emisiones de dióxido de carbono para compensar las emisiones de terceros.
- Almacenamiento de emisiones de dióxido de carbono.
- Créditos de carbono.

Lo ideal es iniciar con la implementación de medidas para la reducción de emisiones para compensar las emisiones de terceros. Para el caso de empresas relacionadas con la quema de combustibles, se aconseja buscar proyectos de almacenaje de emisiones, por ejemplo la construcción de sumideros o reservorios.

Cuando las emisiones se han reducido al mínimo, se puede optar por la compra de créditos de carbono, teniendo en cuenta que cada crédito equivale a una tonelada métrica de dióxido de carbono.

Las compensaciones se calculan con respecto a una línea base, establecida al inicio del proyecto, que representa un escenario hipotético sobre las emisiones que hubieran ocurrido en ausencia del proyecto.

1.4.3. Carbono neutro

Para ser carbono neutro, o alcanzar una huella de carbono cero, es necesario compensar el 100 % de las emisiones generadas, lo cual se puede lograr combinando medidas para la reducción de emisiones con otros proyectos de compensación, como secuestro de carbono o la compra de créditos de carbono. Se recomienda que la inversión en estos proyectos se realice una vez que las emisiones se hayan reducido al mínimo.

1.4.4. Metodologías para la medición de la huella de carbono

Existen varias metodologías para el cálculo de la huella de carbono, siendo las más importantes a nivel internacional las siguientes:

- *Protocolo de gases efecto invernadero. Estándar corporativo de contabilidad y reporte (GHG Protocol)*: es uno de los protocolos más utilizados para cuantificar, gestionar y comunicar el inventario de emisiones GEI en instituciones, productos o proyectos. Su metodología es aplicable a la contabilidad de emisiones de cualquiera de los seis gases previstos por el Protocolo de Kioto en cualquier sector.
- ISO 14069: esta es una guía para la aplicación de la Norma ISO 14064 parte 1, cuantificación e informe de GEI en organizaciones de diferentes sectores.
- ISO 14064: esta norma tiene como objetivo dar credibilidad y veracidad a los reportes de emisión de GEI, así como a las declaraciones de reducción o remoción de GEI. Está compuesta por 3 partes, de las cuales, la más recurrida es la parte 1 en donde se especifican los límites de la emisión de GEI para su cuantificación y posterior elaboración del inventario de emisiones y remociones de GEI. La parte 2 trata sobre proyectos orientados a reducir emisiones de GEI y la parte 3 es acerca de la validación y verificación de las declaraciones de emisiones.
- *Protocolo de gases efecto invernadero (IPCC GHG Workbook)*: es una guía sobre el cálculo de GEI provenientes de diferentes fuentes y sectores, que incluye algunos factores de emisión. Está orientada sobre todo a inventarios a nivel nacional.
- Bilan Carbone: elaborada por la Agencia Francesa del Medio Ambiente y Gestión de la Energía, se basa en el *GHG Protocol* y la Norma ISO 14064. Tiene como objetivo dar a conocer emisiones asociadas a las diferentes actividades económicas que se llevan a cabo en Francia.

- PAS 2050: esta norma se enfoca al cálculo de emisiones en instituciones tanto del sector público como privado. Además de orientar a la institución a buscar la neutralidad a través de la cuantificación, reducción y compensación de las emisiones GEI asociadas a la institución.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Acciones del MARN ante la medición de la huella de carbono

Durante el 2011 se iniciaron algunos monitoreos dentro del edificio central del MARN en cuanto a los consumos de energía eléctrica y agua potable. Los resultados de estos monitoreos eran presentados en un informe mensualmente, sin embargo, no existía un análisis profundo de la información descrita.

En el 2012, debido al auge que ha obtenido en los últimos años la medición de la huella de carbono, el MARN, como entidad rectora del tema ambiental en Guatemala, decidió iniciar el cálculo de la huella de carbono dentro de sus instalaciones centrales, por lo que se retoman los monitoreos trabajados durante el 2011 y se complementan con información de los consumos de combustible y papel.

2.2. Infraestructura de las instalaciones del MARN

El edificio central del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales queda ubicado en la 20 calle 28-58 zona 10 de la ciudad de Guatemala. Dicho edificio está organizado de la siguiente manera:

- Una garita de seguridad, en la cual se encuentra la garita principal y un cuarto de descanso.

- La torre I se compone de 9 niveles y un sótano. Cada uno de estos niveles cuenta tanto con oficinas como con sanitarios; una parte del sótano es ocupada para parqueos del personal, otra parte consiste en bodegas para archivar expedientes de años anteriores y la parte restante es ocupada por oficinas y cubículos de trabajo.
- La torre II consta de 2 niveles y 2 sótanos. Al igual que en la torre I los niveles superiores son ocupados por oficinas y servicio sanitario, el primer sótano se compone de oficinas y parqueo, el segundo sótano está habilitado como parqueo, además de un área utilizada como bodega de archivos.

Asimismo, la sede central del MARN tiene instalados 2 contadores de energía eléctrica, dos bombas para extracción de agua de un pozo propio, una planta generadora de electricidad y un contenedor de desechos sólidos.

Figura 4. **Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, sede central**



Fuente: 20 calle 28-58 zona 10, ciudad de Guatemala.

2.3. Interacción de las actividades del MARN con el ambiente

El MARN es la institución rectora del tema ambiental en Guatemala, por lo que sus actividades son de carácter administrativo y llevarlas a cabo no requiere del uso de una gran cantidad de recursos naturales. Además, en sus emisiones no se identifican todos los GEI que son tomados en cuenta dentro el cálculo de la huella de carbono, se pueden identificar únicamente dióxido de carbono y metano.

Uno de los recursos naturales más utilizados por el MARN es el agua potable, la cual proviene de dos fuentes: el agua para consumo humano es obtenida mediante la compra de garrafones de agua purificada a una empresa distribuidora y el agua utilizada para las demás actividades; como limpieza de las instalaciones, lavado de vehículos, riego de plantas y servicios sanitarios, entre otros, es extraída de un pozo propio.

Otro de los recursos utilizados son los derivados del petróleo (diésel y gasolina) como combustible para la flota de vehículos y la planta generadora de electricidad propiedad del MARN.

Asimismo, por ser el MARN una entidad de gobierno, es necesario dejar constancia de cada uno de los trámites realizados a cada expediente. Dicha constancia se hace a través de correspondencia oficial, la cual es manejada generalmente en forma física, lo que conlleva a que este proceso requiera de un alto consumo de papel.

En lo que respecta a la disposición final de los desechos sólidos, el Ministerio cuenta con un depósito en donde el personal encargado de la limpieza de cada nivel coloca diariamente los desechos recolectados, estos son puestos a disposición de una empresa dedicada a su recolección para ser depositados en el vertedero ubicado en la zona 3.

2.4. Identificación de fuentes de emisiones de GEI

Los GEI emitidos como consecuencia de las actividades del MARN son en su mayoría dióxido de carbono y una pequeña parte de metano. Las fuentes emisoras de GEI identificadas son:

- Vehículos propiedad del MARN: estos trabajan tanto con diésel como con gasolina y son utilizados para trasladar personal a diferentes comisiones que abarcan desde el perímetro de la ciudad hasta el interior del país. Entre las sustancias emitidas por los vehículos están: nitrógeno, oxígeno, agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos nítricos, dióxido de azufre e hidrocarburos.
- Planta de generación de energía eléctrica: esta funciona con diésel y es operada ocasionalmente en caso de apagones eléctricos. Al igual que los vehículos, la planta de generación también emite nitrógeno, oxígeno, agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos nítricos, dióxido de azufre e hidrocarburos.

- Depósito de desechos sólidos: en él se vierten los desechos sólidos generados en todo el edificio. Durante un período no mayor a una semana se produce una cierta cantidad de metano debido a la descomposición de los desechos que esperan ser recolectados por una empresa contratada.
- Energía eléctrica: aunque las emisiones de la generación de la energía no se dan dentro del MARN, el consumo de esta debe ser tomado en cuenta para el cálculo de la huella de carbono. Estas emisiones varían según el comportamiento de la matriz energética del país.
- Papel: este recurso es el principal insumo para el desarrollo de actividades en todas las unidades de trabajo. No obstante, para su elaboración se utiliza como materia prima la pulpa de celulosa, proveniente de la madera, por lo que en este proceso también se generan emisiones indirectas.

2.5. Levantamiento de información de actividades

Para calcular la huella de carbono de las actividades del MARN es necesario clasificar las fuentes de emisión según el control que el MARN pueda ejercer sobre ellas.

2.5.1. Emisiones directas

De las fuentes identificadas anteriormente, se pueden considerar fuentes de emisiones directas aquella en donde el MARN puede ejercer control, como es el caso del consumo de combustibles utilizados tanto en la flota de vehículos como en la planta de generación de energía eléctrica.

2.5.1.1. Consumo de combustible

El MARN posee diferentes tipos de vehículos, que van desde motocicletas hasta buses. Estos vehículos son utilizados para facilitar el transporte del personal hacia las diferentes actividades en las que el Ministerio participa, así como para repartir la correspondencia interinstitucional del MARN. Eventualmente, también se utiliza combustible para generar energía eléctrica durante los apagones eléctricos. En la tabla III se presentan los consumos estimados de combustible.

Tabla III. **Estimación de consumo de combustible en el MARN durante el 2011**

Tipo de combustible	Tipo de vehículo	Galones consumidos
Gasolina	Automóvil	924
	Motocicleta	512
Total gasolina		1 436
Diésel	Bus	3 250
	Camioneta	4 337
	Microbús	1 039
	Panel	148
	Picop	5 278
	Generador de energía	84
Total diésel		14 136

Fuente: elaboración propia.

De los siete tipos de vehículos que posee el Ministerio, solamente los automóviles y las motocicletas utilizan gasolina para su funcionamiento, el resto de vehículos, en conjunto con el generador de energía, utilizan diésel.

Durante el 2011, el consumo de diésel fue aproximadamente 10 veces mayor al consumo de gasolina, por lo que se puede estimar que la mayoría de las emisiones directas del MARN provienen de fuentes que emplean diésel como combustible.

2.5.1.2. Generación de desechos sólidos

Los desechos sólidos generados en el MARN se clasifican como residuos sólidos urbanos, los cuales se componen de desechos orgánicos, papel y cartón, plásticos, vidrio, metales, entre otros. Durante una jornada de trabajo se generan alrededor de 90 libras de residuos sólidos urbanos dentro de las instalaciones centrales del MARN.

Estos residuos son acumulados en las áreas de trabajo dentro de bolsas de basura, que al final del día son depositadas en un contenedor que tiene capacidad para almacenar un volumen de aproximadamente 5 m³.

El contenedor está localizado al aire libre en la parte trasera de la torre I y es aquí en donde se conservan los desechos hasta por 3 días, hasta que son recogidos por la empresa recolectora.

2.5.2. Emisiones indirectas

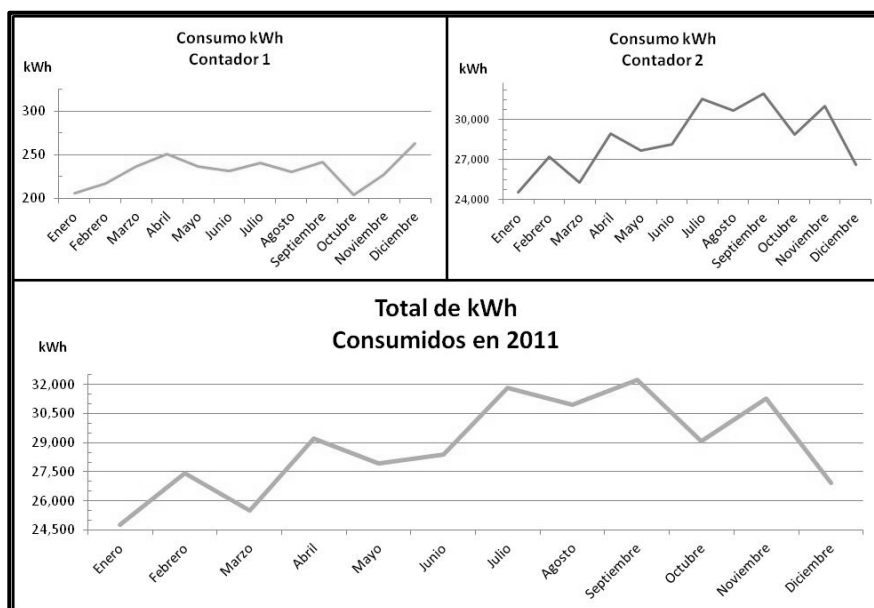
Se refieren a las provenientes de la generación de la energía eléctrica contratada y consumida a través de la conexión al Sistema Nacional Interconectado de Energía Eléctrica (SNI).

2.5.2.1. Consumo de energía eléctrica

El suministro de energía eléctrica se da a través de dos contadores eléctricos, los cuales distribuyen la energía dentro del edificio. El primero de estos está conectado al área de garita y las habitaciones utilizadas por el personal de seguridad, el segundo contador se encarga de proveer la energía eléctrica a las torres I y II.

Debido a la variación en el área de distribución de energía eléctrica en los contadores, el contador 1 consume menos del 1 % del total, con un consumo promedio de 232 kWh al mes. Por su parte, el contador 2, registra el 99 % del consumo total, con un promedio mensual de 28 560 kWh por mes. Cabe resaltar que a este contador están conectados los equipos de mayor demanda, como un elevador y tres bombas de agua.

Figura 5. Consumo de energía eléctrica durante el 2011



Fuente: elaboración propia.

2.5.3. Otras emisiones

Debido al alto consumo de papel, se considera necesario tomar en cuenta las emisiones de su elaboración dentro de la huella de carbono del MARN.

2.5.3.1. Consumo de papel

Durante el 2011 se utilizaron 2 588 resmas de papel tamaño carta y 562 resmas de papel tamaño oficio. Por sus actividades, la Dirección General de Administración y Finanzas, la Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales y las unidades a su cargo, requieren en conjunto el 64,03 % del papel utilizado en el MARN central.

Tabla IV. Consumo de papel durante el 2011

UNIDAD ADMINISTRATIVA	Papel carta *	Papel oficio *
Despacho y unidades a cargo	3 070,3	782,0
Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales	4 009,2	553,5
Dirección General de Administración y Finanzas	4 951,8	937,6
Dirección General de Formación, Organización y Participación Social	590,2	148,5
Dirección General de Políticas y Estrategias Ambientales	154,5	30,7
Dirección General de Coordinación Nacional	282,0	86,0
Dirección General de Cumplimiento Legal	343,3	470,4
Total general	13 401,3	3 008,7

* en cientos de hojas

Fuente: elaboración propia.

Además del papel bond, también se utilizan otros artículos de papel, entre los cuales se encuentran folders, cuadernos, libros de actas, *post-its* y sobres manila de diferentes tamaños.

2.6. Selección del método de cálculo de la huella de carbono

El método de cálculo de huella de carbono que más experiencia ha generado en su implementación en los últimos años es el *Protocolo de gases efecto invernadero*, especialmente la parte del *Estándar corporativo de contabilidad y reporte*. El *Estándar* fue elaborado por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, por sus siglas en inglés) y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés), acompañados por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (Semarnat) en el 2001 y traducido al español en el 2005.

Asimismo, esta metodología recorre el mismo camino que la Norma ISO 14064 en la sección 1: guía organizacional para la cuantificación y reporte de las emisiones de gases de efecto invernadero y remociones, por lo que se considera pertinente implementarla en el MARN para facilitar la certificación de este proceso en un futuro.

Las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) pueden contemplar una amplia variedad de sustancias químicas, sin embargo, para efectos de esta metodología el estudio se concentra en los seis gases contemplados por el Protocolo de Kioto y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Estos gases son, el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄), el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC).

2.6.1. Factores de conversión de emisiones

La huella de carbono es el parámetro a través del cual se mide el desempeño ambiental de una determinada actividad, cuantificando las emisiones de los principales gases de efecto invernadero que ocurren como consecuencia de la misma. Sin embargo, la huella de carbono es expresada en unidades de dióxido de carbono equivalente, por lo que generalmente se utilizan los potenciales de calentamiento global (tabla II) para relacionar cada GEI generado con el dióxido de carbono y expresar así las emisiones de cada uno en unidades de dióxido de carbono equivalente.

Las emisiones de GEI pueden calcularse por medio de un balance de masa o fundamento estequiométrico específico para un proceso determinado. Sin embargo, la aproximación más común para calcular las emisiones de GEI es a través de 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”⁶. A nivel internacional, se conocen muchos factores establecidos que describen la cantidad de emisiones de dióxido de carbono equivalente generadas por una determinada fuente, la cual ha sido identificada y analizada por alguna institución competente. Estos factores pueden variar según la composición de los materiales utilizados y las condiciones en las que se realiza el proceso, por lo que en algunas ocasiones estos factores son más específicos calculándose a nivel de país, actividad económica o empresa.

Los factores relacionados a cada una de las actividades del MARN que fueron identificadas como fuentes de emisión se enlistan en la tabla V.

⁶ *Protocolo de gases de efecto invernadero. Estándar corporativo de contabilidad y reporte.*

Tabla V. **Factores de emisiones correspondientes a las fuentes de emisión en el MARN**

Fuente de emisión	Factor	Unidad de medida	Fuente
Gasolina	8,78	kg CO ₂ / galón	2013 Climate Registry Default Emission Factors
Diésel	10,21	kg CO ₂ / galón	2013 Climate Registry Default Emission Factors
Residuos sólidos urbanos	902,47	kg CO ₂ / ton	2013 Climate Registry Default Emission Factors
Energía eléctrica	286,00	g CO ₂ / kWh	CO2 Emissions from Fuel Combustion 2013
Papel	1,135	kg CO ₂ / kg	Environmental Protection Agency

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que la descomposición de los residuos sólidos es diferente, según sea su origen. Los desechos orgánicos son los que se degradan con mayor facilidad, en tan solo un par de semanas, mientras que a los desechos inorgánicos les puede tomar años degradarse y emitir el máximo de dióxido de carbono contenido en ellos.

2.6.2. Identificación de las fuentes con mayor nivel de emisión de gases de efecto invernadero

De las fuentes de emisión de GEI identificadas anteriormente, se consideran de alto impacto los vehículos y equipos que utilizan diésel para su funcionamiento, además del consumo de energía eléctrica, según se indica en la tabla VI, ya que se estima que cada una emitió más de 100 000 kilogramos de dióxido de carbono durante el 2011.

Tabla VI. **Emisiones de dióxido de carbono según su origen**

Fuente de emisión	Consumo	Unidad de medida	Factor	Unidad de medida	Emisiones de CO ₂
Gasolina	1 436,00	gal / año	8,78	kg CO ₂ / gal	12 608,08
Diésel	14 136,00	gal / año	10,21	kg CO ₂ / gal	144 328,56
Residuos sólidos urbanos	16,43	ton / año	902,47	kg CO ₂ / ton	741,15*
Energía eléctrica	345 503,00	kWh / año	0,29	kg CO ₂ / kWh	98 813,86
Papel	8 169,49	Kg / año	1,14	kg CO ₂ / kg	9 272,37

*Estas emisiones se dan en el lugar en donde son vertidos los residuos, ya que en el MARN permanecen por un máximo de 3 días, por lo que solamente se tomó en cuenta el 5 % de sus emisiones totales.

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta que los desechos sólidos generados en el MARN solo permanecen tres días en las instalaciones, se puede concluir que las emisiones dentro del depósito de desechos durante este tiempo son mínimas, pues el proceso de descomposición está en su etapa inicial. Para este efecto, el MARN tomará en cuenta dentro de su huella de carbono el 5 % de las emisiones correspondientes a la descomposición de los residuos sólidos.

3. PROPUESTA DE PLAN DE ACCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

3.1. Herramienta de cálculo de emisiones

La huella de carbono se cuantifica elaborando un inventario de emisiones para cada uno de los GEI emitidos por la institución, dicho inventario integra todas las fuentes de emisión relevantes e incluye un registro detallado de las emisiones generadas en un período específico (generalmente de un año).

El objetivo de los inventarios de emisiones es facilitar la búsqueda de información necesaria en la contabilización de las emisiones gases de efecto invernadero que se generan en las actividades previas, durante y después de un proceso.

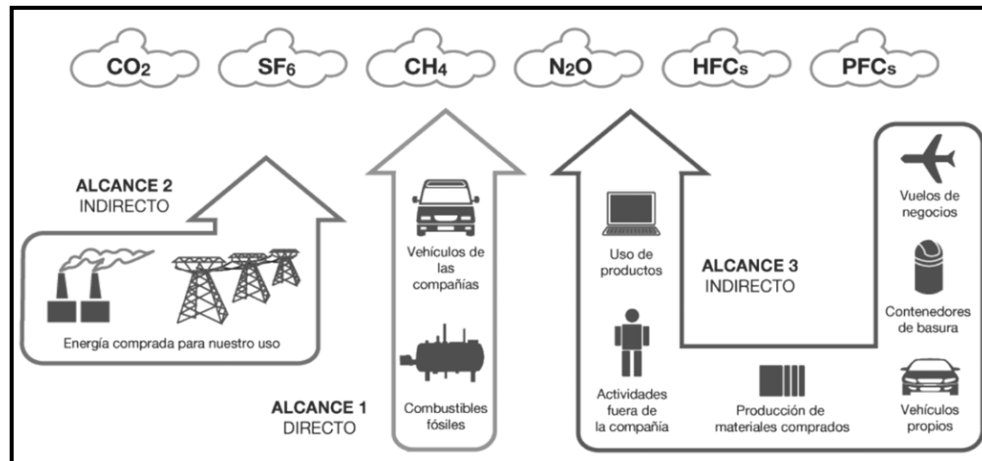
Estos inventarios son utilizados como una herramienta de gestión para la mejora continua, ya que, además de cuantificar las emisiones que conlleva cada proceso dentro de la institución, también permite evaluar aquellas actividades que tienen como objetivo reducir las emisiones de GEI, así como determinar el avance y el impacto que cada una de ellas tiene en relación a la mitigación de estos gases.

Asimismo, esta herramienta es utilizada para cumplir con los requerimientos de contabilidad y auditoría en áreas como: programas voluntarios de reducción de emisiones, registros de GEI, programas de comercio de GEI o protocolos sectoriales de reducción de emisiones.

Debido a la gran cantidad de beneficios que se obtienen al dar un seguimiento periódico a la huella de carbono, se recomienda implementar una estrategia integrada donde los puntos más relevantes que deben llevarse a cabo durante la elaboración de un inventario de emisiones GEI son:

- Definición de los límites organizacionales: se refiere a definir aquellas unidades de la institución y operaciones que la constituyen y que participarán en la cuantificación de emisiones.
- Definición de los límites operacionales: implica identificar las fuentes de emisiones asociadas a las operaciones de la institución.
- Alcance: según la injerencia que la institución ejerce sobre las operaciones incluidas dentro de los límites organizacionales deben clasificarse de la siguiente manera:
 - Alcance 1: incluye las emisiones directas.
 - Alcance 2: corresponde al consumo de energía eléctrica.
 - Alcance 3: es opcional su cuantificación e incluye todas aquellas emisiones indirectas que la institución desee contabilizar.

Figura 6. **Clasificación de actividades según su alcance**



Fuente: Tú Transformas. *Estudio de huella de carbono*. p. 15.

- Año base del inventario de emisiones de GEI: se debe determinar el año que se utilizará como referencia para evaluar la efectividad de las acciones a implementar para la reducción de emisiones de GEI.
- Inventario de emisiones de GEI: incluye el registro de toda la información y detalles de cada fuente de emisión.
- Cuantificación de emisiones de GEI: en esta sección es en donde se cuantifica la huella de carbono de las actividades estudiadas.
- Acciones organizacionales para la reducción de emisiones de GEI: se debe elaborar un plan de acción para reducir las emisiones de GEI generadas por la institución.
- Análisis de los resultados: al finalizar la implementación del plan de acción, se deben evaluar los resultados obtenidos y calcular la disminución de las emisiones comparando las generadas al finalizar el período de implementación con las del año base.

3.2. Inventario de emisiones de GEI en el MARN

Para el desarrollo del inventario de emisiones GEI se implementará la metodología propuesta en el *Estándar corporativo de contabilidad y reporte* contenido en el *Protocolo de gases de efecto invernadero*.

3.2.1. Definición de los límites organizacionales

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales cuenta con representación a nivel regional y departamental, para el análisis y cuantificación de emisiones de GEI se estudiará únicamente la sede central, ubicada en la ciudad de Guatemala.

3.2.2. Definición de los límites operacionales

Para cuantificar las emisiones de las instalaciones centrales del MARN se tomarán en cuenta las siguientes fuentes de emisión identificadas previamente:

- Consumo de combustible
- Consumo de energía eléctrica
- Consumo de papel

3.2.3. Alcance

Las fuentes de emisión identificadas dentro de las instalaciones del MARN se deben clasificar según la capacidad de regulación que esta institución ejerce sobre cada una de las fuentes.

- Alcance 1: corresponde a las emisiones directas, identificadas en el capítulo 2, estas emisiones están relacionadas con el consumo de combustible tanto de gasolina como diésel.
- Alcance 2: corresponde a las emisiones indirectas relacionadas con el consumo de energía eléctrica de la red nacional.
- Alcance 3: corresponde a las emisiones indirectas que el MARN desea contabilizar, las cuales corresponden al consumo de papel.

3.2.4. Año base del inventario de emisiones de GEI

Siendo la primera vez que se elaborará un inventario de emisiones de GEI en el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, los datos que serán recolectados establecerán la línea base correspondiente al 2011.

3.2.5. Inventario y cuantificación de emisiones de GEI

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales emite gases de efecto invernadero a la atmósfera, los cuales provienen de los procesos administrativos que se llevan a cabo en la institución. Estas emisiones surgen principalmente en la quema del combustible. El MARN también es responsable de las emisiones que se generan por la energía eléctrica consumida dentro de las instalaciones de la sede central, al igual que del papel utilizado en los trámites que se manejan en la institución.

- Alcance 1: consumo de combustible

El combustible en el MARN es utilizado para abastecer la flotilla de vehículos, así como para alimentar la planta de generación de energía eléctrica.

Los consumos hechos durante el año se clasifican según el tipo de combustible y el equipo en el que es utilizado en la tabla VII. Los vehículos en donde se concentra la mayoría de emisiones trabajan con motor diésel y son los picops, camionetas y buses, los que representan aproximadamente el 84 % de las emisiones generadas por el uso de combustibles fósiles.

En el MARN se recorrieron 532 848 km utilizando 14 136 galones de combustible y emitiendo aproximadamente 295 gramos de dióxido de carbono en cada kilómetro recorrido. En total se generaron, durante el 2011, alrededor de 156 936,7 kilogramos de dióxido de carbono como consecuencia del uso de combustibles fósiles.

Tabla VII. **Estimación de emisiones de GEI derivadas del consumo de combustible en el MARN durante el 2011**

Tipo	Cantidad	Recorrido (km)	Galones consumidos	Factor (kg CO ₂ / gal)	Emisiones (kg CO ₂)
Automóvil	5	59 169,0	924,0	8,78	8 112,7
Motocicleta	4	33 188,0	512,0	8,78	4 495,4
Gasolina	9	92 357,0	1 436,0		12 608,1
Bus	2	21 700,0	3 250,0	10,21	33 182,5
Camión	1	0,0	0,0	10,21	0,0
Camioneta	21	148 022,0	4 337,0	10,21	44 280,8
Microbús	4	32 024,0	1 039,0	10,21	10 608,2
Panel	2	5 315,0	148,0	10,21	1 511,1
Picop	21	233 430,0	5 278,0	10,21	53 888,4
Generador de energía	1	-	84,0	10,21	857,6
Diésel	52	440 491,0	14 136,0		144 328,6

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por el MARN.

Tomando en cuenta que “un árbol de *Pinus pinea* (pino piñonero) llega a fijar 27 kilogramos de dióxido de carbono durante un año en su etapa adulta”⁷, se estima que se necesitarían alrededor de 5 813 árboles de pino piñonero para fijar en un año las emisiones generadas por el uso de combustibles fósiles en el MARN.

- Alcance 2: consumo de energía eléctrica

El MARN dispone de diferentes equipos que utilizan energía eléctrica para llevar a cabo sus actividades, para facilitar el manejo de estos equipos se clasificarán en cuatro subsistemas eléctricos:

- Equipo de oficina: en este grupo se incluyen los siguientes equipos:
 - Cámara digital
 - Cámara de seguridad
 - Cañonera
 - Computadora + CRT
 - Computadora + LCD
 - Contador de billetes
 - Contestadora
 - DVD
 - Encuadernador
 - Escáner
 - Fax
 - Fotocopiadora

⁷ *Naturaleza, medio ambiente y sostenibilidad*. www.co2herencia.com. Consulta: septiembre 2015.

- Impresora
 - Impresora de CD
 - Impresora de gafetes
 - Impresora matricial
 - Intercomunicador
 - *Laptop*
 - Monitor LCD
 - Multifuncional
 - Pizarrón electrónico
 - *Plotter*
 - Quemadora de DVD
 - *Router*
 - Servidor de internet
 - Sumadora
 - *Tablet*
 - Teléfono inalámbrico
 - Triturador
 - UPS
- Equipo eléctrico: en este grupo se incluyen los siguientes equipos:
- Abrelatas
 - Aire acondicionado
 - Aspiradora
 - Biométricos
 - Bocinas
 - Cafetera
 - Cargador de baterías
 - Cargador de celular

- Cargador de radio
 - Consola de sonido
 - Deshumidificador
 - Dispensador de golosinas
 - Estufa
 - Extractor de olores
 - Extractor de jugos
 - Licuadora
 - Micrófono
 - Microondas
 - Oasis
 - Plancha de alimentos
 - Radio
 - Radioreloj
 - Refrigerador
 - Sandwichera
 - Secador de manos
 - Soplador de agua
 - Televisor
 - Tostadora
 - Ventilador
 - VHS
- Equipo médico: en este grupo se incluyen los siguientes equipos:
- Electrocardiograma
 - Nebulizador

- Equipo de iluminación: en este grupo se incluyen los siguientes equipos:
 - Foco fluorescente
 - Foco incandescente
 - Foco halógeno
 - Lámpara ahorradora
 - Lámpara T-12
 - Lámpara T-8
 - Lámpara UV T-8
 - Ojo de buey
 - Ojo de buey led
 - Reflector de sodio
 - Reflector led

- Motores: en este grupo se incluyen los siguientes equipos:
 - Bombas
 - Compresor
 - Elevador

En la tabla VIII se detalla el consumo de energía eléctrica por mes estimado para cada uno de los subsistemas eléctricos descritos anteriormente basado en la potencia descrita en los equipos y en las horas que se utiliza durante el mes.

Tabla VIII. **Estimación del consumo de energía eléctrica**

Subsistema eléctrico	Cantidad de equipos	Consumo estimado (kWh/mes)
Equipo de oficina	670	15 389,09
Equipo eléctrico	236	9 471,73
Equipo médico	2	1,79
Iluminación	1 052	3 104,68
Motores	5	1 681,43
Total	1 965	29 648,73

Fuente: inventario de equipos MARN realizado por el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia.

Según el inventario de equipos eléctricos del MARN (detallado en el anexo 2), el 52 % del consumo de energía eléctrica se da por el uso de equipo de oficina, principalmente computadoras. Entre el equipo eléctrico, el aire acondicionado para los servidores consume el 46 % de lo estimado para este subsistema.

Sin embargo, según los registros de las facturas de la Empresa Eléctrica, el consumo promedio de energía es de 28 792 kWh al mes y de 345 503 kWh al año tal como lo muestra la tabla IX.

Tabla IX. **Estimación de emisiones de GEI derivadas del consumo de energía eléctrica en el MARN durante el 2011**

Mes	Contador 2 (kWh)	Contador 1 (kWh)	Total (kWh)	Factor de emisión (kg CO ₂ / kWh)	Emisiones (kg CO ₂)
Enero	24 560	206	24 766	0.29	7 083,08
Febrero	27 200	217	27 417	0.29	7 841,26
Marzo	25 280	236	25 516	0.29	7 297,58
Abril	28 960	251	29 211	0.29	8 354,35
Mayo	27 680	236	27 916	0.29	7 983,98
Junio	28 160	231	28 391	0.29	8 119,83
Julio	31 600	240	31 840	0.29	9 106,24
Agosto	30 720	230	30 950	0.29	8 851,70
Septiembre	32 000	242	32 242	0.29	9 221,21
Octubre	28 880	204	29 084	0.29	8 318,02
Noviembre	31 040	227	31 267	0.29	8 942,36
Diciembre	26 640	263	26 903	0.29	7 694,26
Total	342 720	2 783	345 503		98 813,86

Fuente: elaboración propia.

Durante el 2011 se emitieron 98 813,86 kg de dióxido de carbono debido al consumo de energía eléctrica. Para mitigar estas emisiones, el MARN debería cuidar de un bosque con 3 660 árboles de pino piñonero durante un año, se estima que “un árbol de *Pinus pinea* (pino piñonero) llega a fijar 27 kilogramos de dióxido de carbono durante un año en su etapa adulta”.⁸

⁸ *Naturaleza, medio ambiente y sostenibilidad*. www.co2herencia.com. Consulta: septiembre 2015.

- Alcance 3: consumo de papel

El papel es otro de los insumos más importantes en las operaciones que realiza el MARN, principalmente las hojas de papel bond las cuales son utilizadas para dar trámite a cada expediente que se recibe y se genera dentro de la institución. La tabla X se estima el consumo de papel en el año, tomando en cuenta los diferentes insumos que utilizan papel.

Tabla X. **Estimación de emisiones de GEI derivadas del uso de papel en el MARN durante el 2011**

Insumo	Consumo (ciento)	Peso (g / ciento)	Peso Total (kg)	Factor de emisión (kg CO ₂ / kg)	Emisión (kg CO ₂)
Papel carta	13 401,26	452,42	6 062,98	1,14	6 881,48
Papel oficio	3 008,70	534,68	1 608,68	1,14	1 825,85
Cuadernos	275,90	452,42	124,82	1,14	141,67
Libros de actas y contabilidad	250,00	534,68	133,67	1,14	151,71
Post-it	898,20	72,58	65,19	1,14	73,99
Sobres	160,39	1 085,80	174,15	1,14	197,66
Total			8 169,49		9 272,37

Fuente: elaboración propia.

Las hojas de papel bond son las más utilizadas en las actividades del MARN, siendo las hojas de tamaño carta las que representan aproximadamente el 75 % del consumo de papel, con un promedio estimado de 216 resmas mensuales.

Durante el año se utilizaron más de 8 000 kg de papel, los cuales generaron aproximadamente 9 272,37 kg de dióxido de carbono y requerirá cuidar de 344 árboles de pino piñonero durante un año para mitigar estas emisiones.

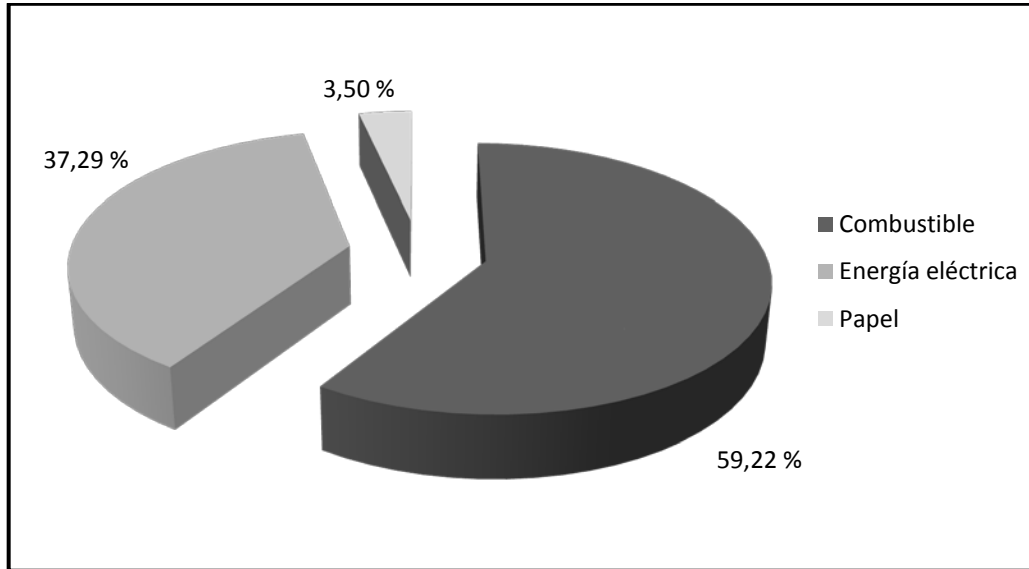
Además, considerando que el proceso de elaboración de papel tiene como materia prima la madera, se estima que “para producir una tonelada de papel es necesario talar 24 árboles”⁹, por lo que proveer al MARN el papel para sus actividades durante un año requirió de al menos 197 árboles.

3.2.6. Acciones organizacionales para la reducción de emisiones de GEI

En total se generaron 265,02 toneladas de dióxido de carbono durante el 2011, siendo la fuente principal de emisión el uso de combustibles fósiles con 156,94 toneladas de dióxido de carbono, representando aproximadamente el 60 % de las emisiones; seguida por el consumo de energía eléctrica con 98,81 toneladas de dióxido de carbono y por último el uso de papel con 9,27 toneladas de dióxido de carbono.

⁹ Cálculo basado en el libro de Claudia Thompson. *Documentos de reciclado: la guía esencial*.

Figura 7. **Emisiones de dióxido de carbono por fuente de emisión**



Fuente: elaboración propia.

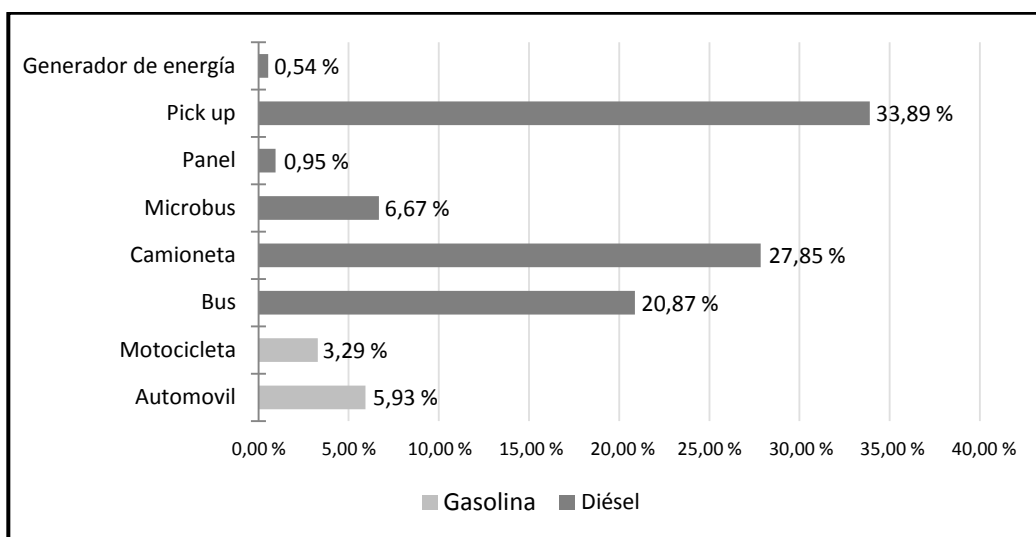
Las acciones orientadas a reducir la huella de carbono del MARN deben estar enfocadas a mitigar las emisiones provenientes de las fuentes analizadas, con esto se logrará impactar no solo en la reducción de las emisiones institucionales, sino también en la reducción de los costos asociados a las fuentes. Además, eventualmente se tendrá una mejora en la eficiencia de los equipos de cómputo y eléctricos, así como en el rendimiento de los motores.

En el plan de acción para la reducción de las emisiones de GEI en el MARN se plantean acciones relacionadas a las buenas prácticas operacionales de producción más limpia, las cuales en su mayoría no requieren de una inversión económica, debido a que están enfocadas en prevenir la contaminación y el desperdicio de insumos.

3.2.6.1. Optimización del consumo de combustible

Los combustibles fósiles conforman la fuente que más emisiones de GEI genera dentro del MARN, representando el 59,22 % de la huella de carbono del 2011. El combustible de mayor uso es el diésel, responsable del 92 % de las emisiones de alcance 1, el cual se utiliza para abastecer el 85 % de la flotilla de vehículos y eventualmente el generador de energía eléctrica, el otro 15 % de la flotilla utiliza gasolina para su funcionamiento y genera el 8 % restante de las emisiones de alcance 1.

Figura 8. Distribución del consumo de combustibles



Fuente: elaboración propia.

3.2.6.1.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es esencial para garantizar el buen funcionamiento de cualquier equipo, para el caso de los equipos que utilizan combustibles fósiles, el mantenimiento no solo previene problemas técnicos, también optimiza la eficiencia de los equipos y de los procesos de combustión. A continuación se presentan algunas prácticas que no requieren de inversión económica pero su implementación tiene un gran impacto en la reducción de emisiones.

- Hacer el mantenimiento respectivo a los vehículos según las especificaciones del fabricante. Un motor diésel tiende a emitir menos GEI que un motor de gasolina, siempre y cuando reciba el mantenimiento apropiado.
- Verificar frecuentemente el estado de los filtros de aire, ya que su mal estado puede disminuir hasta un 10 % la eficiencia del vehículo.
- Revisar periódicamente el estado del motor, transmisión, frenos, líquido de frenos, nivel de aceite, entre otros.
- Revisar regularmente la presión de los neumáticos y procurar añadir aire con las llantas frías al nivel recomendado por el fabricante, ya que por cada 7 psi de presión por debajo del valor correcto, el consumo de combustible se puede incrementar hasta en un 5 %.
- Rotar la colocación de los neumáticos cada 10 000 km.

3.2.6.1.2. Rendimiento de combustible

Durante la marcha de un vehículo y antes de ella también es posible efectuar acciones en las que capacitando debidamente a los pilotos en su implementación pueden mejorar el rendimiento del combustible y por consiguiente reducir las emisiones de GEI a la atmósfera, algunas de estas acciones son las siguientes:

- Planificar las rutas antes de salir de las instalaciones con el fin de encontrar rutas más cortas y con la menor cantidad de interrupciones de tráfico cuando sea posible.
- Arrancar sin pisar el acelerador, ya que los vehículos actuales regulan las condiciones del encendido y pisar el acelerador no solo aumentaría el consumo de combustible, también podría causar desajustes en el sistema eléctrico del vehículo.
- Arrancar los vehículos livianos en primera velocidad y utilizarla solamente para poner en marcha el vehículo, se recomienda cambiar a segunda velocidad a los 6 metros recorridos.
- En las subidas se recomienda retrasar los cambios a revoluciones mayores a los de un trayecto en plano, mientras que en las bajadas es mejor adelantar los cambios a revoluciones menores.
- Evitar cargar el vehículo por encima del peso recomendado por el fabricante, ya que puede llegar a aumentar el consumo de combustible en un 7 %.

- Monitorear las revoluciones a las que trabaja el motor antes de cambiar a la siguiente velocidad. Para los vehículos que utilizan gasolina, el cambio a la siguiente velocidad debe hacerse antes de llegar a las 2 500 revoluciones por minuto, en vehículos con motor diésel el cambio debe hacerse antes de las 2 000 revoluciones por minuto. En el caso de que un vehículo no contara con el equipo para monitorear las revoluciones se puede aplicar según la velocidad de marcha:
 - De 1ª a 2ª velocidad: a los 2 segundos o 6 metros recorridos
 - De 2ª a 3ª velocidad: a partir de los 30 km/h
 - De 3ª a 4ª velocidad: a partir de los 40 km/h
 - De 4ª a 5ª velocidad: a partir de los 50 km/h

- Mantener una velocidad uniforme para reducir el desperdicio de energía y combustible, evitando acelerar y frenar innecesariamente. Al mantener la velocidad conectada es posible aprovechar, en la medida de lo posible, la marcha por inercia para disminuir velocidad o frenar en tramos largos.

- Manejar a una velocidad moderada, entre 80 y 100 km/h, cuando la velocidad supera este límite, el consumo de combustible tiende a aumentar. “Velocidades mayores a 120 km/h aumentan el consumo hasta en un 30 % con respecto a 80 km/h”.¹⁰

- Procurar frenar con el motor en pendientes peligrosas, esto alarga la vida del vehículo, evita el desgaste de los frenos y ahorra combustible.

- Apagar el motor cuando se hagan paradas de más de un minuto.

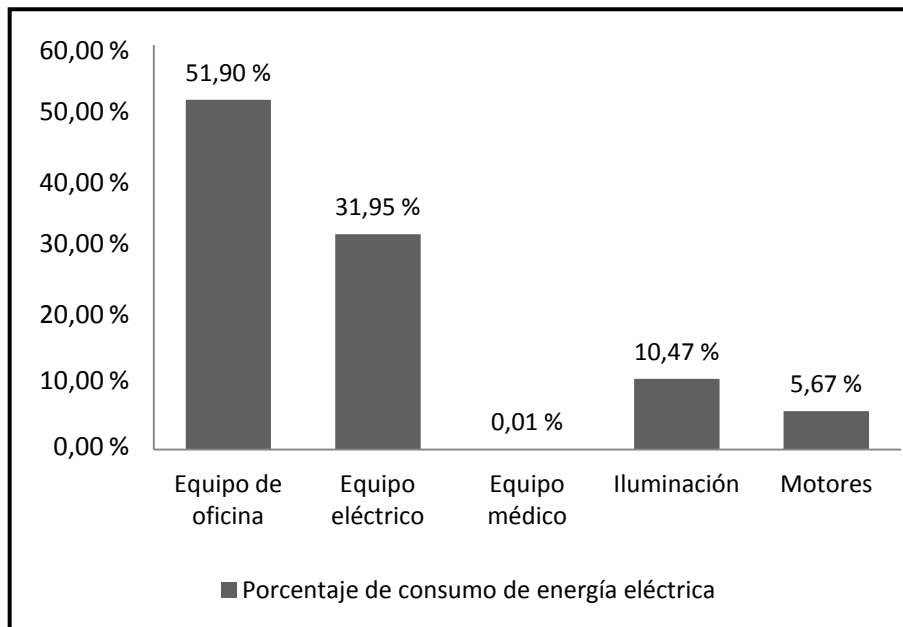
¹⁰ Según la Organización Mundial para la Salud.

- Utilizar el aire acondicionado a una temperatura de confort, la cual se encuentra entre los 22 y 24 °C, sin olvidar mantener las ventanas y puertas cerradas para evitar que se escape el aire climatizado.
- Evitar frenar bruscamente en curvas, ya que al frenar antes de la curva y acelerar al llegar a ella aumenta el consumo de combustible. Lo recomendable es liberar el acelerador previo a llegar a la curva para que el vehículo se desplace con su propia inercia, una vez dentro de la curva se deberá mantener constante la velocidad. Si es necesario frenar, se sugiere hacerlo suavemente y en última instancia hacer el cambio de velocidad a una más baja.
- Procurar no añadir elementos en el exterior del vehículo, pues pueden afectar la aerodinámica del mismo e incrementan el consumo de combustible hasta un 20%, especialmente a altas velocidades. Otros factores que influyen en la aerodinámica del vehículo son las ventanas abiertas, que pueden aumentar el consumo un 5% a una velocidad de 100 km/h.

3.2.6.2. Reducción del consumo de energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica representa el 37,29 % de las emisiones de GEI del MARN, de las cuales el 83,86 % corresponde a equipos eléctricos, médicos y de oficina, el 10,47 % al sistema de iluminación y solo el 5,67 % a los motores, por lo que se dará especial atención a las actividades que promuevan la reducción del consumo de energía en todos los equipos que utilizan energía eléctrica para su funcionamiento.

Figura 9. **Distribución de consumo de energía eléctrica por subsistema eléctrico**



Fuente: elaboración propia.

3.2.6.2.1. Equipos eléctricos

En la actualidad, la mayoría de instituciones cuentan con un equipo de cómputo para cada uno de sus empleados, así como equipos complementarios como impresoras, fotocopiadoras, escáneres, entre otros. Asimismo, muchas organizaciones equipan una o varias áreas de cocina con electrodomésticos de uso frecuente tales como cafeteras, dispensadores de agua y hornos de microondas. Dichos aparatos generan un bajo consumo por sí solos, pero si se toma en cuenta que el MARN tiene en promedio 390 empleados en la sede central, el consumo de energía eléctrica por estos equipos se incrementa y puede llegar hasta los 24 860 kWh al mes.

Algunas prácticas que se deben difundir dentro del Ministerio para obtener un óptimo aprovechamiento de estos equipos y una reducción en el consumo de energía eléctrica son:

- El mantenimiento efectuado periódicamente a todos los equipos ayuda a alargar la vida útil de los aparatos, así como a optimizar su funcionamiento.
- Los equipos, aunque no estén siendo utilizados consumen energía, por lo que una buena práctica es apagarlos cuando no están en uso.
- Mantener desconectados de la fuente de energía los aparatos de uso ocasional, como televisores, videocaseteras, entre otros.
- Al finalizar la jornada laboral se sugiere además de apagar todos los equipos, desconectarlos de la fuente de energía, ya que algunos aparatos aún apagados consumen energía.
- Para facilitar la práctica anterior se propone utilizar regletas de múltiples tomacorrientes con interruptor que puedan ser apagadas al finalizar la jornada, siempre evitando la sobrecarga de estas, pues también se pueden dañar los equipos.
- Antes de abandonar el lugar de trabajo, el colaborador debe considerar el tiempo que permanecerá fuera para apagar o suspender el equipo de cómputo, para cualquiera de los casos anteriores se debe apagar el monitor, así como los equipos conectados a este, como impresoras o escáneres.

En la tabla XI se muestran las diferentes maneras de disminuir el consumo de energía eléctrica en equipos de cómputo y sus características, cabe mencionar que en la actualidad estos modos están disponibles en otros equipos diferentes a computadoras, como fotocopiadoras por ejemplo.

Tabla XI. **Funciones de ahorro de energía en equipos de cómputo**

Modo	Características	¿Cuándo utilizarlo?
Suspender	<p>Interrumpe el suministro de energía en todos los elementos. Salvo en la memoria RAM.</p> <p>Permite seguir descargando información y ejecutando los programas activos.</p> <p>El sistema vuelve al mismo estado antes de suspenderse en pocos segundos.</p> <p>Si hay un corte de energía se pueden perder los datos y trabajos activos que no se hayan guardado.</p>	<p>En períodos cortos (10-30 minutos)</p>
Hibernar	<p>Guarda una imagen del escritorio con todos los archivos y documentos abiertos y desconecta la alimentación del equipo.</p> <p>Los archivos y documentos se abren en la misma ubicación y estado en que se encontraban previamente sin perder los trabajos ante cortes de energía.</p>	<p>Durante períodos largos de inactividad.</p>
Apagar	<p>Apaga por completo el sistema.</p> <p>El sistema se reinicia por completo</p>	<p>Pausas largas (más de 1 hora)</p> <p>Al finalizar la jornada.</p>

Fuente: MARN. *Guía práctica para la eficiencia energética en el sector público guatemalteco*. p. 30.

- Utilizar salvapantallas con colores oscuros y ajustar el brillo de la pantalla de la computadora a un nivel medio.
- En el caso de los equipos conectados a una sola computadora, como impresora o escáneres, encenderlos únicamente cuando se vayan a utilizar y no olvidar apagarlos inmediatamente después de su uso.

- Habilitar equipos como impresoras y escáneres en red de forma que varios colaboradores puedan acceder a ellas. Esto reducirá no solo el consumo de energía eléctrica, también el uso de tinta.
- Evitar abrir innecesariamente los refrigeradores, así como guardar alimentos calientes, con esto se logra mantener la temperatura del equipo. Además de guardar líquidos debidamente tapados para evitar la humedad.
- Configurar los equipos que cuentan con la opción de ahorro de energía.
- Las temperaturas de los refrigeradores deben ser niveladas según las condiciones climáticas, se recomienda para las temporadas calurosas aumentar los niveles de enfriamiento, mientras que en temporadas frías las temperaturas deben ser moderadamente bajas.

3.2.6.2.2. Aire acondicionado

El uso de aire acondicionado es muy común en las organizaciones, no solo para climatizar sus oficinas, también se hace necesaria su utilización para regularizar la temperatura de los servidores de la red informática. Los equipos de aire acondicionado se consideraron dentro del subsistema de equipos eléctricos y representan el 16,04 % de las emisiones generadas por el consumo de energía en el MARN.

Entre las prácticas que podrán implementarse para reducir el consumo eléctrico y aprovechar mejor estos sistemas están:

- Mientras el aire está en funcionamiento, se debe evitar abrir puertas y ventanas para impedir que ingrese aire caliente y se mezcle con el aire climatizado.
- Aprovechar el aire natural abriendo las ventanas en aquellas áreas que sea posible.
- Apagar los sistemas de aire acondicionado al abandonar el área.
- Encender el equipo en 24 °C e ir descendiendo hasta los 22 °C. Para los equipos que funcionan con perilla y no permiten la graduación de la temperatura de manera exacta, se recomienda encenderlos en un punto medio e ir disminuyendo la temperatura sin llegar al extremo.
- Procurar una temperatura en estos sistemas entre los 22 y los 25 grados centígrados en las áreas de trabajo. “Cada grado menos implica un consumo adicional del 8 % de energía”¹¹, además de disminuir la vida útil del equipo y aumentar posibles problemas técnicos que puedan derivar en fuga de gases.
- No disminuir más de 12 °C la temperatura respecto al exterior, debido a que puede darse un choque térmico al salir y afectar la salud de los ocupantes de la habitación.
- Aprender a controlar los programas de control de tiempos y temperaturas de cada sistema.

¹¹ Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía de España (IDAE).

- Apagar el equipo al menos 10 o 15 minutos antes de abandonar el área, el aire climatizado puede permanecer hasta 15 minutos después de haber apagado el equipo.
- Aislar los conductos de ventilación puede ayudar a evitar consumos extras de energía para alcanzar la temperatura deseada.
- El mantenimiento es muy importante en estos equipos, se deben limpiar y revisar con regularidad. Hacer un mantenimiento preventivo y limpiar frecuentemente los sistemas, condensadores, filtros y conductos de ventilación asegura un rendimiento eficiente del aparato.
- Verificar que no existan fugas de refrigerante y repararlas de inmediato.
- Evitar mantener encendidos aparatos eléctricos que no se estén utilizando, ya que estos generan calor e incrementan el funcionamiento del aire acondicionado.
- Utilizar moderadamente los equipos para evitar desgaste e incurrir en mantenimientos correctivos.

3.2.6.2.3. Iluminación

Algunas áreas de trabajo dentro del edificio no disponen de ventanas que permitan el ingreso de luz natural durante el día, por lo que en estas se debe recurrir al uso de luminarias para crear las condiciones adecuadas en un área de trabajo, dichas luminarias deben permanecer encendidas durante toda la jornada laboral.

Esto repercute en un consumo de energía eléctrica innecesario, cuyo aporte incrementa las emisiones de GEI por iluminación hasta un 10,47 % de las emisiones de alcance 2, lo que equivale aproximadamente a la utilización de 3 105 kWh al mes.

Algunas prácticas para un optimizar el consumo de energía eléctrica dentro del Ministerio se presentan a continuación:

- Aprovechar la luz natural en aquellas áreas que cuentan con ventanas, utilizando colores claros en las paredes para aumentar su reflectancia.
- Colocar las áreas de trabajo en una posición en donde se pueda aprovechar la iluminación natural sin que esta se refleje en los monitores y pueda dañar la vista de los colaboradores.
- Apagar las luces que no estén siendo utilizadas, así como cuando la luz natural ilumine lo suficiente y al abandonar un área.
- Seccionar las luminarias instalando interruptores que controlen pequeñas áreas, con esto se evitará iluminar áreas innecesarias en momentos determinados, por ejemplo cuando un colaborador trabaja después de la jornada laboral y sus compañeros de área no están.
- Colocar cortinas o persianas que permitan regular la entrada de luz y eviten el reflejo en los monitores. En la tabla XII se presenta la reflectancia de algunos colores.

Tabla XII. **Porcentaje de reflectancia de una pared según color**

Color	Reflectancia
Blanco	80 %
Marfil	77 %
Amarillo	74 %
Rosa	70 %
Beige	68 %
Gris claro	64 %
Amarillo limón	62 %
Dorado	53 %
Gris mediano	44 %
Naranja	34 %
Café	27 %
Rojo	20 %
Marrón	14 %
Azul oscuro	8 %

Fuente: MARN. *Guía práctica para la eficiencia energética en el sector público guatemalteco*. p. 19.

- Limpiar frecuentemente ventanas y luminarias garantiza un óptimo aprovechamiento tanto de la luz natural como de la artificial. El polvo y la suciedad absorben la luz.
- Revisar periódicamente el cableado eléctrico, comprobando que los cables y conexiones estén debidamente aislados, que no existan cables deteriorados.
- Procurar utilizar luminarias eficientes y de bajo consumo. Las bombillas ahorradoras consumen hasta un 80 % menos de energía, además su vida útil puede llegar a ser 10 veces mayor que las incandescentes, presentando las mismas capacidades de iluminación.

- Reemplazar las luminarias cuando su rendimiento ya no es el adecuado dentro del área de trabajo.
- Evaluar la calidad de iluminación en todas las áreas para identificar las luminarias innecesarias. En la tabla XIII se muestra el nivel necesario para iluminar las diferentes áreas un edificio administrativo.

Tabla XIII. **Niveles mínimos de iluminación para áreas de trabajo**

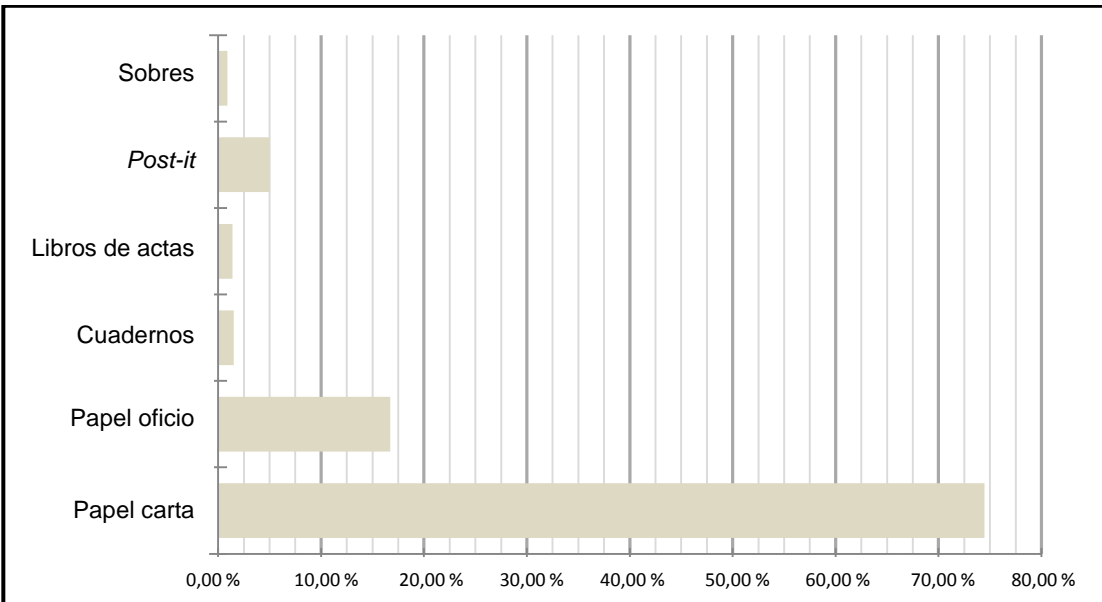
Áreas de trabajo	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Tarea con exigencia visual baja	100
Tarea con exigencia visual moderada	200
Tarea con exigencia visual alta	500
Tarea con exigencia visual muy alta	1000
Zona de uso ocasional	50
Zona de uso habitual	10
Vía de circulación de uso ocasional	25
Vía de circulación de uso habitual	50

Fuente: MARN. *Guía práctica para la eficiencia energética en el sector público guatemalteco*. p. 20.

3.2.6.3. Reciclaje de papel de oficina

La fuente de emisión con menos impacto en la huella de carbono es el uso de papel, al cual le corresponde el 3,50 % de las emisiones totales del MARN. El 91,19 % del consumo total de papel está compuesto por papel de tamaño carta y oficio, ya que estos son utilizados principalmente para trasladar información a usuarios, a otras instituciones o dentro del Ministerio.

Figura 10. **Distribución del consumo de papel**



Fuente: elaboración propia.

Algunas acciones que pueden implementar los colaboradores del MARN para reducir y optimizar la utilización de papel son:

- Preferir compartir información y documentos por medio del correo electrónico.
- Procurar imprimir y fotocopiar en ambas caras del papel. Esto no solo permite ahorrar papel, también se ahorra espacio al almacenar y transportar. Configurar los equipos multifuncionales que tengan la opción de imprimir a dos caras de forma automática ayudará a no olvidar esta recomendación.

- Examinar si existe una alternativa para compartir los documentos que se quieren imprimir o fotocopiar, ya sea a través de dispositivos de almacenamiento, escáneres o correo electrónico.
- Evitar imprimir los documentos para revisarlos, se recomienda hacer estas revisiones de manera digital e imprimir hasta tener la versión definitiva.
- En el caso de no poder evitar la impresión de documentos tipo borrador, se sugiere configurar la impresión de tal manera que se impriman dos o más páginas por hoja, o bien, reducir el tamaño de letra, el interlineado y los márgenes para disminuir la cantidad de hojas.
- Reutilizar el papel que ha sido desechado y está impreso a una cara para imprimir borradores de documentos o tomar notas.
- Verificar la configuración de los documentos antes de enviarlos a impresión ayudará a evitar el desperdicio de papel.
- Aprender a manejar de manera correcta las impresoras y fotocopiadoras para evitar desperdicios por problema técnicos.
- Fomentar el uso de aplicaciones digitales que facilitan compartir información, como calendarios compartidos y aplicaciones que permiten consultar, editar y compartir documentos. Sin embargo, antes de promover su uso es necesario verificar la seguridad que estos medios ofrecen para proteger la información que será transferida.

- El papel que ya no pueda ser reutilizado, puede ser enviado a empresas que se dedican al reciclaje, con esto se apoya al ambiente evitando la tala de árboles y la emisión de GEI derivados del proceso de elaboración de papel.

Painsa, es la única empresa en el país que elabora papel a partir de papel reciclado. Asimismo, se encuentran disponibles diversos centros de acopio como Sepaca, Recipa y Representaciones S&D, entre otros, que reciben papel y cartón para reciclar, incluso algunos centros los compran.

3.2.6.4. Capacitaciones para el ahorro de recursos

Para implementar las acciones propuestas anteriormente, es necesario concientizar a todo el personal del MARN sobre la importancia de utilizar de manera óptima los recursos en sus actividades diarias y como consecuencia reducir las emisiones de GEI que generan estas actividades.

Es importante promover la participación constante del personal para que modifique su rutina actual y adopte una nueva cultura orientada al ahorro de recursos, principalmente energía, papel y combustible, dentro de las instalaciones del Ministerio y eventualmente trasladen esta actitud a sus hogares.

Para esto se pueden organizar una serie de talleres a través del convenio de cooperación técnica que existe entre el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGP+L) y el MARN, solicitando al CGP+L el apoyo para impartir dichos talleres al personal del MARN.

El CGP+L cuenta con una amplia gama de contenidos que abarcan desde los principios básicos de la producción más limpia hasta la implementación de una oficina verde.

Los talleres que impartirá el CGP+L cubrirán el contenido relacionado a implementar buenas prácticas operacionales de producción más limpia, orientadas principalmente al consumo de energía eléctrica, combustible y papel.

3.2.6.4.1. Combustible

La capacitación sobre el ahorro de combustible debe estar orientada a todo el personal del MARN que maneja vehículos, principalmente a los pilotos, quienes utilizan los vehículos con mayor frecuencia, así como personal que eventualmente sale de comisión, participa en eventos o reuniones en otras localidades y se le asigna un vehículo para su transporte.

El contenido de esta capacitación, debe incluir como mínimo temas relacionados a:

- Conceptos básicos
- Planificación de rutas
- Óptimo arranque del vehículo según su motor
- Velocidad apropiada para trayectos largos y cortos
- Manejo adecuado de la caja de velocidades
- Sistemas de frenos y como usarlos
- Uso del sistema de aire acondicionado
- Otras medidas preventivas a tomar en cuenta

3.2.6.4.2. Energía eléctrica

La capacitación sobre el ahorro de energía eléctrica debe estar orientada a todo el personal que labora dentro del MARN, abordando prácticas que ayuden a reducir el consumo energético y a utilizar de manera eficiente los equipos de los que dispone la institución.

Asimismo, el personal encargado del mantenimiento debe ser capacitado sobre la importancia que tiene el mantenimiento preventivo en los equipos y la frecuencia con que debe hacerse.

El contenido a impartir dentro de esta capacitación se basará en los siguientes temas:

- Conceptos generales
- Optimización del consumo energético
- Equipos eficientes y ahorradores
- Uso eficiente de los equipos y su configuración
- Conexión adecuada de equipos
- Buenas prácticas para ahorrar energía

Adicional a la capacitación anterior se debe reforzar las habilidades del personal de mantenimiento, especialmente las de aquellos que se relacionan directamente con el sistema eléctrico. Algunos ítems a considerar en esta capacitación son:

- Importancia del mantenimiento preventivo de equipos
- Auditoría energética eléctrica como herramienta para identificar oportunidades de mejora

- Prevención y corrección de ineficiencias
- Instalación de equipos
- Limpieza y revisión de equipos y cableado eléctrico
- Herramientas para centralizar conexiones de equipos y luminarias
- Sistemas de iluminación eficiente
- Sistemas de aire acondicionado
- Manejo de instrumentos de medición

3.2.6.4.3. Papel

La capacitación sobre la reducción en el consumo de papel estará dirigida a todo el personal del MARN, abordando prácticas para optimizar el uso y reutilización del papel. El contenido a desarrollar en esta capacitación partirá de los siguientes temas:

- Conceptos básicos
- Metodología oficina verde
- Manejo eficiente de insumos y recursos de oficina
- Prácticas para impresiones eficientes
- Tecnologías alternativas a la impresión
- Reuso de papel
- Reciclaje

3.3. Impactos esperados

El plan de acción para la reducción de emisiones de GEI en el MARN se diseñó con el fin de orientar las actividades que se llevan a cabo dentro del Ministerio hacia un funcionamiento ambientalmente sustentable.

3.3.1. Impactos ambientales

Los gases de efecto invernadero son los responsables del calentamiento global, los cuales en su mayoría son generados por actividades industriales. Es por esto que se hace necesario promover acciones y fomentar una cultura de respeto hacia el ambiente que se apliquen no solo dentro de las industrias, también es necesario trasladar este respeto y conciencia a todos los hogares, que aunque no generen gran cantidad de emisiones individualmente, al sumarlas colectivamente tienen un impacto considerable en el ambiente.

El objetivo principal de este plan de acción es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera provenientes de las actividades del MARN, a través de la implementación de buenas prácticas operacionales de producción más limpia, además de sensibilizar a los colaboradores de tal manera que en un momento determinado lleven estas prácticas a sus hogares y concienticen a sus familiares de manera que ellos también adopten estas acciones, con esto se contribuirá a reducir las emisiones de GEI y su impacto en el país.

3.3.2. Impactos sociales

Como responsable del tema ambiental en Guatemala, el MARN estará marcando una referencia ante la sociedad al medir su huella de carbono, haciéndose responsable ambientalmente de sus actividades y mitigando el impacto que estas tienen sobre el ambiente.

Solamente reduciendo sus emisiones el MARN podrá motivar a otras entidades, ya sea públicas o privadas, y a la sociedad civil a que se unan a la lucha contra el calentamiento global y la degradación ambiental, iniciando con la medición de su huella de carbono e implementando medidas para reducir sus emisiones.

Debido a la naturaleza de las actividades del Ministerio, en ocasiones es necesario que personal de la sede central realice algunas labores en diferentes puntos del país, lo que provoca que las emisiones de los vehículos que trasladan a dicho personal se dispersen en todo el país. Por lo tanto, al reducir las emisiones de la sede central se contribuye a la mejora del ambiente a nivel nacional, ofreciendo una mejor calidad de vida a la población, además de un país más limpio, aire menos contaminado y, principalmente, menos enfermedades respiratorias causadas por contaminación atmosférica.

3.3.3. Impactos económicos

Para muchas organizaciones internacionales, cuidar el ambiente se ha vuelto un negocio, ya que mantener una actitud amigable con el ambiente los ha llevado a ser exitosos financieramente, debido a que reducen sus costos de operación, aumentan su eficiencia y generan un mejor clima organizacional, además de mejorar sustancialmente su imagen ante la población.

Las acciones propuestas en el plan de acción están enfocadas en la optimización del uso y manejo de los recursos con los que ya cuenta el MARN, por lo que no implican una inversión económica adicional al presupuesto ya establecido.

Sin embargo, su impacto se verá reflejado en los rubros destinados a combustible, energía eléctrica y papel de oficina, así como en las cuentas relacionadas al mantenimiento de la flotilla de vehículos, de los equipos eléctricos y del sistema eléctrico del edificio.

Los ahorros que se obtengan de la implementación del plan de acción se incrementarán en la medida en que las acciones planteadas se realicen adecuadamente y podrán ser utilizados para impulsar otros proyectos orientados a la reducción de las emisiones de GEI.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

4.1. Formación de un comité técnico interno

El proceso de medición de huella de carbono se facilitará conformando un equipo de trabajo que se encargue de esta labor, así como de coordinar la capacitación del personal en temas como prevención de la contaminación, manejo óptimo de los recursos, entre otros. Además de promover campañas de concientización ambiental y divulgar los resultados obtenidos, tanto de la medición como de las acciones implementadas.

4.1.1. Recurso humano

Para que el comité pueda desempeñarse de manera adecuada, debe ser multidisciplinario e integrarse por un máximo de 10 personas, quienes representen las áreas de trabajo relacionadas con la medición de la huella de carbono, entre las que pueden involucrarse están:

- Un representante del Despacho Superior, quien apoyará en la toma de decisiones.
- La Dirección General de Políticas y Estrategias Ambientales, específicamente el personal capacitado en medición de huella de carbono.

- La Dirección Administrativa y Servicios Generales, ya que tienen a su cargo el despacho de los vales de combustible y personal capacitado en temas energéticos.
- La Dirección Financiera, para apoyar en la elaboración del presupuesto en el planteamiento de proyectos de reducción de emisiones.
- La Unidad de Almacén, porque tiene a su cargo el abastecimiento de papel, entre otros enseres, a las diferentes unidades de trabajo.
- La Unidad de Cambio Climático, por su conocimiento en el tema de emisiones GEI.
- La Unidad de Planificación y Programación, para coordinar la implementación del plan de acción.
- Otras áreas que consideren oportuno las autoridades.

4.1.2. Recursos técnicos

Para llevar a cabo el plan de acción es necesario mantener en vigencia el convenio de cooperación técnica entre el MARN y el CGP+L, ya que dentro del convenio se establece que el Centro Guatemalteco de Producción más Limpia puede aportar al Ministerio capacitaciones en temas de producción más limpia.

Adicionalmente, es posible gestionar dentro del marco del convenio de cooperación una asesoría para que el Centro apoye en la formulación y ejecución de las acciones propuestas en el plan de acción, logrando con esto un impacto óptimo en la reducción de emisiones a partir del primer año de implementación.

4.1.3. Recursos legales

El comité técnico deberá establecerse por medio de un acuerdo ministerial en el que se le otorga la capacidad de toma de decisiones relacionadas a la medición de la huella de carbono del MARN, además de indicar las responsabilidades que le competen al comité y las funciones individuales de cada uno de los representantes de cada área.

Asimismo, deberá redactarse un nombramiento del Despacho Superior que identifique a un representante titular y suplente de las diferentes áreas de trabajo que integran el comité.

4.1.4. Recursos financieros

Las acciones propuestas forman parte de los principios básicos de producción más limpia, los cuales no incurren en gastos significativos. Sin embargo, durante el proceso de implementación del plan de acción se recomienda gestionar la asignación de fondos a este comité dentro del presupuesto anual del MARN, para que en un largo plazo se puedan utilizarse en la implementación de proyectos que permitan reducir aún más las emisiones institucionales.

4.2. Monitoreo de consumos

El comité técnico interno deberá designar una persona que se encargue del manejo de los inventarios de GEI, así como de monitorear las fuentes de emisión y los consumos relacionados a las mismas.

Llevar el registro de estos monitoreos facilitará el manejo de la información y la disponibilidad para presentar en cualquier momento los avances de las acciones implementadas. Para ello, estos registros deben llevarse en forma clara, detallando datos como fecha en que se realiza el monitoreo, la fuente que se está monitoreando, el consumo que se ha realizado, personal que entrega la información, entre otros.

Asimismo, es importante evaluar la efectividad de las acciones implementadas, por lo que debe existir un monitoreo periódico para determinar si el plan de acción está teniendo el impacto esperado respecto a las metas propuestas.

4.2.1. Energía eléctrica

El monitoreo sobre el consumo de energía eléctrica deberá hacerse de forma mensual para cada uno de los contadores, procurando que la lectura de los contadores coincida con la fecha de emisión de la factura de energía eléctrica, con el fin de verificar los datos de la factura. En la figura 11 se muestra un formulario propuesto con los datos mínimos que deberán recolectarse sobre el consumo mensual de energía eléctrica.

4.2.2. Combustible

El monitoreo sobre el consumo de combustible se hará mensualmente en una fecha establecida por el comité, solicitando al encargado de combustible la información necesaria del vehículo y del combustible utilizado para completar el formulario correspondiente, el cual se muestra en la figura 12.

Figura 11. **Formulario de monitoreo de consumo de energía eléctrica**

Monitoreo Consumo de energía eléctrica	
Fecha de monitoreo:	
Nombre del monitor:	
Número de contador:	
Lectura del contador:	Lectura anterior:
kWh consumido en el período:	
Valor de factura:	Potencia:

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Formulario de monitoreo de consumo de combustible**

Monitoreo Consumo de combustible	
Fecha de monitoreo:	
Nombre del monitor:	
Periodo: del _____ al _____	
Información del vehículo	
Tipo de vehículo:	Tipo de combustible:
Marca:	Año:
Placa:	
Kilometraje del vehículo:	Kilometraje anterior:
Kilómetros recorridos:	
Total de combustible utilizado:	
Costo por galón promedio:	

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Papel

El monitoreo sobre el consumo de papel se hará con la misma periodicidad que los anteriores, mensualmente en la fecha que establezca el Comité. La información que se solicitará para llenar el formulario presentado en la figura 13, será requerida a la Unidad de Almacén, ya que es la encargada de despachar el papel a las diferentes unidades de trabajo.

Figura 13. **Formulario de monitoreo de consumo de papel**

Monitoreo Consumo de papel		
Fecha de monitoreo: <input type="text"/>		
Nombre del monitor: <input type="text"/>		
Periodo: del <input type="text"/> al <input type="text"/>		
Unidad administrativa: <input type="text"/>		
Información del papel requerido		
Presentación	Cantidad (en cientos)	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

4.3. Periodicidad de monitoreos

Para un mejor control de las fuentes de emisión, se considera importante actualizar mensualmente los registros de consumos de energía eléctrica, combustible y papel, esto permitirá hacer una rápida estimación de la huella de carbono en cualquier momento del año, sin olvidar que oficialmente se debe calcular para el período del 1 de enero al 31 de diciembre de cada año, a partir del 2012 y hacer una comparación respecto al año base. La diferencia entre las emisiones de estos dos años permitirá conocer el impacto de las acciones implementadas en las emisiones institucionales.

El MARN podrá cambiar el año base, ya sea para buscar una mejora continua en el plan de acción para garantizar el consumo óptimo de los recursos y la menor cantidad de emisiones de GEI, para restablecer los límites operacionales o para incluir equipos que se han adquirido recientemente y que pueden variar significativamente las emisiones de GEI, tomando en cuenta que los ajustes realizados deberán ser documentados.

Aunado al monitoreo mensual, se debe evaluar el plan de acción para comprobar el cumplimiento de metas y medir el avance en la implementación de las acciones establecidas, lo cual facilitará la toma de decisiones en cuanto a la orientación del plan.

Además, se recomienda actualizar el inventario de equipos y de la flotilla de vehículos por lo menos cada dos años, con el objetivo de identificar equipos que no se utilizan o que están obsoletos y determinar si es necesario sustituirlos o darlos de baja en el inventario.

4.4. Manejo del inventario de emisiones

Con el comité creado, el MARN debe comprometerse a cumplir los criterios y procedimientos establecidos por él en lo relacionado al registro y análisis de la información relacionada a la huella de carbono para garantizar las mismas condiciones de los inventarios de emisiones, tanto para el año base como para los años siguientes, lo que permitirá obtener resultados más certeros.

Cabe resaltar que todo el proceso de elaboración del inventario de emisiones debe documentarse de manera clara y ordenada, con el fin de facilitar la comprensión, principalmente, de todo el equipo que conforma el comité técnico, así como la cuantificación de emisiones y la identificación de los resultados obtenidos.

También es necesario que los equipos de medición que se utilizarán para conocer el estado de otros equipos, vehículos u otros sistemas, estén calibrados adecuadamente.

4.5. Cálculo y reporte de la huella de carbono

Para calcular la huella de carbono del MARN, se ha establecido que se implementará la metodología descrita en el *Protocolo de gases de efecto invernadero. Estándar corporativo de contabilidad y reporte*, elaborado por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, por considerarse una de las metodologías más completas y transparentes.

El reporte anual de la huella de carbono será elaborado por el comité técnico y debe incluir, como mínimo, la siguiente información:

- Descripción de los límites organizacionales
- Descripción de los límites operacionales y determinar si se incluyen emisiones de alcance 3
- Descripción de la metodología utilizada para calcular las emisiones
- Período cubierto por el reporte
- Datos de emisiones para cada alcance
- Emisiones totales de los alcances medidos
- Año base y un perfil consistente de emisiones a lo largo del tiempo
- Datos de emisiones de GEI para todos los años transcurridos entre el año base y el año del reporte
- Información sobre reducciones en fuentes, se debe especificar si las reducciones han sido verificadas, certificadas y/o aprobadas por algún programa externo de GEI
- Información sobre cualquier captura o secuestro de GEI¹²

4.6. Comparación de resultados

Los resultados logrados se analizan en función de la diferencia entre las emisiones del año base y el año del reporte, mientras mayor sea la diferencia, mayor será el impacto obtenido en la implementación del plan de acción. Se considera conveniente divulgar esta comparación con el personal de la institución para que conozcan el alcance que tienen las actividades que desarrollan.

¹² Según el *Protocolo de gases de efecto invernadero. Estándar corporativo de contabilidad y reporte.*

Es decir, una vez terminado el próximo cálculo de la huella de carbono, el cual correspondería al 2012, es importante realizar un análisis comparativo entre las emisiones obtenidas y las del año base, establecido en este caso en el 2011, este análisis deberá ser incluido dentro del reporte anual de emisiones de GEI del MARN y divulgado principalmente con todos sus colaboradores.

4.7. Determinación de acciones a implementar

Después de haber implementado las acciones propuestas en el plan de acción y de asegurarse que el personal colaborador del MARN ha adoptado la mayoría de estas acciones en su rutina diaria, se sugiere ampliar las metas de reducción de emisiones y por consiguiente considerar la implementación de acciones que tendrán un mayor impacto dentro de las emisiones institucionales, las cuales requerirán de una inversión económica, por lo que será necesario gestionar la inclusión de dichas actividades dentro del plan operativo anual para asignarle recursos económicos. Algunas de las acciones que se podrían implementar son:

- Utilizar nitrógeno seco para inflar los neumáticos, de esta forma se calientan menos, pierden menos presión y por consiguiente disminuyen el consumo de combustible.
- Implementar una celda híbrida conectada al motor, la cual contiene agua y a través de un proceso de electrolisis se separan sus componentes, oxígeno e hidrógeno, para inyectar el hidrógeno al motor y así optimizar su funcionamiento, obteniendo “ahorros de hasta el 20 % en motores diésel y 10 % en motores de gasolina en sus emisiones y un ahorro en combustibles de aproximadamente 5 %”.¹³

¹³ Según el Instituto de Recursos Energéticos de la Universidad Galileo.

- Considerar la adaptación de los motores a combustibles alternativos, como gas LPG y biodiésel, los cuales reducen considerablemente las emisiones de GEI.
- Al momento de comprar un vehículo, elegir aquellos que sean eficientes en el consumo de energía, esto puede lograr “ahorros de hasta un 15 % de combustible”.¹⁴
- Considerar la compra de vehículos eléctricos, estos utilizan energía química almacenada en baterías recargables en un tomacorriente convencional, son ideales para trayectos cortos y se estima que sus emisiones de GEI son cero.
- Considerar la adquisición de vehículos híbridos para disminuir considerablemente el consumo de combustible en la flota vehicular, los cuales combinan un motor eléctrico y un motor de combustión interna. En estos vehículos se aprovecha la energía del frenado para generar energía que mueva el motor. A velocidades bajas estos vehículos pueden funcionar solamente con el motor eléctrico, teniendo una emisión de GEI igual a cero.
- Instalar sensores de luz, los cuales regulan automáticamente la cantidad de iluminación artificial según la cantidad de luz natural en la habitación.

¹⁴ Observatorio de la Sostenibilidad de España. *Manual de cálculo y reducción de huella de carbono para actividades de transporte en carretera*. p. 48.

- Sustituir los sistemas de iluminación T-12 con balastro magnético por T-8 con balastro electrónico, con esto se puede ahorrar hasta un 30 % de energía eléctrica, además de alargar la vida útil de las lámparas en un 50 % y conseguir una mejor calidad en la iluminación.
- Instalar aislantes para evitar el paso de calor a través de las ventanas, existen diversos tipos de aislantes para las áreas en donde se encuentra el sistema de aire acondicionado, en la tabla XIV se presentan los posibles ahorros energéticos al instalar diferentes protecciones solares.

Tabla XIV. **Ahorros energéticos en áreas con aire acondicionado y protección solar**

Protección solar	Ahorro
Persiana color oscuro	25%
Persiana color claro	25-44%
Persiana blanca	85-90%
Cortina color oscuro	42%
Cortina color claro	60%
Toldo de lona	85%
Celosía	85-90%
Vidrio polarizado	48%

Fuente: Observatorio de la Sostenibilidad de España. *Manual de cálculo y reducción de huella de carbono para actividades de transporte en carretera*. p. 60.

- Preferir la compra de equipos multifuncionales y capaces de funcionar en red y evitar la compra de equipos independientes como fotocopiadoras, escáner o impresoras.

- Elegir comprar equipos eficientes que cuenten con sistemas de ahorro de energía, de preferencia que cumplan con alguna norma de ahorro energético, como por ejemplo Energy Star de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos.
- Considerar la implementación de un nuevo software que permita manipular la información de los expedientes que ingresan al MARN, principalmente a través de la Dirección General de Gestión Ambiental. Implementar un sistema de esta naturaleza tendrá impactos positivos no solo en la reducción de emisiones, también se obtendrá un ahorro económico en el consumo de papel. Además de beneficiar a los usuarios del MARN, ya que podrán consultar el proceso en el que se encuentran sus expedientes.
- Utilizar herramientas de gestión de documentos electrónicos de archivo y de gestión de contenido, con el fin de asegurar un adecuado manejo de su información.

Después de haber implementado las medidas para mitigar las emisiones en las principales fuentes de emisión, se podría considerar la inclusión de los desechos sólidos dentro de la medición de huella de carbono y del plan de acción. Implementando acciones como un plan de separación de desechos para conocer con mayor certeza el volumen que se genera de cada residuo sólido, así como un plan de mitigación para los principales residuos generados y un plan de concienciación sobre el manejo de desechos sólidos que incluya a todo el personal del MARN.

4.8. Programación de acciones a implementar

La ejecución de las acciones recomendadas en el punto anterior depende principalmente de la asignación de recursos económicos, por lo que se deben planificar detalladamente con anticipación para asegurarse de contar con todos los recursos necesarios a la hora de ponerlas en marcha.

Se deben establecer nuevas metas y elaborar un plan de acción basado en los resultados de mediciones anteriores de la huella de carbono, asimismo es apropiado implementar indicadores que permitan evaluar el avance y el impacto de las acciones desarrolladas.

4.9. Proceso de retroalimentación del plan de acción

El desarrollo de indicadores permite cuantificar en qué medida se han alcanzado los objetivos planteados en el plan de acción, por lo que son la mejor herramienta para conocer la efectividad del plan. De igual manera, pueden ser utilizados para motivar a los colaboradores no solo a seguir implementando acciones que beneficien al ambiente, también a buscar nuevas alternativas para cuidar el entorno en el que viven y prevenir consumos excesivos de los recursos.

Por lo que se sugiere iniciar la retroalimentación al personal a partir del primer mes de implementación del plan de acción, comunicando periódicamente a través de correo electrónico los resultados por pequeños que sean sobre las acciones implementadas, esto motivará al personal a mantener la nueva cultura proambiente del MARN.

Algunos indicadores que pueden calcularse son:

- Consumo de gasolina por kilómetro recorrido, está dado en galones por kilómetro y se calcula de la siguiente manera:

$$\frac{\sum gas}{R}$$

Donde

gas = total de galones de gasolina utilizados

R = recorrido total de la flotilla vehicular en kilómetros

- Consumo de diésel por kilómetro recorrido, está dado en galones por kilómetro y se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{\sum diésel}{R}$$

Donde

diésel = total de galones de diésel utilizados

R = recorrido total de la flotilla vehicular en kilómetros

- Dióxido de carbono emitido por la flota vehicular, dado en kilogramos de dióxido de carbono y se obtiene en la siguiente fórmula:

$$(8,78 \times gas) + (10,21 \times (diésel + generador))$$

Donde

gas = total de galones de gasolina utilizados

diésel = total de galones de diésel utilizados

generador = total de galones de diésel utilizados en el generador de energía eléctrica

- Consumo de energía eléctrica por empleado, dado en kilowatt hora por empleado y se calcula de la siguiente forma:

$$\frac{\text{Energía}}{\text{empleados}}$$

Donde

Energía = total de kilowatt hora consumidos

empleados = promedio de empleados en el período

- Dióxido de carbono emitido por energía eléctrica, dado en kilogramos de dióxido de carbono y se obtiene en la siguiente fórmula:

$$0,29 \times \text{Energía}$$

Donde

Energía = total de kilowatt hora consumidos

- Consumo de papel utilizado por empleado: dado en kilogramos por empleado y se calcula en la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum \text{papel}}{\text{empleados}}$$

Donde

papel = cantidad de papel utilizado en kilogramos

empleados = promedio de empleados en el período

- Dióxido de carbono emitido por papel, dado en kilogramos de dióxido de carbono y se obtiene en la siguiente fórmula:

$$1,14 \times \textit{papel}$$

Donde

papel = cantidad de papel utilizado en kilogramos

- Huella de carbono per cápita, en kilogramos de dióxido de carbono por empleado y se calcula con la siguiente operación:

$$\frac{HC}{\textit{empleados}}$$

Donde

HC = huella de carbono en kilogramos de dióxido de carbono

empleados = promedio de empleados en el período

- Empleados capacitados en producción más limpia, está dado en cantidad de empleados y se calcula de la siguiente manera:

$$\sum (\textit{capacitados})$$

Donde

capacitados = número de empleados capacitados en el tema de producción más limpia

5. SOSTENIBILIDAD DEL PLAN DE ACCIÓN

5.1. Certificación ante la Norma ISO 14064

Después de elaborar el inventario e implementar acciones para mitigar las emisiones generadas, se puede optar a una certificación del proceso, la cual puede hacerse por medio de la Norma ISO 14064. Una de las empresas certificadoras de Normas ISO en Latinoamérica es el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec), el cual ofrece sus servicios en 7 países: Perú, Colombia, Chile, Ecuador, Honduras, El Salvador y Guatemala, y entre estos servicios se encuentra el de validación y verificación de inventarios de gases de efecto invernadero (ISO 14064).

La Norma ISO 14064 se compone de tres partes:

- Parte 1: especifica los principios y requisitos para el diseño y desarrollo de inventarios de emisiones de GEI a nivel de organización, así como la elaboración de reportes de emisiones de GEI.
- Parte 2: detalla los requisitos para la cuantificación y presentación de proyectos de reducción, remoción y compensación de emisiones de GEI.
- Parte 3: establece los requisitos y directrices para la validación y verificación de inventarios de emisiones de GEI, siendo esta la única parte de la norma que puede certificarse.

La validación y verificación de inventarios de gases de efecto invernadero es un proceso de valoración objetiva de la precisión e integridad de la información sobre las emisiones de GEI reportadas, teniendo como objetivo principal respaldar las declaraciones que haga la institución certificada en relación a sus emisiones, lo cual permitirá tener una mayor credibilidad sobre los reportes de emisiones que sean divulgados y le demuestra el compromiso que la institución tiene con el ambiente.

La clave para llegar a una verificación exitosa radica en la aplicación de los principios de contabilidad y reporte establecidos en la Norma y en el manejo de la información, ya que es sumamente importante documentar todas las acciones que se realicen en relación a la medición de la huella de carbono.

5.1.1. Requisitos de la Norma ISO 14064

Uno de los requisitos más importantes para obtener la certificación de la Norma ISO 14064 es cumplir con los principios que deben caracterizar a un inventario:

- **Relevancia:** asegura que el inventario contenga información útil, tanto para la institución como para la población en general, que les permita tomar decisiones acertadas en relación a las emisiones de GEI.
- **Integridad:** garantiza que todas las fuentes de emisión han sido tomadas en cuenta dentro de los límites organizacionales y operacionales, para el caso de excluir alguna fuente debe justificarse debidamente.

- Consistencia: permite hacer comparaciones significativas en las emisiones a lo largo del tiempo, por lo que cualquier cambio en los límites organizacionales y operacionales, en la metodología o en cualquier otro factor relevante debe ser documentado e incluido en los reportes elaborados.
- Transparencia: garantiza la elaboración de los inventarios de manera objetiva y coherente, manteniendo a disposición toda la información y documentación que respalde las decisiones tomadas en relación a los inventarios.
- Precisión: en el proceso de cuantificación de las emisiones de GEI se ha procurado reducir la incertidumbre para que los datos sean lo suficientemente precisos y garanticen que las decisiones tomadas tendrán el impacto planeado.

Estructura de un reporte de emisiones de GEI certificado con la Norma ISO 14064 parte 3:

- Descripción de la organización
- Usuarios previstos
- Período cubierto
- Límites de la organización
- Razones de exclusión de cualquier fuente o sumidero
- Año base seleccionado y el inventario del año base
- Explicación de cambios del año base
- Referencia y justificación de las metodologías y factores de emisión
- Explicación de cambios de metodologías y factores de emisión frente al año base

- Emisiones y remociones:
 - Directas cuantificadas por cada GEI, en toneladas de dióxido de carbono
 - Consideración de directas por biomasa
 - Indirectas separadas por toneladas de dióxido de carbono
 - Remociones en toneladas de dióxido de carbono
- Impacto de la incertidumbre sobre los cálculos
- Declaración de preparación acorde con la ISO 14064-1
- Declaración sobre la verificación¹⁵

5.1.2. Proceso de certificación

La ISO 14064 parte 3 se refiere al proceso de validación y verificación de inventarios de gases de efecto invernadero, el cual consiste en los siguientes pasos:

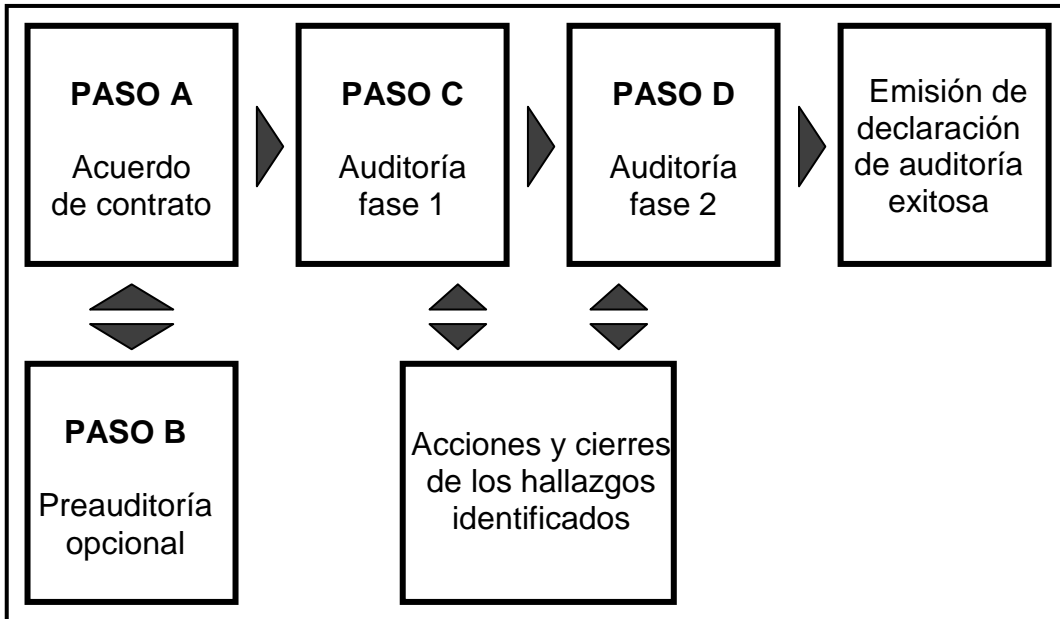
- La empresa certificadora ofrece una propuesta de certificación basada en el tamaño y naturaleza de la institución, la cual servirá de base para realizar una auditoría interna del proceso de elaboración de inventarios y reportes de emisiones de GEI.
- La empresa certificadora puede realizar una preauditoría para evaluar el nivel de preparación por parte de la institución para ser auditada. Esta etapa es opcional, sin embargo, facilita la identificación de las debilidades en los sistemas y en el mejoramiento de la confianza antes de una auditoría formal.

¹⁵ Según Icontec.

- En este paso se da la fase 1 de la auditoría: “Estudio teórico y revisión estratégica y evaluación de riesgos”, en la cual se evalúa el cumplimiento de la documentación según los requisitos de la norma, con el fin de conocer mejor la naturaleza de la organización. Luego la empresa certificadora envía los resultados de la primera fase, entre los cuales se identifican no conformidades observadas o cualquier otra anomalía detectada, a lo que la institución debe responder inmediatamente con las acciones necesarias.
- En la fase 2 del proceso de auditoría se realizan entrevistas con el personal de la institución relacionado a la elaboración de los inventarios, además de evaluar los registros correspondientes y de examinar las prácticas de trabajo para determinar el grado de cumplimiento de los procesos actuales con los requisitos de la Norma. Al finalizar esta etapa se presentan los resultados de la auditoría y una calificación que puede ser: solicitud de aclaración, solicitud de acción correctiva, o solicitud de seguir adelante.
- Una vez que se hayan atendido todos los puntos indicados en el informe de resultados, se realizará una revisión técnica de la auditoría, para determinar si procede la certificación.¹⁶

¹⁶ SGS. *Entendiendo los requisitos de la verificación de inventarios de gases de efecto invernadero.*

Figura 14. **Proceso de certificación de la Norma ISO 14064 parte 3**



Fuente: Société Générale de Surveillance. *Entendiendo los requisitos de la verificación de inventarios de gases de efecto invernadero*. p. 8.

5.2. Implementación del plan de acción en las delegaciones departamentales

Para conocer la totalidad de emisiones de GEI de las que el MARN es responsable se deben tomar en cuenta las emisiones generadas en cada una de las delegaciones departamentales y regionales.

En la medida que el plan de acción implementado en la sede central del MARN tenga resultados, las autoridades deberán considerar extender este proyecto a cada una de sus sedes. Para esto es necesario contar con personal capacitado que se encargue de realizar los monitoreos, ya sea que este personal se dirija periódicamente a cada una de las sedes a realizar los monitoreos de consumo (lo que conlleva el aumento de emisiones por traslado), o bien que se asigne a una persona capacitada en cada sede del Ministerio y que se encargue de realizar puntualmente los monitoreos necesarios para estimar la huella de carbono del MARN.

En el caso de asignar a una persona en cada Delegación, se debe considerar integrar dentro del comité técnico a un representante de la Dirección General de Coordinación Nacional que se encargue de coordinar la recolección de datos en el interior, apoyar en la elaboración e implementación del plan de acción y coordinar las capacitaciones que se darán a todo el personal del interior del país.

CONCLUSIONES

1. Se considera que las emisiones de gases de efecto invernadero son la causa principal del cambio climático en el planeta. Uno de los esfuerzos que se han planteado para mitigar estos cambios ha sido la medición de la huella de carbono, la cual permite al emisor conocer el impacto que sus actividades tienen sobre el ambiente, además de servir de base para generar planes de acción enfocados a reducir estos impactos.
2. Con el cálculo de la huella de carbono, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales está dando el primer paso para estimar y mitigar los impactos que sus actividades tienen sobre el ambiente, estableciendo como línea base las emisiones de gases de efecto invernadero generadas durante el 2011.
3. Se identificaron como fuentes directas el consumo de combustibles fósiles (diésel y gasolina), de los cuales se utilizaron 14 136 galones durante el 2011 emitiendo 156 936,70 kilogramos de dióxido de carbono. Las fuentes indirectas corresponden al consumo de energía eléctrica, que para el mismo año fueron de 345 503 kWh equivalentes a 98 813,86 kilogramos de dióxido de carbono. Además, es importante considerar las emisiones de otras fuentes relevantes, como el consumo de papel, que para el 2011 fue de 8 169,49 kilogramos, lo que equivale a 9 272,37 kilogramos de dióxido de carbono.

4. Se conocieron seis metodologías para calcular la huella de carbono, entre las cuales se encuentra el *Protocolo de gases de efecto invernadero. Estándar corporativo de contabilidad y reporte*, el cual fue seleccionado para analizar los datos correspondientes al 2011 y cuantificar la huella de carbono para el MARN durante este período.
5. La medición de la huella de carbono debe estar a cargo de un comité técnico multidisciplinario integrado por personal capacitado en la temática que pueda encargarse de investigar, actualizar y adaptar a nuestra realidad las herramientas que se vayan generando para mejorar la medición de la huella de carbono.
6. Se elaboró un plan de acción para reducir las emisiones de GEI dentro de las instalaciones del MARN, el cual incluye diferentes acciones que le permitirá al personal cambiar aquellas actitudes que potencian la generación de emisiones y a reforzar aquellas que optimizan el manejo de los recursos. La implementación de este plan de acción no solo reducirá las emisiones de GEI, también reducirá los gastos en combustible, energía eléctrica y papel, ya que se regulará el uso de estos insumos y se velará por el buen manejo de ellos.
7. La elaboración de indicadores y el monitoreo constante a las fuentes emisoras de gases de efecto invernadero es determinante en la efectividad de las acciones que se implementen como parte del plan de acción para reducir las emisiones.

RECOMENDACIONES

1. Promover en Guatemala la implementación de la huella de carbono como una herramienta que sirva de base para la toma de decisiones relacionadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo así a la lucha contra el cambio climático, además de obtener beneficios como ahorros en los consumos y aumento en la competitividad.
2. Continuar con los monitoreos en las fuentes emisoras para contar con información actualizada que permita tomar las decisiones pertinentes en cuanto a la reducción de gases de efecto invernadero.
3. Evaluar la pertinencia de incluir otras fuentes directas, como la generación de desechos sólidos, elaborar los indicadores correspondientes e incluirlos en la batería de indicadores existentes.
4. Incluir dentro de las actividades del Ministerio la continua implementación de herramientas como la huella de carbono, adaptándolas a las nuevas metodologías y tecnologías relacionadas al tema.
5. Considerar establecer el comité técnico de forma permanente para garantizar la estimación periódica de la huella de carbono, así como la generación e implementación de propuestas de planes para mitigar los efectos que las emisiones de gases de efecto invernadero tienen en el ambiente.

6. Implementar las acciones que el plan de acción sugiere, ampliando el rango de acción a las delegaciones departamentales, logrando establecer la huella de carbono del Ministerio a nivel nacional.

7. Actualizar periódicamente el plan de acción, así como la información utilizada para el cálculo de la huella de carbono y evaluar la posible adaptación de esta metodología en las demás instituciones de gobierno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia Alemana de Cooperación Internacional. *Guía metodológica: cálculo del inventario de gases de efecto invernadero de actividades y eventos corporativos*. Costa Rica: GIZ, 2013. 41 p.
2. Banco de Guatemala. *Guatemala en cifras*. Guatemala: BANGUAT, 2013. 66 p.
3. CALLE, Carmen. *Cálculo de la huella de carbono del Ecolodge Ulcumano ubicado en el sector de la Suiza, Distrito de Chontabamba, Provincia de Oxapampa, Región Pasco*. Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina 2001. 52 p.
4. Centro Nacional de Información de la Calidad. *La huella de carbono*. España: AEC, 2011. 5 p.
5. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Guidelines for national greenhouse gas inventories (Chapter 3: Mobile Combustion)*. USA: IPCC, 2006. 77 p.
6. International Energy Agency. *CO₂ emissions from fuel combustion*. Francia: IEA, 2013. 143 p.
7. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. España: OECC, 2014. 39 p.

8. Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. *Plan estratégico institucional 2008-2012*. Guatemala: MARN, 2008. 19 p.
9. _____. *Política nacional de cambio climático*. Guatemala: MARN, 2009. 23 p.
10. _____. *Guía práctica para la eficiencia energética en el sector público guatemalteco*. Guatemala: MARN, 2010. 45 p.
11. _____. *Guía práctica para la reducción de emisiones en el sector público guatemalteco*. Guatemala: MARN, 2010. 39 p.
12. _____. *Política nacional de producción más limpia*. Guatemala: MARN, 2010. 50 p.
13. _____. *Acuerdo Ministerial 391-2011*. Guatemala: MARN, 2011. 2 p.
14. _____. *Plan estratégico institucional 2013-2017*. Guatemala: MARN, 2012. 64 p.
15. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. *Buenas prácticas para reducir el consumo de papel*. Colombia: MINTIC, 2010. 10 p.
16. Observatorio de la Sostenibilidad en España. *Manual de cálculo y reducción de huella de carbono para actividades de transporte por carretera*. España: OSE, 2011. 76 p.

17. Société Générale de Surveillance. *Entendiendo los requisitos de la verificación de inventarios de gases de efecto invernadero*. Brasil: SGS, 2011. 10 p.
18. The Climate Registry. *The Climate registry's 2013 default emission factors*. USA: The Climate Registry, 2013. 41 p.
19. THOMPSON, Claudia. *Documentos de reciclado: la guía esencial*. Reino Unido: MIT Press, 1992. 162 p.
20. Tú Transformas. *Estudio de huella de carbono*. España: Tú Transformas, 2010. 31 p.
21. World Resources Institute. *Protocolo de gases de efecto invernadero. Estándar corporativo de contabilidad y reporte*. México: SEMARNAT, 2015. 132 p.

ANEXOS

Anexo 1. Extracto del convenio de cooperación técnica entre el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y la Fundación Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGP+L)

Los comparecientes en la calidad con que actuamos, celebramos el presente Convenio de Cooperación Técnica, el cual queda contenido en las siguientes cláusulas:

PRIMERA: PROPÓSITO DE LA COOPERACIÓN.

Promover el cumplimiento de los fines y objetivos institucionales de las partes, de acuerdo a la política y legislación ambiental vigente, con el propósito de alcanzar la promoción, disseminación, aplicación y sostenibilidad de Producción más Limpia en Guatemala.

SEGUNDA: OBJETIVOS DE LA COOPERACIÓN.

Las partes acuerdan que la cooperación buscará alcanzar los siguientes objetivos:

1. Promover de manera conjunta el impulso e implementación de la Política Nacional de Producción Más Limpia Acuerdo Gubernativo 258-2010.
2. Orientar al sector productivo del país en el cumplimiento de las normativas ambientales a través de guías, acuerdos u otros instrumentos de la metodología de Producción más Limpia, como una herramienta de gestión ambiental.
3. Contribuir a la adopción de tecnologías limpias, a través de la elaboración y ejecución de proyectos específicos de Producción más Limpia.
4. Generar un espacio de diálogo y concertación entre los sectores involucrados para buscar soluciones a la problemática ambiental de la industria guatemalteca.
5. Planificar y desarrollar programas de capacitación en el ámbito de Producción más Limpia y temas relacionados, dirigidos a dotar de capacidad técnica a los sectores productivos involucrados para orientar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

6. Promover alianzas estratégicas con otras instituciones nacionales que operan en el país, con el propósito de cumplir los fines y objetivos de este Convenio.
7. Realizar estudios y otras actividades técnicas que coadyuven a que las empresas mejoren su desempeño ambiental a través de la aplicación de Producción más Limpia.
8. Dar impulso a la temática de Economías Verdes.
9. Promover el consumo sustentable.

TERCERA: REPRESENTANTES DE LAS PARTES.

Con el propósito de cumplir con los fines y objetivos del presente Convenio, el MARN y la Fundación CGP+L, nombrarán un representante de su institución, para planificar, coordinar y asesorar dentro de su competencia, las actividades que ambas instituciones acuerden realizar en el marco de este convenio.

CUARTA: RESPONSABILIDADES ESPECÍFICAS DE LAS PARTES.

DEL MARN.

1. Brindar capacitación a los técnicos propuestos por la Fundación CGP+L, sobre la legislación ambiental.
2. Proporcionar la información necesaria que tenga disponible, a la Fundación CGP+L, para que proponga y de seguimiento a las medidas de Producción más Limpia que se deban implementar.
3. Promover Producción más Limpia a lo interno del MARN, a través de la Política de Producción más Limpia y otros instrumentos relacionados.

DE LA FUNDACIÓN CGP+L.

1. Brindar acompañamiento técnico a los sectores productivos, para que estos lleven a cabo las acciones orientadas a que la actividad productiva realice sus procesos de una manera amigable con el ambiente y que respondan a la normativa, a través de aplicar Producción más Limpia.
2. Capacitar e informar a los empresarios y a los integrantes del MARN en Producción más Limpia.
3. Facilitar la elaboración e implementación de proyectos de Producción más Limpia dirigidos a los sectores prioritarios.

RESPONSABILIDADES CONJUNTAS.

1. Promover y apoyar la aplicación de Producción más Limpia en los sectores productivos.
2. Gestionar cooperación con entidades afines que contribuya al fortalecimiento, cumplimiento y fines del presente convenio.
3. Para la consecución de los objetivos de este convenio, las partes podrán coordinar acciones con otras instituciones afines.
4. Elaborar un plan de trabajo anual para cumplir con los objetivos de este convenio.

DÉCIMA: VIGENCIA

El presente convenio tiene una vigencia de cinco años, contados a partir del veintidós de octubre de dos mil trece, en virtud de que a la fecha aún se encuentra vigente el suscrito anteriormente de fecha veintiuno de octubre de dos mil ocho.

El presente convenio podrá ser prorrogado por acuerdo de ambas partes, a través de la suscripción de un nuevo convenio.

Fuente: Convenio de cooperación técnica entre el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y la Fundación Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (CGP+L). 2013.

Anexo 2. Inventario de equipos eléctricos del MARN

Subsistema eléctrico	Descripción de la carga	Potencia (W)	Cantidad	Consumo promedio (kWh/mes)
Equipo de oficina	Cámara digital	1,72	5	0,34
	Cámara de seguridad	160,00	5	576,00
	Cañonera	168,00	7	70,56
	Cañonera	348,00	2	41,76
	Cañonera	540,00	4	129,60
	Computadora + CRT	250,00	19	760,00
	Computadora + LCD	200,00	249	7 968,00
	Contador de billetes	75,00	1	9,00
	Contestadora	27,00	1	19,44
	DVD	16,00	1	0,24
	Encuadernador	414,00	1	8,28
	Escaner	180,00	24	86,40
	Fax	182,00	12	43,68
	Fotocopiadora	1 800,00	1	72,00
	Fotocopiadora	1 440,00	1	57,60
	Fotocopiadora	1 200,00	15	720,00
	Fotocopiadora	780,00	11	343,20
	Impresora	720,00	24	691,20
	Impresora	588,00	32	752,64
	Impresora	420,00	6	100,80
	Impresora	100,00	37	148,00
	Impresora de CD's	60,00	1	1,20
	Impresora de gafetes	476,25	1	2,86
	Impresora matricial	76,20	1	1,37
	Intercomunicador	21,70	3	11,72
	Laptop	144,00	38	164,16
	Monitor LCD	151,60	3	72,77
	Multifuncional	1 200,00	3	144,00
	Pizarron electrónico	168,00	2	6,72
	Plotter	661,00	2	52,88
Quemadora de DVD	18,00	1	0,09	

Continuación de anexo 2.

Subsistema eléctrico	Descripción de la carga	Potencia (W)	Cantidad	Consumo promedio (kWh/mes)
Equipo de oficina	Router	10,00	2	0,30
	Servidor de internet	600,00	4	1 728,00
	Sumadora	3,60	1	0,58
	Tablet	24,00	4	5,76
	Teléfono inalámbrico	63,50	66	251,46
	Teléfono inalámbrico	38,10	8	18,29
	Triturador	960,00	1	9,60
	Triturador	600,00	6	36,00
	Triturador	360,00	11	39,60
	UPS	450,00	54	243,00
	Equipo eléctrico	Abre latas	184,70	1
Aire acondicionado		1 254,60	7	526,93
Aire acondicionado		6 020,00	1	4 334,40
Aspiradora		960,00	1	57,60
Biométricos		9,60	3	2,59
Bocinas		24,00	7	13,44
Bocinas		16,50	17	22,44
Bocinas		57,00	8	36,48
Cafetera		1 200,00	12	864,00
Cafetera		570,00	8	364,80
Cargador de baterías		45,00	2	4,05
Cargador de celular		2,22	3	0,40
Cargador de radio		45,00	9	64,80
Consola de sonido		50,00	1	0,75
Deshumidificador		202,00	1	8,08
Dispensador de golosinas		138,00	1	99,36
Estufa		2 000,00	3	120,00
Extractor de olores		25,10	27	20,33
Extractor de jugos		79,80	1	1,20
Licuada		410,40	4	16,42

Continuación de anexo 2.

Subsistema eléctrico	Descripción de la carga	Potencia (W)	Cantidad	Consumo promedio (kWh/mes)
Equipo eléctrico	Micrófono	4,80	2	0,14
	Microondas	949,60	2	37,98
	Microondas	1 425,00	19	541,50
	Microondas	2 400,00	1	48,00
	Oasis	580,00	32	742,40
	Plancha de alimentos	2 000,00	1	60,00
	Radio	50,00	1	2,00
	Radioreloj	18,00	3	38,88
	Radioreloj	5,00	2	7,20
	Refrigerador	114,00	11	225,72
	Refrigerador	550,00	8	792,00
	Sandwichera	555,20	1	5,55
	Secador de manos	1 500,00	6	180,00
	Soplador de Agua	2 700,00	1	54,00
	Televisor	199,00	10	19,90
	Tostadora	1 200,00	3	72,00
	Tostadora	450,00	1	9,00
	Ventilador	49,00	13	76,44
	VHS	127,00	2	0,76
Equipo médico	Electrocardiograma	693,00	1	1,39
	Nebulizador	204,00	1	0,41
Iluminación	Foco fluorescente	15,00	42	50,40
	Foco fluorescente	35,00	16	44,80
	Foco fluorescente	25,00	1	2,00
	Foco incandescente	50,00	1	4,00
	Foco Halógeno	35,00	3	8,40
	Lámpara ahorradora	15,00	17	20,40
	Lámpara T-12	40,00	785	2 512,00
	Lámpara T-12	20,00	8	12,80
	Lámpara T-8	17,00	13	17,68

Continuación de anexo 2.

Subsistema eléctrico	Descripción de la carga	Potencia (W)	Cantidad	Consumo promedio (kWh/mes)
Iluminación	Lámpara T-8	32,00	100	256,00
	Lámpara T-8	40,00	12	38,40
	Lámpara UV T-8	15,00	13	15,60
	Ojo de Buey	35,00	11	0,00
	Ojo de Buey Led	10,00	5	4,00
	Reflector de sodio	35,00	22	46,20
	Reflector LED	400,00	3	72,00
Motores	Bombas	2 011,50	3	362,07
	Compresor	1 492,00	1	119,36
	Elevador	15 000,00	1	1 200,00

Fuente: Centro Guatemalteco de Producción más Limpia.

