

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA



ESCUELA DE QUÍMICA

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
LICENCIATURA EN  
INGENIERÍA AMBIENTAL

Elaboración del Manual de Gestión de la empresa Eaton Electrical S.A.  
para optar por la declaratoria de Carbono Neutral

REALIZADO POR:

Tatiana Vega Ramírez

6 de diciembre de 2012

Elaboración del Manual de Gestión de la empresa Eaton Electrical S.A.  
para optar por la declaratoria de Carbono Neutral

Informe presentado a la Escuela de Química  
del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial  
para optar al título de Ingeniero ambiental con el grado en Licenciatura

### **Miembros del Tribunal**

---

**Máster Laura Quesada Carvajal**

**Directora de Tesis**

---

**MBA Randall García Gómez**

**Lector 1**

---

**MSc Luis Hernández Herrera**

**Lector 2**

## Agradecimientos

A quienes me tuvieron fe, confianza y paciencia, y me animaron siempre con sus consejos y apoyo.

Un agradecimiento especial a Randall García, Danny Huertas, Alberto Arce y en general a los departamentos de Contabilidad, Recursos Humanos, Mantenimiento, Producción y Proveeduría de la empresa Eaton, por toda su colaboración en cada uno de los momentos requeridos.

Agradezco de la misma manera a mi profesora tutora Laura Quesada por haber confiado en mi persona, por la paciencia y por la dirección de este trabajo.

A Randall García y Luis Humberto Hernández agradezco además por la atenta lectura de este trabajo y sus atinadas sugerencias.

Gracias también a mis compañeros, quienes me apoyaron durante mis años de formación universitaria; y por supuesto, al Instituto Tecnológico de Costa Rica.

A mis padres, a mi hermano y a Luis Enrique por el constante apoyo.

Y sobre todo a Dios, que me lo concedió todo para alcanzar este logro.

## Tabla de contenido

Índice de Figuras .....	VI
Índice de Cuadros .....	VIII
Resumen .....	IX
Abstract.....	X
1. Introducción .....	11
2. Objetivos .....	13
2.1. Objetivo General.....	13
2.2. Objetivos Específicos .....	13
3. Marco Teórico.....	14
3.1. Huella de Carbono .....	16
3.1.1. Situación de Costa Rica.....	18
3.2. Carbono Neutralidad.....	19
3.3. Normas y Metodologías para la Carbono Neutralidad .....	21
4. Metodología .....	24
4.1. Alcance .....	24
4.2. Determinación de la Huella de Carbono.....	24
4.3. Medidas de reducción de GEI.....	26
4.4. Elaboración del Manual .....	27
4.5. Capacitación del personal involucrado en la implementación del Sistema de Gestión de la Carbono Neutralidad.....	27
5. Resultados y Discusión .....	28
5.1. Huella de carbono .....	28
5.1.1. Emisiones por consumo de energía .....	30
5.1.3. Emisiones por consumo de papel .....	32
5.1.4. Emisiones por desechos.....	32
5.1.5. Emisiones por transporte .....	33
5.1.6. Emisiones por aguas residuales .....	34
5.1.7. Emisiones por refrigerantes .....	34
5.2. Encuesta.....	34

5.2.1.	Empleados administrativos.....	36
5.2.2.	Conductores.....	39
5.3.	Opciones de mejora.....	39
5.3.1.	LPG.....	40
5.3.2.	Electricidad.....	43
5.3.3.	Vuelos.....	46
5.3.4.	Otras.....	46
5.4.	Elaboración del manual y sensibilización del equipo de trabajo.....	48
6.	Conclusiones.....	50
7.	Recomendaciones.....	52
8.	Bibliografía.....	54
	Anexos.....	59
	Anexo 1. Metodología para la Encuesta.....	60
	Anexo 2. Encuestas.....	62
	Anexo 3. Elaboración del Manual de Carbono Neutral.....	67
	Anexo 4. Muestra de plantillas para el cálculo de CO <sub>2</sub> e.....	70
	Anexo 5. Resultados de las encuestas.....	71
	1. Empleados de producción.....	71
	2. Empleados administrativos.....	71
	3. Conductores.....	75
	Anexo 6. Manual para Carbono Neutral.....	76
	Procedimiento: Carbono Neutral.....	76
	Instrucción: Cuantificación de emisiones y remociones de GEI.....	82

## Índice de Figuras

Figura 1. Variaciones en: a) Promedio mundial de la temperatura en superficie, b) Promedio mundial del nivel del mar y c) Cubierta de nieve del Hemisferio Norte (Fuente: IPCC, 2007).....	15
Figura 2. Huella ecológica, biocapacidad y huella de carbon de Costa Rica, en hectáreas globales por persona (Fuente: Estado de la Nación, 2011). .....	18
Figura 3. Composición estimada de las emisiones de CO <sub>2</sub> en Costa Rica, 2010 (Fuente: Estado de la Nación, 2011).....	19
Figura 4. Proceso para la carbono neutralidad (Fuente: Green Solutions, 2011). .....	20
Figura 5. Instalaciones de Eaton Electrical S.A. en Moravia, Costa Rica.....	24
Figura 6. Distribución porcentual de las emisiones directas e indirectas. ....	29
Figura 7. Consumo de electricidad en Eaton. ....	30
Figura 8. Porcentaje de consumo por el área administrativa. ....	31
Figura 9. Cantidad de viajes aéreos realizados en el año 2011. ....	31
Figura 10. Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente por viajes aéreos. ....	32
Figura 11. Porcentaje de tipos de papel consumidos durante el 2011. ....	32
Figura 12. Emisiones (kg CO <sub>2</sub> ) y consumos (l) de gasolina y diesel para el 2011.....	34
Figura 13. Porcentaje de personas que saben dónde colocar sus desechos. ....	35
Figura 14. Factores que influyen en la incorrecta disposición de los residuos según los empleados de Eaton Electrical S.A.....	36
Figura 15. Preferencia de los empleados administrativos durante la revisión de documentos. ....	37
Figura 16. Frecuencia con la cual los empleados imprimen por ambas caras.....	37
Figura 17. Tiempo en el cual permanecen las luces encendidas en las oficinas. ....	37
Figura 18. Razones por las cuales se encienden las luces artificiales. ....	38
Figura 19. Frecuencia de utilización del aire acondicionado. ....	38
Figura 20. Horas durante las cuales el aire acondicionado es utilizado. ....	38
Figura 21. Acciones que los conductores consideran afectan negativamente el medio ambiente. ....	39
Figura 22. Contribución de cada fuente a la huella de carbono durante el 2011.....	39

Figura 23. Análisis de Pareto para la huella de carbono. ....	40
Figura 24. Proceso de pintura. ....	41
Figura 25. Gráfico Temperatura (° C) vs Tiempo (min). ....	42
Figura 26. Plantilla para calcular la cantidad de emisiones por consumo de energía. ....	70
Figura 27. Porcentaje de la frecuencia con la que los empleados utilizan dos vasos para café a la vez. ....	71
Figura 28. Opciones propuestas por el área de producción para disminuir la basura por la nueva soda. ....	71
Figura 29. Personas que saben si su impresora cuenta con la opción de imprimir por ambos lados. ....	71
Figura 30. Porcentaje de utilización de la impresora. ....	72
Figura 31. Porcentaje de personas que apagan el monitor de la computadora en períodos largos donde no la utilizan. ....	72
Figura 32. Porcentaje de empleados que cierran puertas y ventanas cuando utilizan el aire acondicionado. ....	72
Figura 33. Temperatura a la que frecuentemente los empleados utilizan el aire acondicionado. ....	73
Figura 34. Frecuencia con la cual los empleados de Eaton dejan las luces o la computadora encendidas después de finalizada la jornada laboral. ....	73
Figura 35. Opciones propuestas por los empleados administrativos para disminuir la basura provocada por la nueva soda. ....	74
Figura 36. Frecuencia con la cual los conductores revisan el aceite, el agua y la presión de las llantas. ....	75
Figura 37. Utilización del aire acondicionado por parte de los conductores. ....	75
Figura 38. Opciones propuestas por los conductores para disminuir la basura provocada por la nueva soda. ....	75

## Índice de Cuadros

Cuadro 1. Factores de emisión nacionales.....	25
Cuadro 2. Potencial de calentamiento de los gases relacionados con los factores de emisión especificados en el Cuadro 1. Con un horizonte de 100 años. ....	26
Cuadro 3. Huella de carbono de Eaton Electrical S.A. por actividad.....	29
Cuadro 4. Toneladas totales de desechos de la compañía durante el 2011. ....	33
Cuadro 5. Intervalos de temperatura adecuados para Buena calidad de los productos. ....	42
Cuadro 6. Comparación de tecnologías fluorescente (PHILIPS, 2010) y LED (GREENERSYS, 2011).....	43
Cuadro 7. Estructura para manuales, procedimientos e instrucciones de Eaton Electrical S.A. ....	69
Cuadro 8. Límites operativos de Eaton Electrical S.A. ....	79
Cuadro 9. Factores de emisión para las actividades encontradas en Eaton Electrical S.A.	84

## Resumen

El objetivo principal de esta tesis es elaborar el Manual del Sistema de Gestión para la Carbono Neutralidad de Eaton Electrical S.A. que le permita a la empresa realizar las acciones necesarias para demostrar la carbono neutralidad. Este sistema está basado en la norma nacional INTE 12-01-06:2011.

Para la determinación de la huella de carbono se utilizó la metodología propuesta por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), en donde se establecen los procedimientos adecuados para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>e.

Además, los factores de emisión propuestos por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), se utilizaron para el cálculo la huella de carbono, la cual dio como resultado 428 ton CO<sub>2</sub>e para el año 2011.

Las fuentes de emisión identificadas son los consumos de LPG, diesel, papel y electricidad, así como las emisiones por transporte, refrigerantes, aguas residuales, residuos sólidos y viajes aéreos; donde el mayor aporte está dado por el consumo de LPG, siendo este un 56% del inventario total.

Las medidas de reducción propuestas están basadas en los resultados de la cuantificación previa de la huella de carbono y en las opciones de mejora detectadas. Debido a que el 82% de la huella correspondía al consumo de LPG, de electricidad y a los vuelos, las medidas de reducción están enfocadas principalmente en estos tres aspectos.

La aplicación de las medidas propuestas reduciría la huella de carbono en aproximadamente 101 ton CO<sub>2</sub>e/año. Las mismas no sólo traerán beneficios ambientales, sino también un ahorro económico de \$45 264 899.

Además, como parte del propósito del proyecto es permitirle a la empresa lograr la carbono neutralidad, se realizó un taller de validación con el fin de capacitar al equipo de trabajo en la utilización del manual elaborado.

## Abstract

The main objective of this thesis is to develop the Management System Manual for Eaton Electrical S.A. Carbon Footprint Neutrality, which allows the company to make the necessary actions to demonstrate carbon neutrality. This Management System is based on the national standard INTE 12-01-06:2011.

To determine the carbon footprint, was used the proposed methodology by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), where proper procedures are established to calculate the equivalent CO<sub>2</sub> emissions.

In addition, emission factors proposed by the Instituto Meteorológico Nacional (IMN) were used to calculate the carbon footprint, which resulted in 428 CO<sub>2</sub>e tons by 2011.

The emission sources identified are the consumption of LPG, diesel, paper and electricity, as well as emissions from transport, refrigeration, sewage, solid waste and air travel, where the largest contribution is given by the LPG consumption, this representing a 56% of the total inventory.

Proposed mitigation measures proposed are based on the results of previous quantification of carbon footprint and improvement options identified in the company. Because 82% of the footprint belong LPG, electricity consumption and flights, mitigation measures are focused on these three main aspects.

The implementation of the proposed measures would reduce the carbon footprint by approximately 101 CO<sub>2</sub>e tons per year. They bring not only environmental benefits but also economic savings estimated in \$45 264 899.

In addition, as part of the purpose of the project is to let the company achieve carbon neutrality, conducted a validation workshop to train staff in the use of the manual developed.

## 1. Introducción

Según el artículo publicado por Arguedas-Marín (2011) las actividades antropogénicas han generado un incremento del 70% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) desde la era preindustrial. Este comportamiento ha provocado una serie de amenazas tanto ambientales como sociales y económicas debido al cambio climático (Bermúdez & Montes, 2011).

La preocupación de la población por el estado actual de las condiciones ambientales ha aumentado, dando como resultado la elaboración de nuevas estrategias para mitigar la contaminación provocada por el ser humano y sus actividades.

Carbono neutral es una de las estrategias creadas para disminuir y contrarrestar el impacto de las emisiones. Dicho término ha tomado un gran auge en los últimos años, más específicamente en nuestro país desde el 2007, año en el cual Costa Rica se compromete a alcanzar la carbono neutralidad para el 2021.

El reto se asume como parte del Programa Paz con la Naturaleza, el cual es una iniciativa gubernamental orientada a mejorar el desempeño en el cumplimiento de los objetivos ambientales y de desarrollo sostenible a nivel nacional e internacional (PNUD Costa Rica, 2012).

En el Acuerdo 36-2012-MINAET, se conviene oficializar el Programa País Carbono Neutralidad. En el mismo se establece que para la participación en el programa, la organización deberá cumplir con (MINAET, 2012):

- a) Realización del inventario de gases de efecto invernadero (GEI) o huella de carbono.
- b) Verificación de inventario de GEI o huella de carbono.
- c) Declaración de Carbono Neutralidad bajo la norma nacional INTE 12-01-06:2011 “Sistema de gestión para demostrar la carbono neutralidad”.
- d) Compensaciones de emisiones de GEI.
- e) Registro de emisiones, reducciones y compensaciones.

El compromiso de carbono neutralidad, afecta no sólo las decisiones del gobierno sino también las de la población en general, ya que para alcanzar la meta se necesita la dedicación y colaboración de todos los costarricenses.

Eaton Corporation fue fundada en 1911 por Viggo Torbensen y J.O. Eaton, desde entonces ha incursionado en mercados como automotriz, aeroespacial, camiones y eléctrico. La corporación cuenta con 207 plantas de manufactura alrededor del mundo y con aproximadamente 75.000 empleados (Eaton Corporation, 2012).

Eaton Electrical en su división es parte del grupo de liderazgo en el mercado de productos y servicios de control eléctrico, de distribución de potencia, y automatización industrial. La división costarricense Eaton Electrical, provee soluciones a sus clientes bajo la marca de productos Cutler-Hammer, Durant, Heinmann, Holec y MEM (Eaton Electrical S.A., 2006).

Eaton Costa Rica ha decidido iniciar su participación en el Programa País, al emprender el proceso para la certificación de carbono neutral. Para cumplir con este objetivo es necesario realizar un trabajo previo donde se identifiquen las zonas y actividades que generan emisiones.

La certificación de la empresa no sólo le permitirá cumplir con las exigencias nacionales, sino también le proporcionará una ventaja en el mercado internacional. Actualmente, la competitividad de una compañía se basa en la calidad de sus productos, el precio de los mismos y en el nivel de sostenibilidad ambiental que posea, por lo que al promover productos con huella de carbono cero se crea una diferenciación favoreciendo las ventas. Esta visión es claramente planteada en el plan estratégico organizacional.

## **2. Objetivos**

### **2.1.Objetivo General**

Desarrollar el manual de procedimientos de la empresa Eaton Electrical S.A. donde se determine la huella de carbono y las opciones de reducción para alcanzar la carbono neutralidad.

### **2.2.Objetivos Específicos**

1. Realizar el inventario de emisiones de GEI que funcione como línea base para comparar los avances de la empresa con el fin de lograr la neutralización de su huella de carbono.
2. Proponer posibles medidas de disminución de las emisiones de Dióxido de Carbono.
3. Capacitar al personal de Eaton Electrical S.A. involucrado en la implementación del Sistema de Gestión de la Carbono Neutralidad en el uso del Manual y cada una de sus partes.

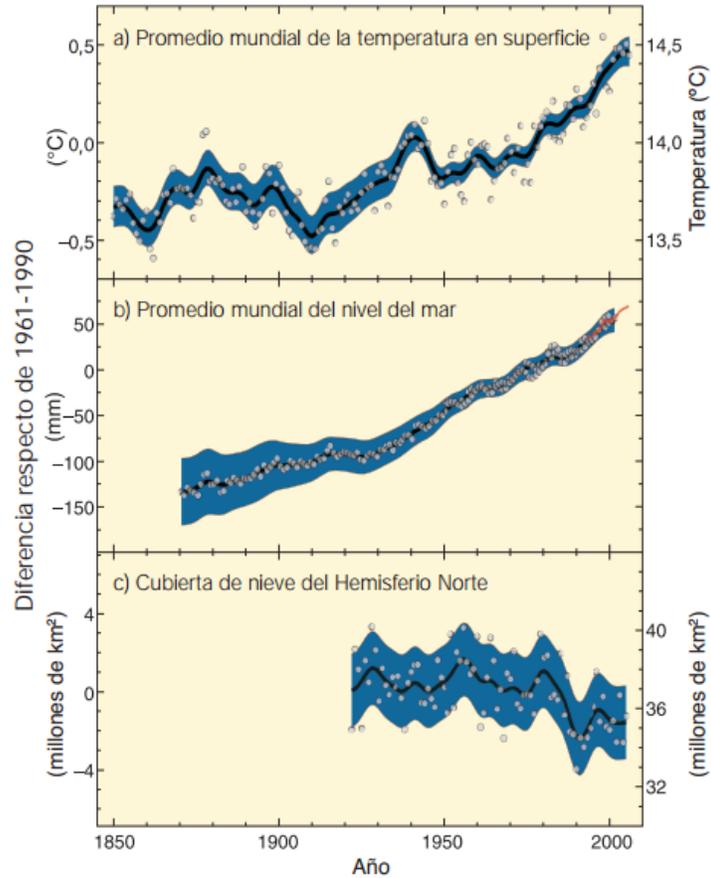
### 3. Marco Teórico

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más discutidos en la actualidad y con graves consecuencias mundiales. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés *Intergovernmental Panel on Climate Change*) define como cambio climático la variación del estado del clima identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos, generalmente decenios o espacios más largos (IPCC, 2007).

El incremento en la temperatura media mundial de la superficie terrestre es uno de los factores que denota el cambio en el clima. Esta hace referencia al promedio de la temperatura del aire cerca de la superficie de la tierra y de la temperatura de la superficie del mar (IPCC, 2001).

Según el Tercer Informe de Evaluación del Cambio Climático de la IPCC (2001), la temperatura media mundial de la superficie terrestre, se ha incrementado desde 1861; y durante el siglo XX, el aumento ha sido de  $0,6 \pm 0,2^{\circ} \text{C}$ .

En su Cuarto Informe, IPCC demuestra que este aumento no sólo tiene repercusiones en la temperatura del planeta sino también en los niveles del mar y la cubierta de nieve (ver Figura 1). A su vez señalan que, dicho incremento, es muy probable que esté relacionado con la disminución de los días y noches fríos, así como con la frecuencia de las olas de calor y las intensas lluvias (IPCC, 2007).



**Figura 1.** Variaciones en: a) Promedio mundial de la temperatura en superficie, b) Promedio mundial del nivel del mar y c) Cubierta de nieve del Hemisferio Norte (Fuente: IPCC, 2007).

Una de las causas atribuibles al cambio climático es el llamado efecto invernadero. Este es un proceso natural que influye en el calentamiento de la superficie de la Tierra, bajo la acción de la radiación solar. El efecto invernadero se debe al hecho de que los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI) son capaces de modificar el balance energético (Aguilar & González, 2003).

Los GEI absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja térmica emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes (IPCC, 2007).

Después del Protocolo de Kyoto se conoce como GEI a los siguientes gases: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nítrico ( $\text{NO}_2$ ), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ) (Unión Europea, 2011).

El Protocolo representa un importante paso hacia adelante en la lucha contra el calentamiento del planeta, ya que contiene objetivos obligatorios y cuantificados de limitación y reducción de gases de efecto invernadero (Unión Europea, 2011).

El Protocolo de Kyoto fue estructurado en función de los principios de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Establece metas vinculantes de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea, reconociendo que son los principales responsables de los elevados niveles de emisiones de GEI. En este sentido el Protocolo tiene un principio central, el de la “responsabilidad común pero diferenciada” (UNFCCC, 2012).

Costa Rica firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático y en 1994 la ratificó. Posteriormente, el país firmó el Protocolo de Kyoto y fue ratificado en el 2002. No obstante fue hasta principios del 2005, después de casi 7 años desde que se iniciaron las negociaciones para el Protocolo de Kyoto, que por fin entró en vigor (PNUD Costa Rica, s.f.).

### **3.1. Huella de Carbono**

Las evidencias sobre el cambio climático han generado la necesidad de disponer de índices de sostenibilidad, los cuales brinden información no sólo acerca del cambio climático, sino también sobre el uso del medio ambiente.

La huella de carbono se puede definir como la medida del impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por las actividades individuales, colectivas, eventuales y de los productos, en el medio ambiente (Schneider & Samaniego, 2009).

El CO<sub>2</sub> es el principal gas de incidencia en el forzamiento radiativo<sup>1</sup>, por ello se ha establecido como unidad de medición para el impacto de los GEI, los kilogramos o toneladas de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e).

---

<sup>1</sup> El forzamiento radiativo mide en términos simples la importancia de un posible mecanismo de cambio climático. Este es una perturbación del balance de energía del sistema Tierra-atmósfera (en W/m<sup>2</sup>) que se produce, por ejemplo, a raíz de un cambio en la concentración de CO<sub>2</sub> o en la energía emitida por el Sol; el sistema climático

Para calcular la cantidad de CO<sub>2</sub>e se utilizan el Potencial de Calentamiento Global (PCG) y el factor de emisión para la actividad relacionada. Por ejemplo, si para la fabricación de un producto se utilizan 1300 kWh, este consumo debe ser multiplicado por el factor de emisión 0,0824 kg CO<sub>2</sub>/kWh, dando como resultado 107,12 kg CO<sub>2</sub>, el cual a su vez se multiplica por el PCG, que equivale a 1 kg CO<sub>2</sub>e/kg CO<sub>2</sub>, por lo que en total se obtienen 107,12 kg CO<sub>2</sub>e.

La IPCC (2001) define PCG como un índice que describe las características radiativas de los gases de efecto invernadero bien mezclados y representa el efecto combinado de los diferentes tiempos que estos gases permanecen en la atmósfera y su eficiencia relativa en la absorción de radiación infrarroja saliente.

Por su parte, el factor de emisión relaciona cada actividad humana con los gases de efecto invernadero emitidos. En Costa Rica, el ente encargado de proporcionar dichos factores es el Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

La huella de carbono nació en la discusión de la huella ecológica<sup>2</sup>, de la cual es un subconjunto. Inicialmente estaba asociado a las actividades agrícolas; sin embargo, actualmente se ha extendido a todo tipo de bienes de consumo y servicios (Rudnick, Andrade, & Villagrán, 2009).

El concepto mide el impacto que un individuo o población tiene con respecto al cambio climático, desde transportarse hasta encender una luz. Al realizar la comparación de la huella anual de un indígena, la cual es de 1,2 ton; con la de los estadounidenses de 18 ton y los españoles, de 10 ton se observa el impacto de la sociedad actual en el planeta (Álvares, 2009).

Los límites de la huella en las empresas abarcan todas las operaciones de una organización, tanto primarias como secundarias. En estos se deben reflejar todas las emisiones de gases de efecto invernadero sobre las cuales la compañía tenga responsabilidad, incluyendo las derivadas de sus principales procesos.

---

responde al forzamiento radiativo de manera que se restablezca el balance de energía. Un forzamiento radiativo positivo calienta la superficie, mientras que si es negativo, la enfría (IDEAM, 2008).

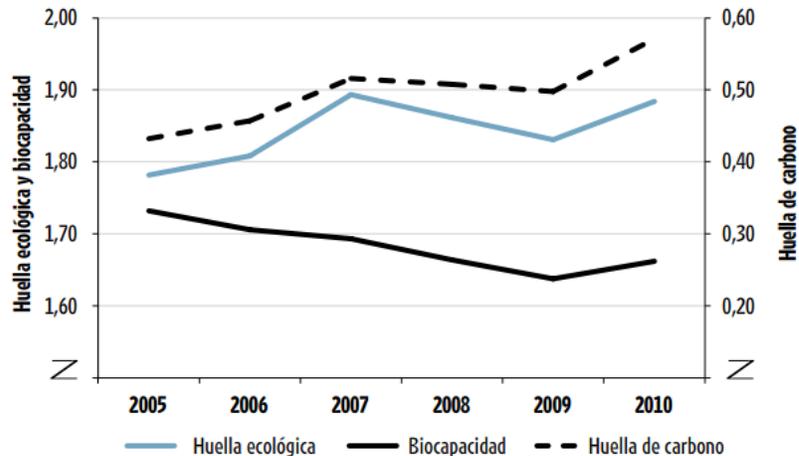
<sup>2</sup> La huella ecológica mide cuánta área de la tierra y del agua requiere una población humana para producir el recurso que consume y absorber sus desechos usando la tecnología prevaleciente (Global Footprint Network, 2012).

En la determinación de la huella de carbono se pueden distinguir emisiones directas e indirectas (MSP, 2011):

- Emisiones directas: Son las que pertenecen o son controladas por la organización, por ejemplo, emisiones generadas por la flota vehicular, emisiones de generación eléctrica por medio de la utilización de una planta eléctrica en la organización o refrigerantes en aires acondicionados.
- Emisiones indirectas: No son controladas por la organización, por ejemplo, uso de electricidad de la red pública, residuos sólidos y aguas residuales (cuando no se cuenta con plantas de tratamiento dentro de la institución).

### 3.1.1. Situación de Costa Rica

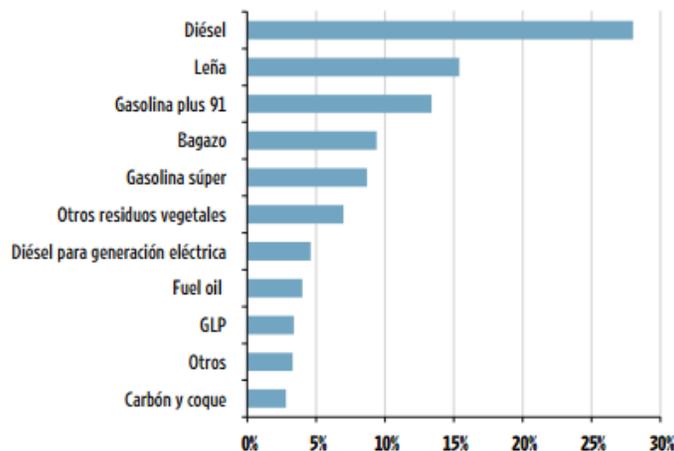
Según el XVII Informe del Estado de la Nación entre el 2009 y 2010 hubo una disminución del 3,8% en las emisiones de gases de efecto invernadero (ver Figura 2), debido principalmente al comportamiento de la demanda energética (Estado de la Nación, 2011).



**Figura 2.** Huella ecológica, biocapacidad y huella de carbono de Costa Rica, en hectáreas globales por persona (Fuente: Estado de la Nación, 2011).

Para el año 2010, estas emisiones sumaron un total de 10 027 724 toneladas métricas equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>e); de las cuales el 58,1% es atribuible a los hidrocarburos, seguidos por la biomasa comercial con un 16,8%, la leña con 16,0% y la generación de electricidad con un 6,3%; aunque con un alza del 48,9% por la entrada en operación de la planta térmica Garabito (Estado de la Nación, 2011).

El 98% de estos GEI corresponde a CO<sub>2</sub>, un 1% a metano (CH<sub>4</sub>) y un 1% a óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Entre las emisiones de CO<sub>2</sub>, las más representativas en 2010 siguieron siendo las provenientes del diesel (ver Figura 3) (Estado de la Nación, 2011).



**Figura 3.** Composición estimada de las emisiones de CO<sub>2</sub> en Costa Rica, 2010 (Fuente: Estado de la Nación, 2011).

Según la Figura 2 y la Figura 3, la huella de carbono refleja uno de los problemas que enfrenta el país, el consumo de combustibles fósiles. Costa Rica ha realizado grandes esfuerzos en la conservación de los recursos naturales como los bosques y la producción de energía hidroeléctrica; sin embargo es necesario un cambio si se desea lograr la carbono neutralidad para el 2021, ya que los datos de consumo actuales no concuerdan con las características de un país ecológico.

### 3.2. Carbono Neutralidad

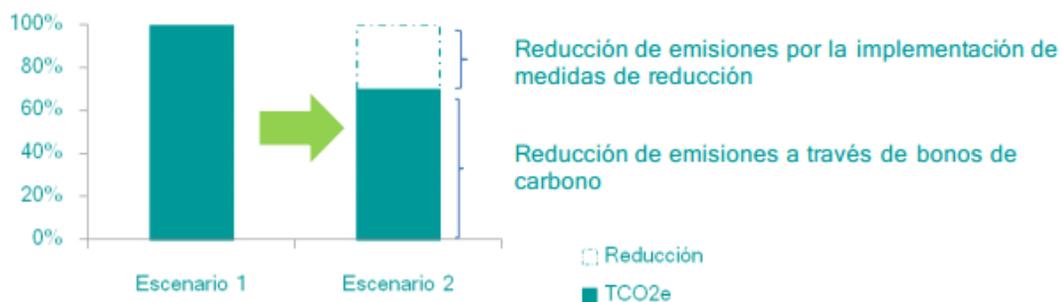
El concepto de “Carbono Neutro” se refiere a la práctica de balancear los equivalentes de emisiones de dióxido de carbono, con prácticas de reducción y compensación (Castro, 2010). Este estado de neutralidad se alcanza por medio del siguiente procedimiento:

- a. **Cálculo:** En esta etapa se cuantifican las emisiones de GEI para cada fuente relacionada con la operación de una organización, la elaboración de un producto o el préstamo de un servicio. A este proceso se le conoce como auditoría interna de carbono, y su resultado es el inventario de gases de efecto invernadero, medido en ton CO<sub>2</sub>e/año.

- b. **Reducción:** Una vez determinada la cantidad de emisiones generadas y cómo son producidas, se procede a la implementación de medidas de reducción de emisiones de GEI. Estos planes de reducción pueden ser internos o dentro de la cadena de suministro y dependen de las emisiones que se produzcan.

Por lo general, están asociados a la eficiencia en el uso de los recursos o de la energía. También es posible reducir la Huella de Carbono al cambiar de proveedor de materias primas e insumos, al modificar el embalaje, ya sea en su forma o en el material que lo compone, o al cambiar de combustible en la flota de transportes (Green Solutions, 2011).

- c. **Neutralización:** Es frecuente que después del proceso de reducción exista un remanente de emisiones de CO<sub>2</sub>e, por lo que se debe recurrir a la compensación de emisiones. Algunas de las opciones existentes son los bonos de carbono y el financiamiento de proyectos bajos en emisiones como energías renovables, gestión de residuos, o eficiencia energética.



**Figura 4.** Proceso para la carbono neutralidad (Fuente: Green Solutions, 2011).

Una vez realizado el proceso anterior se puede optar por la certificación de carbono neutral. No obstante, actualmente en Costa Rica no existe ninguna entidad avalada por el Ente Costarricense de Acreditación (ECA) que permita la certificación, por lo que es necesario recurrir a entes internacionales como por ejemplo NSF International y Scientific Certification Systems (SCS) (A. San Gil, llamada telefónica 2 de octubre de 2012).

### 3.3. Normas y Metodologías para la Carbono Neutralidad

Debido al gran auge de la huella de carbono, muchas organizaciones se han planteado el reto de elaborar normas, metodologías y guías para su determinación; las cuales además faciliten la verificación del procedimiento seguido y los resultados obtenidos, con el fin de acceder posteriormente a la certificación.

Las normas desarrolladas por British Standards Institution (BSI), PAS 2050 y PAS 2060, permiten el cálculo de la huella de carbono de los productos y la demostración de la carbono neutralidad respectivamente. Al aplicar la norma PAS 2050 se puede realizar el estudio del ciclo de vida completo de un producto o servicio.

Otra organización de gran prestigio que ha elaborado una norma para determinar la huella de carbono es la Organización Internacional de Normalización (ISO). La ISO nace en 1946 y es una red de los institutos de normas nacionales de 146 países, sobre la base de un miembro por el país, con una Secretaría Central en Ginebra, Suiza, que coordina el sistema (Moreno, 2003).

En el año 1996 nacen las normas ISO 14 000, las cuales están relacionadas con la protección al ambiente, algunos de sus principios son (Moreno, 2003):

- Mejora de la gestión ambiental
- Aplicables a todas las naciones
- Basadas en conocimiento científicos
- Deben ser prácticas, útiles y utilizables

Por su parte, la norma ISO 14 064 permite la cuantificación, seguimiento, informe y verificación de emisiones y/o remociones de gases de efecto invernadero. La ISO 14 064 se divide en tres partes (ISOMAC Consultants, 2008):

- ISO 14 064-1: define los principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de inventarios de GEI tanto para compañías como organizaciones. Asimismo especifica la presentación de informes sobre estos inventarios.
- ISO 14 064-2: se centra en los proyectos de GEI o en actividades basadas en proyectos diseñados específicamente para reducir las emisiones o incrementar las remociones.

- ISO 14 064-3: detalla los principios y requisitos para la verificación de los inventarios de GEI y para la validación o verificación de los proyectos de reducción de emisiones o de incremento de remociones.

En Costa Rica la Norma Nacional de Carbono Neutralidad es INTE-12-01-06:2011, la cual está basada en la norma ISO 14 064. Esta norma es voluntaria y se espera beneficie a las organizaciones, gobiernos, proponentes de proyectos y partes interesadas en todo el mundo, proporcionando claridad y coherencia para la cuantificación, seguimiento, informe y validación o verificación de los proyectos o inventarios de GEI (INTECO, 2011).

Asimismo, se espera que los esfuerzos actuales como la realización de la norma, promuevan la marca C-Neutral para gestión en empresas, un mercado local de carbono y la apertura de un esquema de acreditación para organismos verificadores/validadores (DCC, 2012).

La norma permite tres tipos de metodología para la cuantificación de la huella de carbono (INTECO, 2011):

- Cálculos basados en:
  - Datos de la actividad de GEI multiplicados por los factores de emisión o remoción de GEI
  - Uso de modelos
  - Correlaciones específicas para la institución
  - Enfoque relacionado con los balances de masa
- Medición
  - Continua
  - Intermitente
- Combinación de cálculos y medición

Desde 1996, la IPCC ha publicado metodologías para construir el inventario nacional de gases de efecto invernadero de los distintos países del mundo, en donde proporciona factores de emisión para las principales actividades (Guerra, 2007).

El documento actual para dicho cálculo es llamado “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” y consta de cinco volúmenes, cada uno de

ellos brinda la información necesaria para la correcta cuantificación de GEI en un área específica (IPCC, 2006).

El camino hacia la neutralidad requiere no sólo de esfuerzo, sino también de la utilización de herramientas adecuadas para asegurar la transparencia y veracidad de los datos; debido a esto se presentaron las metodologías y normas de gran prestigio a nivel mundial, las cuales serán utilizadas durante la realización del proyecto.

## 4. Metodología

### 4.1. Alcance

El presente proyecto será realizado en Eaton Electrical S.A., en las instalaciones ubicadas en Moravia, San José, Costa Rica.



**Figura 5.** Instalaciones de Eaton Electrical S.A. en Moravia, Costa Rica.

### 4.2. Determinación de la Huella de Carbono

Como primer paso, se establecerá el año base para el cual se hará la medición de la huella; para la elección se tomarán en cuenta los siguientes aspectos según la norma de INTECO (2011):

- a) Cuantificar las emisiones y remociones de GEI en un año base usando datos representativos de la actividad de la organización, datos de un año, un promedio de varios años, o un promedio móvil.
- b) Seleccionar un año base para el cuál estén disponibles datos verificables sobre emisiones o remociones de GEI.
- c) Justificar la selección del año base, el cual debe ser compatible con las disposiciones de la Norma INTE-ISO 14 064:2011.

Para realizar la cuantificación de la huella de carbono, es necesario iniciar un proceso de identificación de fuentes. Esta identificación se hará con base en la metodología propuesta por el IPCC, por medio de consultas a documentos internos y al personal, así como por observaciones en la planta.

Como metodología de cuantificación se utilizará el cálculo por medio de factores de emisión, es decir, se relacionará cada actividad (fuente) encontrada con las emisiones de gases de efecto invernadero. En el Cuadro 1 se muestran los principales factores de emisión nacionales.

**Cuadro 1.** Factores de emisión nacionales.

Sector	Tipo		Factor		
			CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Suministro de Energía	Electricidad (año 2011)		0,0824 kg CO <sub>2</sub> /kWh	---	---
	LPG		1,61 kg CO <sub>2</sub> /l combustible	0,02554 g CH <sub>4</sub> /l combustible	0,002554 g N <sub>2</sub> O/l combustible
	Diesel		2,69 kg CO <sub>2</sub> /l combustible	0,1089 g CH <sub>4</sub> /l combustible	0,02178 g N <sub>2</sub> O/l combustible
Desechos	Relleno Sanitario		---	0,0581 kg CH <sub>4</sub> / kg de desechos sólidos	---
Aguas residuales	Domésticas		---	0,876 kg CH <sub>4</sub> /persona/año	---
	Industriales		---	0,025 kg CH <sub>4</sub> /kg DQO	---
Transporte	Gasolina	Con catalizador	2,26 kg CO <sub>2</sub> /l combustible	0,8162 g CH <sub>4</sub> /l combustible	0,2612 g N <sub>2</sub> O/l combustible
	Diesel	Sin catalizador	2,69 kg CO <sub>2</sub> /l combustible	0,1416 g CH <sub>4</sub> /l combustible	0,1416 g N <sub>2</sub> O/l combustible

Fuente: (IMN, 2012).

Para los casos en los cuales no se cuente con información del IMN, se utilizarán los factores calculados por el IPCC, por ejemplo, para estimar las emisiones por el consumo de papel se hará uso de 0,41492 ton CO<sub>2</sub>/ton carbonato (IPCC, 2006).

En la industria se utiliza carbonato de sodio para dar blanqueamiento al papel o para aplicarlo directamente en la producción de pulpa. Según el estudio de Guerra (2007) para el papel bond se puede suponer un 70% del consumo total como la cantidad de carbonatos utilizados.

Por su parte, la huella de carbono por viajes aéreos será contabilizada por medio de la calculadora de emisiones de la Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO por sus siglas en inglés) (ICAO, 2012).

La metodología de la ICAO (Carbon Emissions Calculator) toma en cuenta un conjunto de variables, como el tipo de aeronave, datos específicos de la ruta y coeficientes de ocupación de carga y pasajeros transportados (ICAO, 2012).

Posteriormente, para transformar de ton de GEI a CO<sub>2</sub>e se utilizará la siguiente ecuación:

$$\text{ton CO}_2\text{equivalente} = \text{Potencial de calentamiento} \cdot \text{ton de gas}$$

### Ecuación 1. Cálculo de toneladas de CO<sub>2</sub>e

**Cuadro 2.** Potencial de calentamiento de los gases relacionados con los factores de emisión especificados en el Cuadro 1. Con un horizonte de 100 años.

Gas	Potencial de Calentamiento
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310

Fuente: IMN, 2012

Por último, se sumarán todas las emisiones de CO<sub>2</sub>e y se denotará el porcentaje de cada actividad en la huella total.

### 4.3. Medidas de reducción de GEI

Según la norma INTE-ISO 14064:2011 las medidas de reducción pueden estar relacionadas con:

- Demanda de energía y gestión de uso
- Eficiencia energética
- Gestión de las demandas de viajes y transportes
- Sustitución o alternancia de combustibles

La determinación de medidas de reducción requiere de la cuantificación previa de la huella de carbono, con el fin de identificar las fuentes de mayor aporte, así como de un proceso de reconocimiento de las opciones de mejora de la empresa.

Las medidas de reducción propuestas por INTECO están relacionadas con los hábitos de consumo de los empleados, por lo cual se realizarán encuestas que permitan reconocerlos. La metodología para la aplicación de las encuestas es explicada con detalle en el Anexo 1. Los resultados serán analizados por medio de una plantilla de Excel, y una vez procesada la información se establecerán las opciones de reducción adecuadas al tipo de respuesta.

#### **4.4.Elaboración del Manual**

El Manual del Sistema de Gestión Carbono Neutral será elaborado con base en el formato utilizado por Eaton Electrical S.A. para el Sistema de Gestión ISO 14000 y según las especificaciones de la norma INTE-ISO 14064-1:2011 (ver Anexo 3).

#### **4.5.Capacitación del personal involucrado en la implementación del Sistema de Gestión de la Carbono Neutralidad**

Para esta etapa se llevarán a cabo reuniones de trabajo con la contraparte técnica de la compañía sobre el contenido del manual y su aplicación, para lograr el cumplimiento de los objetivos. Posteriormente, se realizará un taller de validación de los resultados.

Al finalizar este proceso, el equipo de trabajo estará familiarizado con cada una de las partes del manual y la norma INTE-ISO 14064-1:2011, de forma tal que el sistema de gestión carbono neutral pueda ser implementado correctamente después de la finalización del proyecto.

## 5. Resultados y Discusión

Los límites de la empresa fueron determinados bajo el enfoque de control según la norma de INTECO, es decir, aquellas emisiones sobre las cuales la compañía tiene control operativo. Dando como resultado las siguientes categorías:

### *Emisiones directas:*

- Consumo de LPG
- Consumo de diesel
- Consumo de papel
- Emisiones por transporte
- Emisiones por refrigerantes
- Emisiones por aguas residuales

### *Emisiones indirectas:*

- Consumo eléctrico
- Emisiones por residuos sólidos
- Viajes aéreos

Es importante aclarar que las emisiones por vuelos fueron tomadas en cuenta debido a su peso porcentual en la huella de carbono de la compañía (ver Cuadro 3). Según recomendaciones de la Ing. Carolina Flores de la Dirección del Cambio Climático, no siempre es necesario cuantificarlas, debido a la doble contabilidad que se puede generar, no obstante, en los casos en que la huella por viajes aéreos sea representativa, es decir mayor a un 3%, sí debe ser contabilizado (llamada telefónica 26 de septiembre 2012).

Asimismo, se debe recalcar que en el país existe un factor de emisión para el combustible utilizado por los aviones (Jet Fuel); no obstante, si se realizara el cálculo por medio de éste se necesitarían desarrollar muchas suposiciones, creando problemas de incertidumbre. Debido a esto se decidió utilizar la calculadora de emisiones de la ICAO.

La determinación del año base del estudio se realizó por la disponibilidad de datos; siendo el año 2011 el período con mayor información.

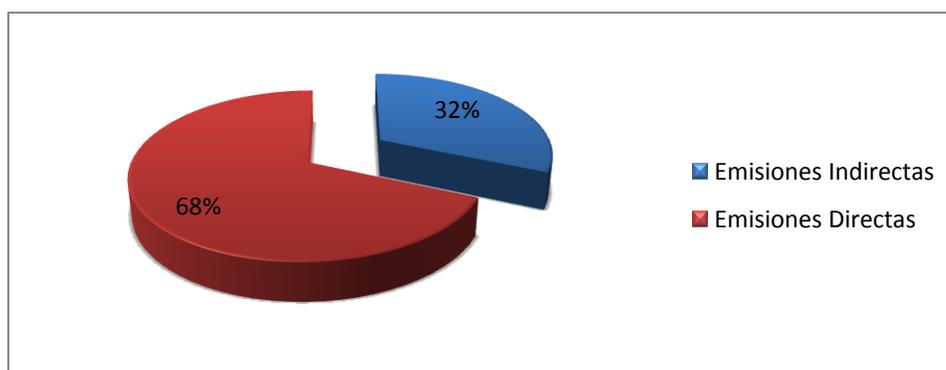
### 5.1. Huella de carbono

Como resultado del inventario de GEI se obtuvo una huella de carbono de 427,9 ton CO<sub>2</sub>e para el año 2011. Donde el mayor aporte se ve reflejado por la utilización de gas licuado de petróleo (LPG), seguido de la utilización de electricidad y los viajes aéreos (ver Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Huella de carbono de Eaton Electrical S.A. por actividad.

Actividad	ton CO <sub>2</sub> e	Porcentaje
Consumo LPG	240,3	56,1
Consumo eléctrico	67,7	15,8
Viajes aéreos	45,2	10,6
Residuos sólidos	22,0	5,1
Refrigerantes	38,6	4,5
Consumo diesel (Transporte)	13,3	3,1
Consumo gasolina	12,0	2,8
Consumo diesel (Energía)	4,3	1,0
Aguas residuales ordinarias	3,2	0,7
Consumo papel	0,7	0,2
Aguas residuales industriales	1,8x10 <sup>-6</sup>	4x10 <sup>-7</sup>
<b>Total</b>	<b>427,9</b>	<b>100</b>

En un análisis más detallado se puede observar que las emisiones directas corresponden al 68% de la huella total y las indirectas representan el 32% (ver Figura 6).



**Figura 6.** Distribución porcentual de las emisiones directas e indirectas.

A nivel interno con el fin de facilitar el manejo de las emisiones, estas fueron divididas en las siguientes categorías:

- Emisiones por consumo de energía
- Emisiones por vuelos
- Emisiones por consumo de papel
- Emisiones por desechos
- Emisiones por transporte
- Emisiones por aguas residuales
- Emisiones por refrigerantes

Para cada una de las categorías anteriores se realizó una plantilla que calculara la cantidad de GEI y CO<sub>2</sub> equivalente, así como una para las emisiones totales (ver Anexo 4).

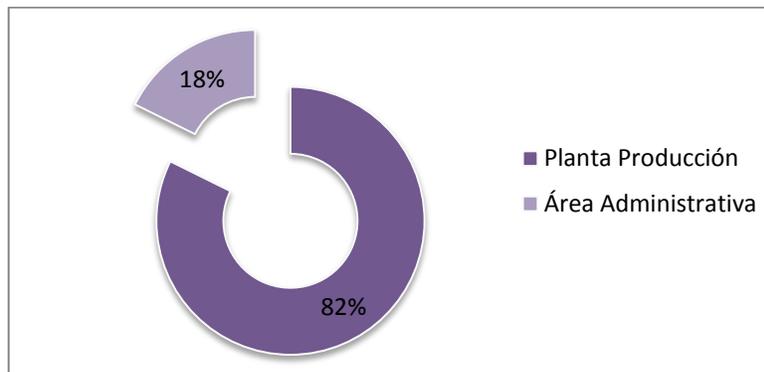
### 5.1.1. Emisiones por consumo de energía

En la compañía el LPG es utilizado en el área de cocina y de pintura, abasteciendo uno de los tanques de lavado y los hornos de presecado y curado. Mientras que la electricidad suministra energía al resto de las instalaciones.

Las elevadas emisiones por la utilización de LPG se pueden atribuir a las horas diarias en las cuales funciona la maquinaria, ya que estas son apagadas sólo en caso de averías y después de finalizada la jornada laboral.

El diesel sólo es consumido en casos de emergencia, es decir cuando por alguna situación no haya electricidad. Este combustible provee la energía necesaria para activar el generador, el cual supe las áreas que requieren energía eléctrica; es por ello que su aporte a la huella de carbono no es significativo.

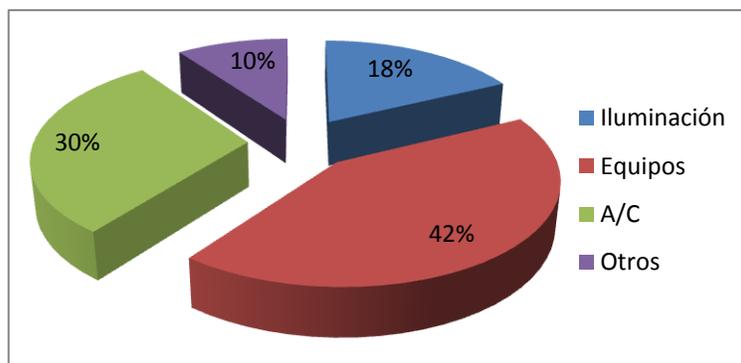
El consumo de electricidad del 2011 representó un aporte de 67,7 ton CO<sub>2</sub>e (ver Cuadro 3), de las cuales 82% proviene de las actividades productivas y el 18% de la parte administrativa de la compañía (ver Figura 7).



**Figura 7.** Consumo de electricidad en Eaton.

Además, si se estudia a fondo este 18% se obtiene que el principal consumo está dado por el uso de equipos, tales como computadoras, impresoras, máquinas para preparar café y

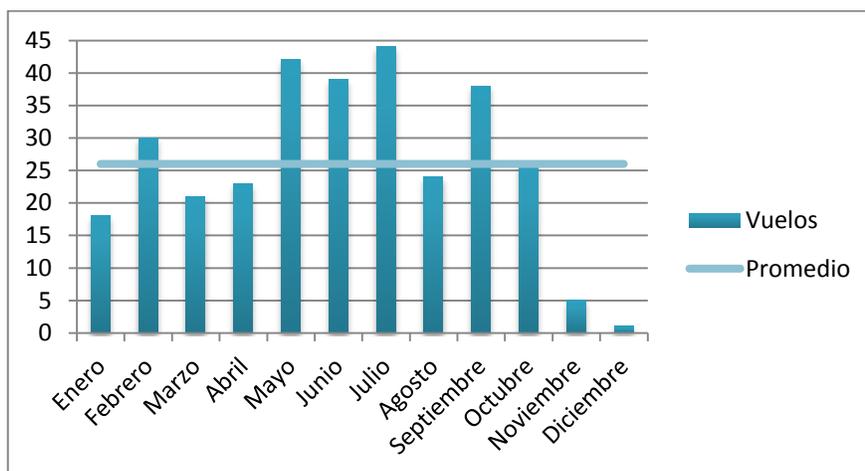
máquinas expendedoras (ver Figura 8). El menor porcentaje se debe a otros (10%), esta categoría se refiere al consumo fantasma<sup>3</sup> de la compañía.



**Figura 8.** Porcentaje de consumo por el área administrativa.

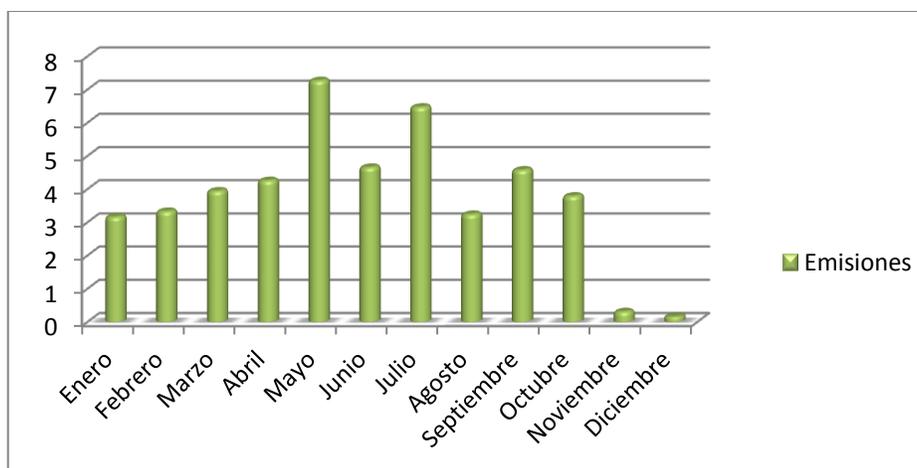
### 5.1.2. Emisiones por vuelos

Según el estudio realizado para el año 2011 se efectuaron aproximadamente 26 vuelos por mes, siendo julio el mes con mayor cantidad de viajes (44) y diciembre con la menor cantidad (1) como se muestra en el gráfico de la Figura 9. No obstante, en la Figura 10 se observa que el mes con mayor huella de carbono no corresponde a julio sino a mayo, lo cual se debe a la distancia recorrida en los vuelos.



**Figura 9.** Cantidad de viajes aéreos realizados en el año 2011.

<sup>3</sup> El consumo fantasma hace referencia al consumo producido cuando los aparatos eléctricos están en stand-by (Lorenza, 2012).

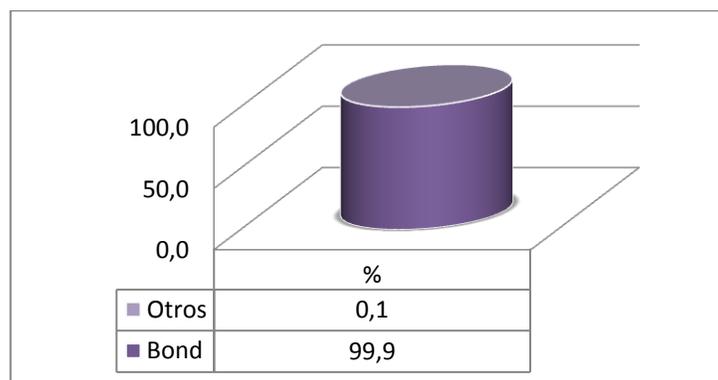


**Figura 10.** Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por viajes aéreos.

### 5.1.3. Emisiones por consumo de papel

Según la información brindada por el Departamento de Proveeduría, el papel bond es el tipo más utilizado en la compañía, el cuál según su gramaje, peso y cantidad de carbonatos da como resultado una huella de 0,7 ton CO<sub>2</sub>e (ver Cuadro 3).

Los demás tipos de papel no fueron considerados dentro del estudio ya que no superan el 1% del consumo de papel total (ver Figura 11).



**Figura 11.** Porcentaje de tipos de papel consumidos durante el 2011.

### 5.1.4. Emisiones por desechos

En la compañía los residuos antes de ser depositados en la basura se clasifican en reciclaje, co-procesamiento y útiles para donación, los únicos desechos que llegan al relleno sanitario son aquellos clasificados como basura ordinaria de la Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Toneladas totales de desechos de la compañía durante el 2011.

<b>Material</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Uso más frecuente</b>
Cartón	41,05	6,26	Reciclaje
Plástico	3,60	0,55	Reciclaje
Botellas plásticas	0,12	0,02	Reciclaje
Basura ordinaria	18,00	2,74	Relleno Sanitario
Hierro	558,36	85,10	Reciclaje/Donación
Madera	3,32	0,51	Reciclaje
Periódico	0,62	0,09	Reciclaje
Papel	5,65	0,86	Reciclaje
Aceite	0,003	0,0004	Co-procesamiento
Aluminio	0,90	0,14	Reciclaje
Cobre	23,64	3,60	Reciclaje
Cobre con forro	0,90	0,14	Reciclaje
<b>Total</b>	<b>656,16</b>	<b>100</b>	<b>---</b>

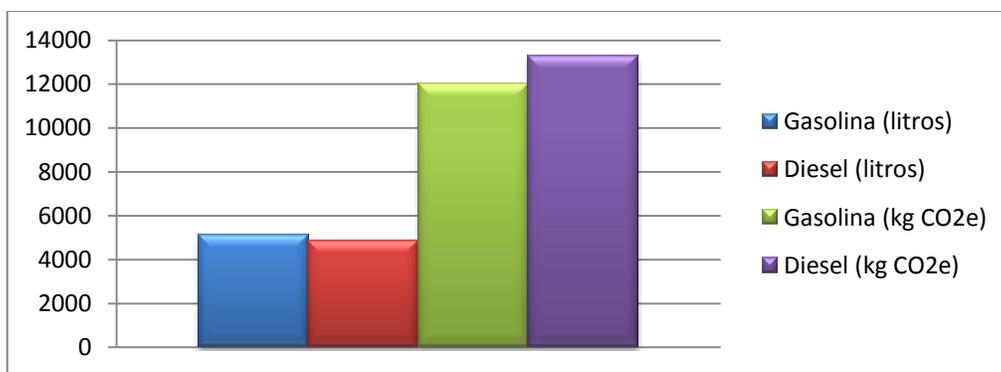
Lo anterior provoca que sólo el 2,74% de los desechos se tomen en cuenta dentro de la huella de carbono, es decir, sólo la basura ordinaria forma parte de la huella. Los demás residuos no son considerados ya que podrían generar problemas de doble contabilización y además, son tratados responsablemente.

### **5.1.5. Emisiones por transporte**

Como se mencionó en el Cuadro 3 las emisiones por consumo de gasolina y diesel generan 12,0 y 13,3 ton CO<sub>2</sub>e respectivamente según los factores de emisión del IMN.

Las emisiones por transporte no son tan altas debido a una condición particular de la compañía, en su mayoría los clientes recogen los pedidos directamente en las instalaciones de Eaton, por lo cual se disminuye la cantidad de entregas.

Un aspecto importante a recalcar sobre la huella por transporte, es el aporte elevado del diesel. En la Figura 12 se observan las altas emisiones que provoca este combustible en comparación con la utilización de gasolina. En Eaton existe un proyecto para la implementación de biodiesel en vehículos con una proporción de 20% biodiesel/ 80% diesel inicialmente, por lo cual se espera que la huella por diesel disminuya considerablemente una vez efectuado.



**Figura 12.** Emisiones (kg CO<sub>2</sub>) y consumos (l) de gasolina y diesel para el 2011.

### 5.1.6. Emisiones por aguas residuales

Debido a las actividades productivas de la empresa existen dos tipos de aguas residuales, las ordinarias y las industriales. Según los factores de emisión del IMN las primeras dependen de la cantidad de empleados y las segundas del DQO.

De acuerdo con el reporte operacional del 2011 de la planta de tratamiento de la compañía, el DQO es de 33 mg/l, a partir del mismo se determinaron las emisiones de CH<sub>4</sub> y por medio de los factores de emisión del IMN se calcularon  $1,8 \times 10^{-6}$  ton de CO<sub>2</sub>e, lo cual corresponde a un  $4 \times 10^{-7}\%$ . Las aguas ordinarias tampoco son un porcentaje alto, ya que no superan el 0,1% de la huella total (ver Cuadro 3).

### 5.1.7. Emisiones por refrigerantes

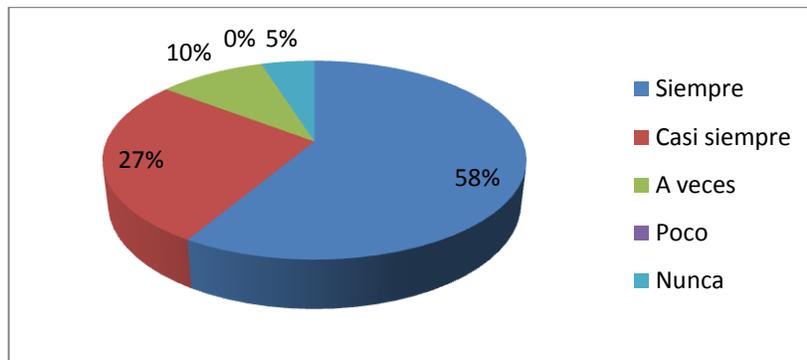
En la empresa se utiliza el refrigerante R-22, este posee un PCG de 1700, por medio del cual se realizó el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>e y se obtuvo 38,6 ton CO<sub>2</sub>e. El aporte tan alto a la huella de carbono se debe principalmente a este PCG, ya que en el año 2011 sólo se realizaron dos recargas, una de 15 lb y otra de 10 lb.

## 5.2. Encuesta

En esta sección se presentan los resultados más importantes de la encuesta, mientras que en el Anexo 5 se mostrarán los resultados de las preguntas restantes.

Como se menciona en el Anexo 1, se realizaron tres tipos de encuestas, sin embargo, sólo se presentarán dos secciones debido a que los resultados más relevantes de la encuesta

a los empleados de producción fueron los relacionados con los desechos, los cuales también son importantes para los otros dos tipos, por lo cual se mostrarán los resultados en un mismo gráfico.



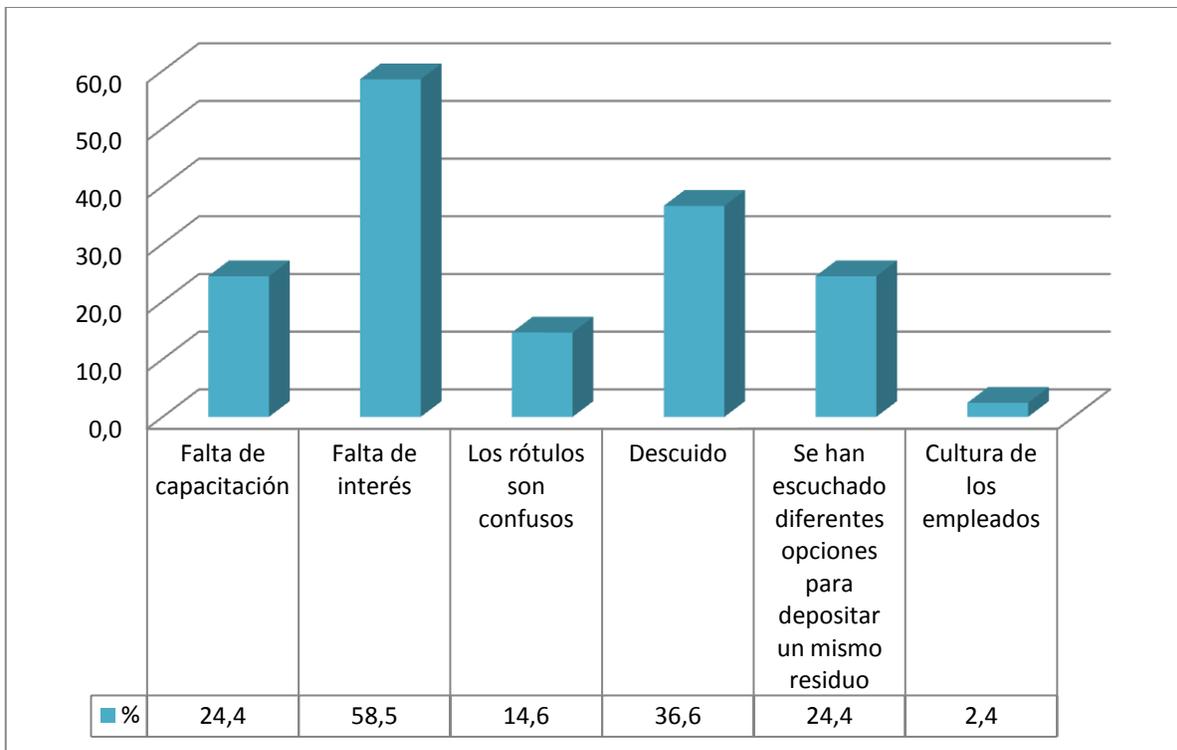
**Figura 13.** Porcentaje de personas que saben dónde colocar sus desechos.

Como se observa en la Figura 13 el 85% de los empleados con frecuencia saben en cuál de los recipientes destinados para el reciclaje depositar sus desechos (siempre y casi siempre).

No obstante, un 5% considera que nunca tienen claro cuál es el contenedor adecuado, lo cual denota la importancia de colocar rótulos en procura de facilitar el reciclaje y refrescar los conocimientos aprendidos con anterioridad.

Además, en la Figura 14 se muestra que el principal factor que influye en la incorrecta disposición de los desechos es la falta de interés (58%), seguido del descuido de los empleados (37%) y de las diferentes opciones que se han escuchado para depositar un mismo residuo (24%).

Este último factor se tomó en cuenta debido a que algunos desechos como el tetrabrik o las bolsas plásticas, antes no eran reciclables; sin embargo actualmente sí, lo cual crea confusiones en los empleados. Lo anterior concuerda con la necesidad de ubicar rótulos en los contenedores, ya que de esta forma se evitarían los problemas de contradicción.

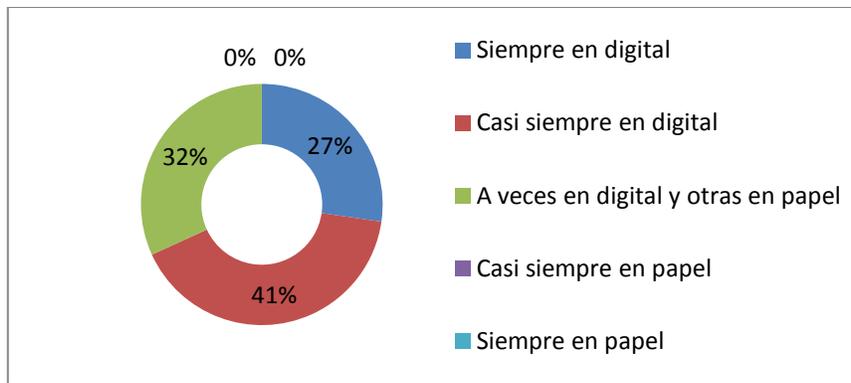


**Figura 14.** Factores que influyen en la incorrecta disposición de los residuos según los empleados de Eaton Electrical S.A.

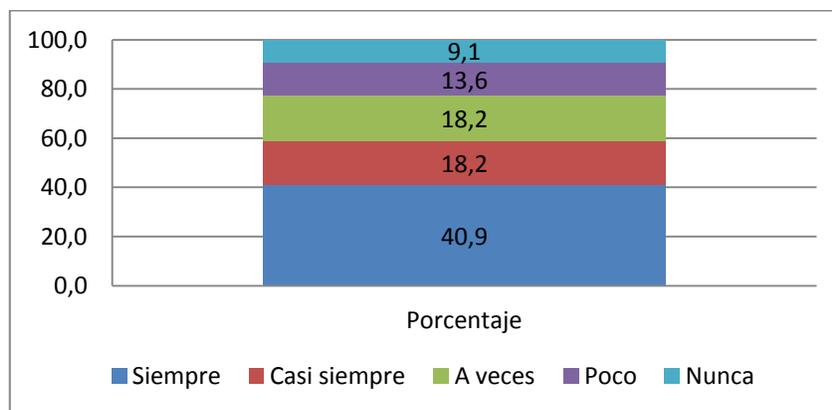
### 5.2.1. Empleados administrativos

En la Figura 15 y la Figura 16 se observa que a pesar de la preferencia de los empleados por revisar documentos de forma digital, cuando es necesario imprimir un documento casi el 41% de los encuestados no utilizan con frecuencia la opción de ambas caras (A veces, Poco y Nunca).

Considerando que las toneladas de dióxido de carbono equivalentes por consumo de papel son tan solo 0,7, se puede concluir que es por la preferencia de revisar los documentos en versión digital y por las impresiones por ambas caras.

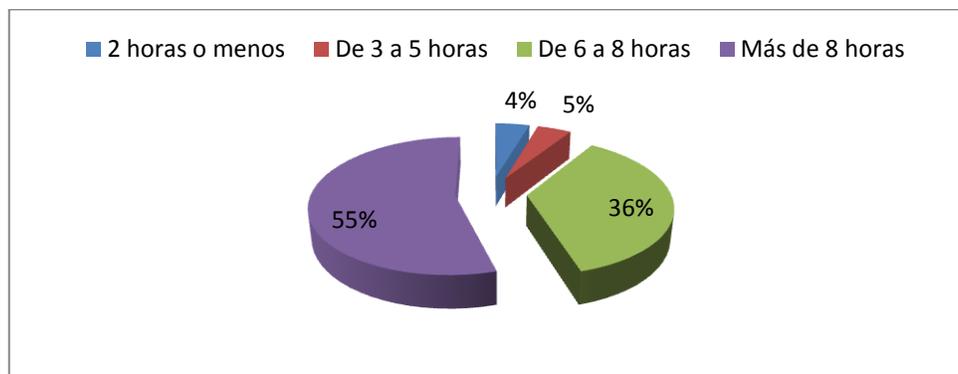


**Figura 15.** Preferencia de los empleados administrativos durante la revisión de documentos.

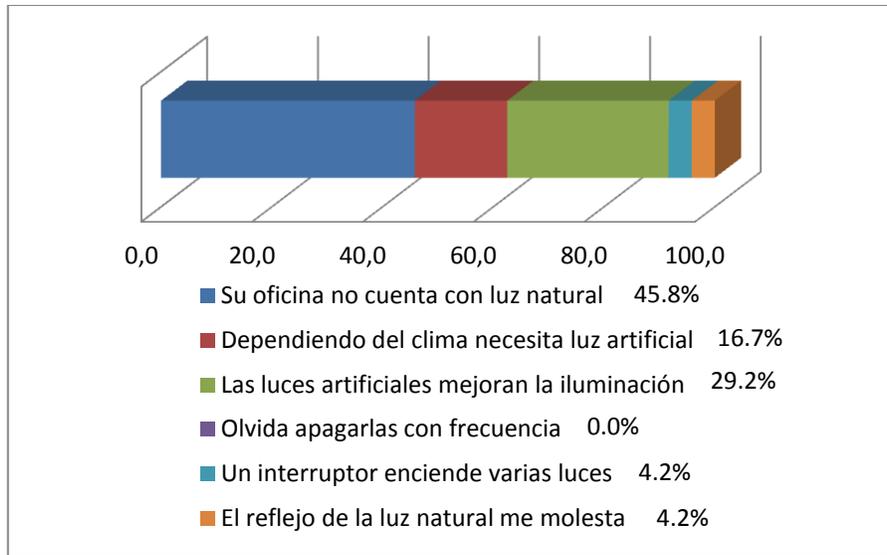


**Figura 16.** Frecuencia con la cual los empleados imprimen por ambas caras.

Por su parte, según los resultados obtenidos en la encuesta la mayor parte de los empleados utilizan más de 8 horas las luces artificiales (Figura 17), lo cual se debe principalmente a la falta de luz natural (Figura 18).

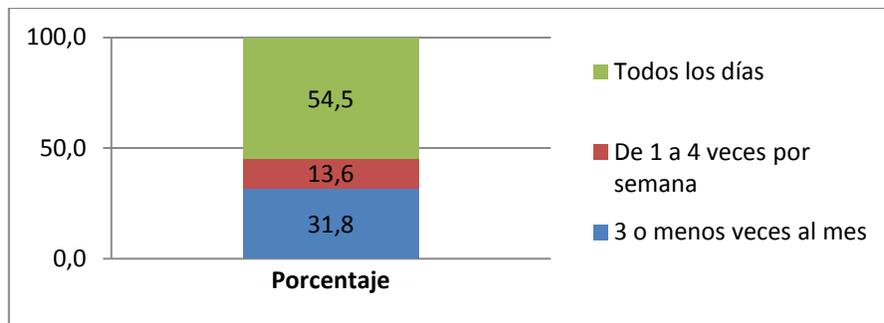


**Figura 17.** Tiempo en el cual permanecen las luces encendidas en las oficinas.

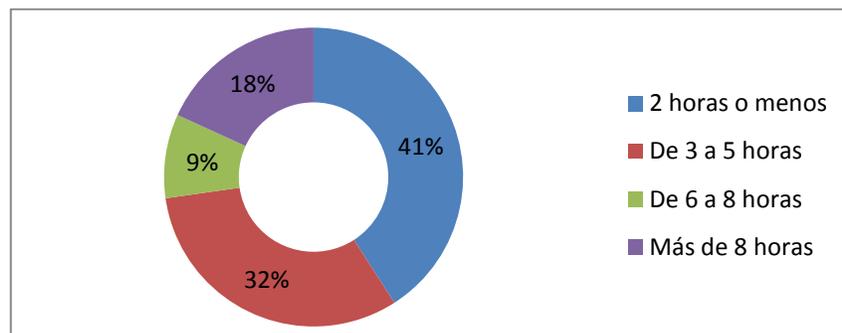


**Figura 18.** Razones por las cuales se encienden las luces artificiales.

Otro aspecto determinado por medio de la encuesta es la frecuencia con la cual se utiliza el aire acondicionado en las oficinas administrativas, donde más del 50% lo utiliza todos los días (ver Figura 19). No obstante, la mayor parte lo utiliza menos de 5 horas al día (ver Figura 20).



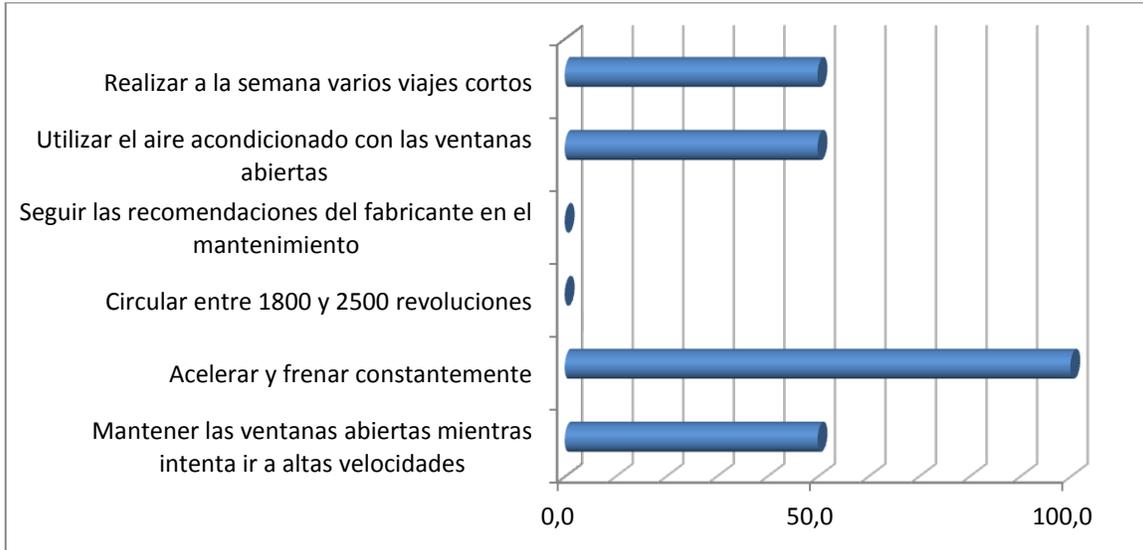
**Figura 19.** Frecuencia de utilización del aire acondicionado.



**Figura 20.** Horas durante las cuales el aire acondicionado es utilizado.

### 5.2.2. Conductores

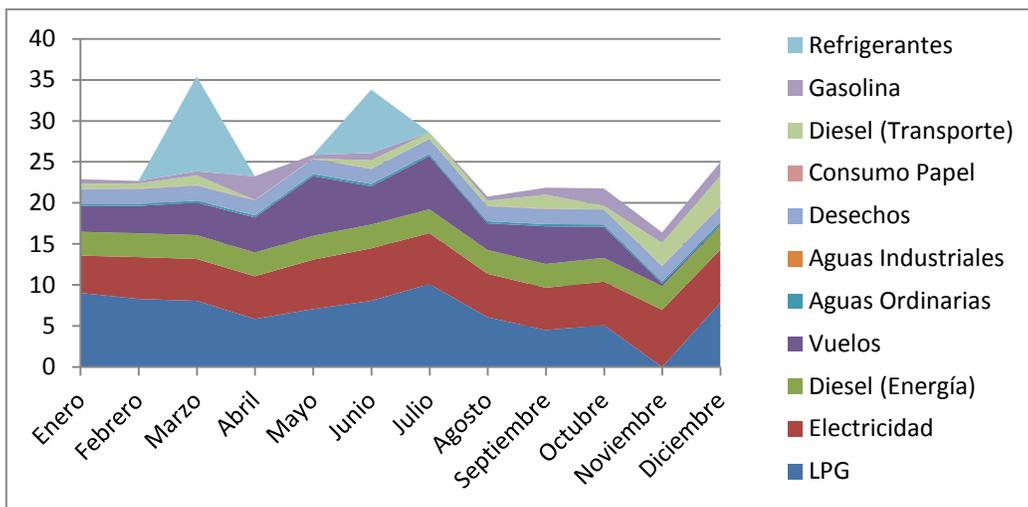
En la Figura 21 se muestran las acciones que los conductores consideran afectan negativamente al ambiente durante el transporte de productos hacia los clientes. De los factores presentados, sólo las opciones 3 y 4 no dañan el ambiente.



**Figura 21.** Acciones que los conductores consideran afectan negativamente el medio ambiente.

### 5.3. Opciones de mejora

La determinación de las opciones de mejora debe ir de acuerdo con las emisiones de la compañía, por lo cual en el siguiente gráfico se muestra la contribución de cada fuente:



**Figura 22.** Contribución de cada fuente a la huella de carbono durante el 2011.

Al realizar un análisis de Pareto<sup>4</sup> a los resultados de la huella de carbono, obtenemos que el 82,6% de las emisiones se deben al consumo de LPG, al consumo de electricidad y a los vuelos (ver Figura 23), lo anterior denota la importancia de enfocar las opciones de mejora hacia estos tres aspectos.

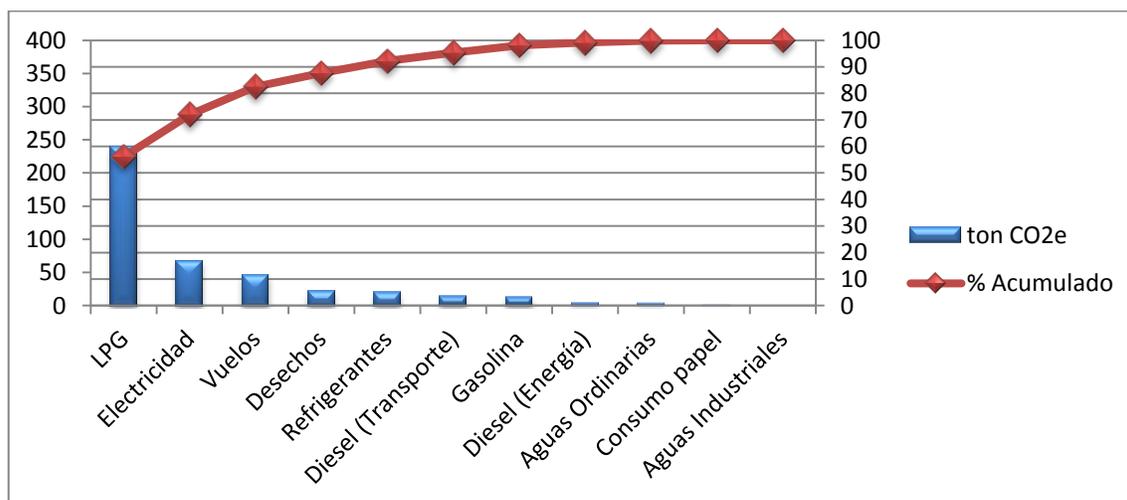


Figura 23. Análisis de Pareto para la huella de carbono.

### 5.3.1. LPG

Para la disminución de LPG se propone la utilización de un dispositivo que permita recuperar las pérdidas por presión en la tubería, al suministrar la presión y flujo correctos al quemador, y por consiguiente logre mejorar la combustión, aprovechando al máximo el poder calorífico del gas.

*DuraGas*<sup>5</sup> es uno de los artefactos que pueden ser implementados para tal fin, este reduce los tiempos necesarios para el calentamiento, por lo que se minimiza la utilización del LPG hasta un 25% en las industrias (DuraGas, s.f.).

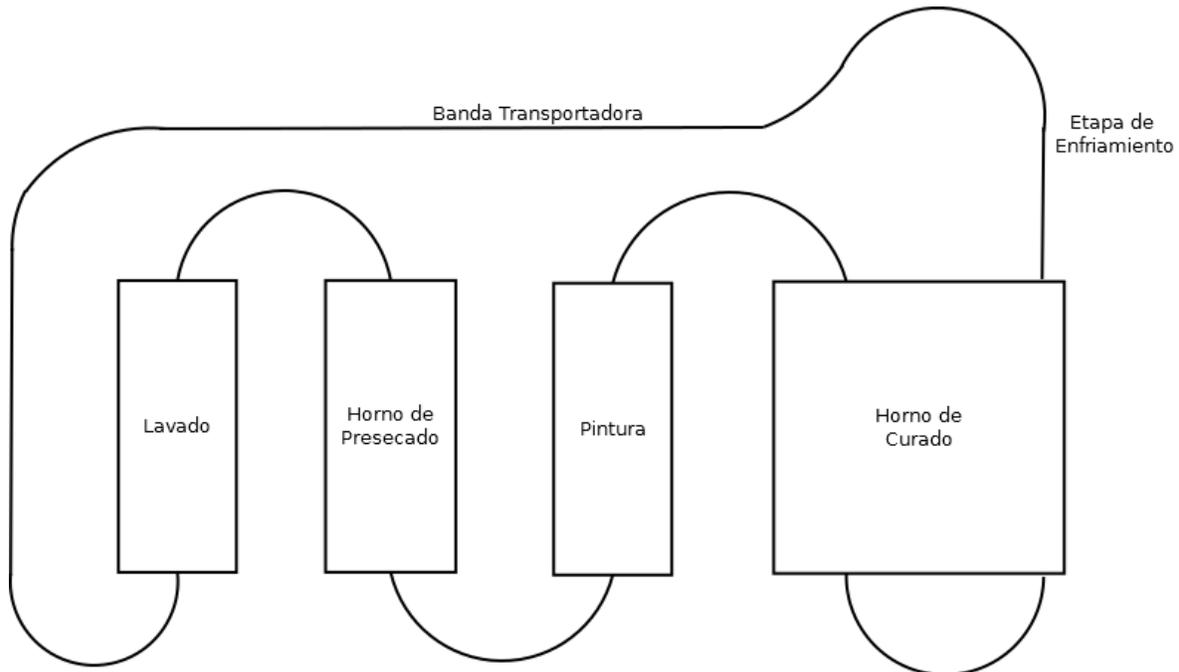
<sup>4</sup> El análisis de Pareto fue propuesto por Vilfredo Pareto, quién observó que el 20% de la población poseía el 80% de la propiedad; este mismo análisis puede ser aplicado a otras situaciones de forma tal que se obtengan los aspectos prioritarios a tratar (Sangers, 2009).

<sup>5</sup> *DuraGas*, es un artefacto avalado por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). Además, cuenta con el nombramiento de producto ecológico otorgado por la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente (SUMA). El Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (Coecyt) y el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas de Michoacán (CIME) respaldan *DuraGas* (DuraGas, s.f.).

Suponiendo el 25% de reducción en el consumo, este dispositivo generaría un ahorro de 37 287,36 l/año según datos del 2011; lo cual significaría una disminución en la huella de 60,08 ton CO<sub>2</sub>e/año y un ahorro económico de ₡12 081 105 al año.

Otra opción de mejora encontrada para la disminución en el uso de LPG, es la utilización del calor residual dentro del proceso de pintura.

Este proceso posee cinco estaciones descritas en la Figura 24. Para las etapas de secado existen dos hornos a base de LPG y uno de los tanques de la fase de lavado (fosfato) es calentado a partir de este gas. Este proceso es continuo durante la jornada laboral y los únicos paros se dan cuando existen problemas técnicos, es decir, el consumo de LPG es casi continuo durante las 8 horas laborales.

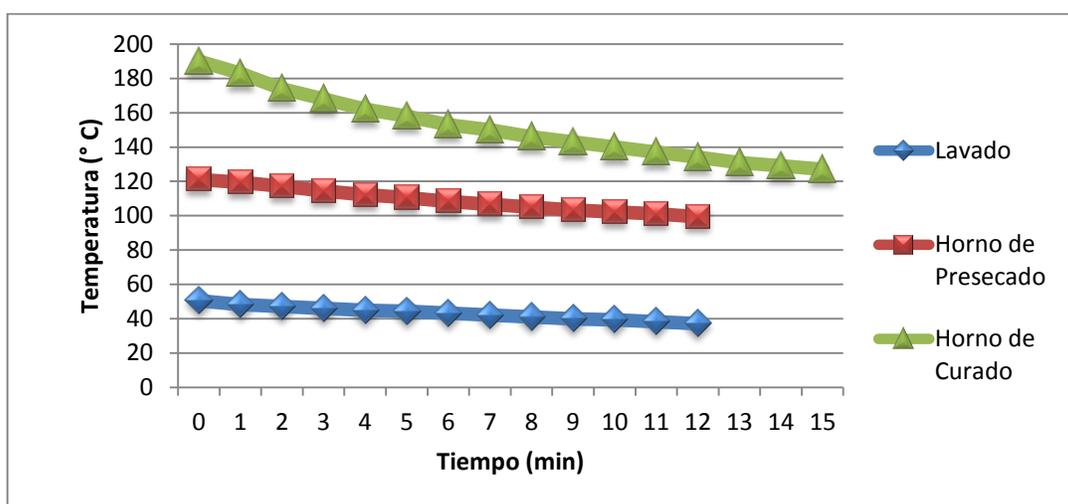


**Figura 24. Proceso de pintura.**

Los hornos y la estación de lavado se apagan cuando las últimas piezas llegan a una sección específica de la banda transportadora con el fin de aprovechar el calor una vez apagada la fuente; sin embargo, este paso fue establecido hace algunos años y no se han realizado modificaciones, por lo cual se propone restablecer los tiempos de apagado.

Para ello se realizaron dos mediciones, una para conocer la variación de la temperatura en el tiempo y la otra para determinar los tiempos de apagado actuales.

En la Figura 25 se observa la variación de la temperatura de cada horno y del tanque de lavado, una vez que el suministro de LPG ha sido desconectado. Actualmente, el tanque de fosfato es apagado 6 min antes de que la última pieza pase por dicha etapa, el horno de presecado es apagado 3 min antes y el de curado se apaga 15 min antes de que la última pieza salga del horno.



**Figura 25.** Gráfico Temperatura (° C) vs Tiempo (min).

Para establecer los nuevos tiempos es necesario conocer los intervalos de temperatura en los cuales trabaja la maquinaria con el fin de obtener productos de calidad, estos se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 5.** Intervalos de temperatura adecuados para Buena calidad de los productos.

Maquinaria	Intervalo de temperatura (° C)
Tanque de Fosfato	43-55
Horno de Presecado	100-130
Horno de Curado	185-190

Según las características presentadas, el tanque de lavado debe apagarse 7 min antes de que la última pieza pase por dicha etapa; mientras que el horno de secado debe apagarse 9 min antes y el de curado 1 min antes.

Si se aplican estos tiempos se podría disminuir el consumo aproximadamente en 21 200 l/año según el consumo actual de 4 gal/min proporcionado por el Gerente de

Producción, reduciendo la huella en 34,2 ton CO<sub>2</sub>e/año y generando un ahorro de \$6 996 000 anuales.

Cabe señalar que para la aplicación de esta medida, lo pertinente es realizar un estudio de transferencia de calor de los equipos, con el fin de verificar su periodo de enfriamiento, contemplando la modificación del tiempo de retención dentro de la maquinaria, la velocidad de la banda transportadora y la temperatura de la pieza después de cada etapa. Dado que dicho estudio está fuera del alcance de este proyecto.

### 5.3.2. Electricidad

Para el 2011 el consumo eléctrico fue de 821 280 kWh, con un costo de \$92 008 845 según el documento Control de consumo de energía eléctrica. Con el fin de disminuir este consumo y las emisiones de CO<sub>2</sub>e se propone realizar un cambio de la iluminación actual por la tecnología LED.

Si se realiza un cambio total de la luminaria por bombillos y tubos LED con las especificaciones del Cuadro 6, se podría lograr un ahorro de 9 981 kWh/año, lo cual corresponde a un 1,2% respecto al consumo del 2011.

**Cuadro 6.** Comparación de tecnologías fluorescente (PHILIPS, 2010) y LED (GREENERSYS, 2011).

Aspecto	Bombillos		Tubos	
	LED*	Fluorescente	LED**	Fluorescente
Vida útil (h)	15 000	8 000	40 000	15 000
Iluminación (lm)	180	60	1400	1200
Potencia (W)	3,2	23	20	32

\*Hoja de especificaciones del modelo GL-14BA.

\*\*Hoja de especificaciones del modelo BOL-T8WBB-A01.

En términos económicos y según los datos del 2011, este ahorro corresponde aproximadamente a \$591 274 anuales y la huella de carbono se reduciría 0,82 ton CO<sub>2</sub>e por año.

Por medio de las encuestas aplicadas se determinó que en Eaton, la mayoría de los empleados mantiene las luces encendidas durante casi toda la jornada laboral (Figura 17)

debido a la falta de luz natural (Figura 18). Por lo cual, a pesar de que la mayor parte de la luminaria es de bajo consumo (tubos y bombillos fluorescentes), se denota el beneficio de cambiar a la tecnología LED.

Como se mencionó, el porcentaje de ahorro podría ser relativamente alto debido a las horas en las cuales permanecen encendidas las luces.

Otra de las ventajas de esta tecnología, es la luminosidad de los bombillos, lo cual permite disminuir la necesidad de encenderlas todas. Como se observa en el Cuadro 6 un fluorescente T8, el más utilizado en la compañía, tiene en promedio una luminosidad de 1200 lm, por su parte, el LED posee una luminosidad de 1400 lm; lo anterior podría dar como resultado que en las oficinas se decida encender una menor cantidad de luces y por lo tanto aumentar el porcentaje de ahorro.

Para términos de este proyecto no se realizó un estudio sobre la disminución de desechos que esto supone, pero también debe ser considerado por la empresa, ya que la luminaria LED tiene una vida útil mayor con respecto a los fluorescentes. Además, no contienen mercurio, dando como resultado la desaparición del tratamiento para este compuesto y los químicos ligados al mismo.

Los paneles solares son otra opción para disminuir tanto el consumo de electricidad como la huella de carbono. Se propone utilizar paneles para abastecer una cuarta parte de la planta de producción con el fin de minimizar la inversión inicial.

Según los datos del fabricante para el consumo anual de la compañía y las horas de sol de San José el ahorro potencial al año por la instalación de paneles solares es de \$22 858 690 (IntiTechSolar, 2010). Esta disminución en el consumo representaría 1,41 ton CO<sub>2</sub>e/año menos.

Por otra parte, en la empresa existen equipos de aire acondicionado que no funcionan correctamente, esto genera incomodidad en los empleados, por lo cual se supone será necesario sustituir los equipos.

Se propone que cuando se deba realizar el cambio, se prefieran los aires acondicionados solares por encima de los convencionales. Según las especificaciones del fabricante, para

un uso de 4,5 h diarias, se obtiene un ahorro de \$72 024 al año con respecto a la utilización de un aire acondicionado convencional (Energy Saber, s.f.).

El ahorro anterior disminuiría en 0,1 ton CO<sub>2</sub>/año por cada aire solar instalado, los ahorros pueden variar dependiendo de las horas de uso, donde un mayor uso representa un mayor ahorro.

Las opciones de mejora por utilización de energía solar, tanto paneles como aires acondicionados solares, suponen una inversión alta; sin embargo, al estudiar los beneficios que conlleva la utilización de energías limpias, esta inversión se verá amortiguada en poco tiempo, con grandes beneficios para la huella de carbono.

Actualmente, el costo de la electricidad es alto y debido a la demanda energética del país seguirá en aumento, por lo cual implementar este tipo de tecnologías implica grandes beneficios económicos y ambientales.

Así mismo, existen opciones de mejora sencillas como la limpieza y el mantenimiento de los sistemas de iluminación. El polvo acumulado en las bombillas y luminarias reduce su rendimiento en el tiempo, debido a esto se recomienda realizar un mantenimiento periódico y programado de la instalación, limpiando las fuentes de luz y reemplazando las bombillas necesarias (WWF España, 2008).

Aunque según la WWF España el potencial de reducción del consumo es bajo por la implementación de esta medida, se considera importante implementarla.

Además, se propone la implementación de regletas con el fin de disminuir o eliminar el consumo fantasma en la empresa, el cual según WWF España (2008) puede representar hasta un 15% del consumo total de las oficinas.

En la compañía se supuso que el consumo fantasma representa un 10% del consumo total, por lo cual este se espera que sea el porcentaje de ahorro. En términos económicos el consumo se reduciría \$783 041 anuales aproximadamente, mientras que la huella de carbono disminuiría 1,08 ton CO<sub>2</sub>/año.

Se debe señalar que la utilización de regletas es una opción de mejora relacionada con la conciencia ambiental de los empleados, por lo cual es necesario que antes de incurrir en el gasto por la compra de regletas, el personal debe tener la disposición de utilizarlas con el fin de observar los resultados.

### **5.3.3. Vuelos**

Se propone disminuir la cantidad de viajes por medio de la utilización de la tecnología de videoconferencias. En la empresa poseen el equipo necesario para realizar videoconferencias, sin embargo, no se utiliza debido a un desperfecto del mismo, por lo cual se propone arreglar el equipo y de esta forma disminuir la cantidad de viajes.

En ocasiones la presencia resulta imprescindible para la realización de una actividad; no obstante, si se lograra minimizar la cantidad de viajes en un 5%, es decir en 16 vuelos según los datos del 2011, la huella reduciría aproximadamente 3,52 ton CO<sub>2</sub>e y se obtendría un ahorro de \$1 882 765, dependiendo del lugar de destino.

Para la disminución de los viajes aéreos es necesario el compromiso de la gerencia, ya que por lo regular, son estos quienes realizan la mayor cantidad de desplazamientos al año. Es importante recalcar que como opción de mejora se sugiere participar por medio de videoconferencias en aquellas reuniones donde la presencia no sea imprescindible.

Ligado a lo anterior, es importante la planificación de los vuelos, de forma que la cantidad de escalas se puedan minimizar. Asimismo, es necesario que quienes necesiten viajar compren los tiquetes no sólo en función de la economía de la empresa sino que también tomen en cuenta la huella de carbono, ya que un ahorro por la compra de un tiquete con mayor huella de carbono puede representar un gasto al momento de compensar la huella.

### **5.3.4. Otras**

A pesar de que las demás fuentes de GEI no superan el 20% de la huella total de Eaton, es importante mostrar las opciones de mejora encontradas, debido a que pueden tener un efecto mayor por el aumento en la conciencia de los empleados, así como la mejora en aspectos ambientales relacionados con el Sistema de Gestión ISO 14001 de la compañía.

En la medida de lo posible se deben cambiar los refrigerantes HCFC-22, por otros más amigables con el ambiente, tales como R410A, R407C y R134a. El R-410A presenta una eficiencia mayor y su impacto total equivalente sobre el calentamiento global es menor que otras opciones (Montes de Oca & Arce, 2011).

También, es oportuno mencionar que aunque la mayoría de los empleados poseen conocimientos sobre la correcta disposición de los residuos, la importancia de reducir las impresiones y los beneficios de apagar las luces, en ocasiones estos no son aplicados. Durante la realización del proyecto se observaron una serie de oportunidades de mejora con respecto a estos temas, por lo cual se considera conveniente llevar a cabo actividades de sensibilización.

Para términos de este trabajo se hace una diferencia entre capacitaciones y actividades de sensibilización; las primeras están relacionadas con charlas donde se busca mejorar los conocimientos de los empleados por medio del uso de presentaciones, mientras que las actividades de sensibilización se refieren a aquellas acciones con las cuales se busca crear un cambio en la actitud y la conducta de los trabajadores.

Se hace esta diferencia, ya que los empleados cuentan con la información teórica sobre temas como el reciclaje (ver Figura 13), no obstante, estos conocimientos no han impactado lo suficiente para generar un cambio en sus acciones, provocando que se presenten situaciones como la incorrecta disposición de los desechos o la falta de interés para imprimir por ambos lados (ver Figura 16).

Las actividades de sensibilización deben estar dirigidas hacia un cambio en la perspectiva y los hábitos de consumo de los empleados.

Como lo sugiere la Figura 14, los trabajadores consideran que la falta de interés es el mayor problema de la incorrecta disposición de los desechos; además, las observaciones realizadas durante el proyecto indican que esta deficiencia también se refleja en acciones relacionadas como las bajas temperaturas utilizadas en los aires acondicionados o la cantidad de personas que imprime por una cara.

A continuación se proponen algunas actividades de sensibilización:

- Recolección de basura en ríos de la comunidad
- Estudios de casos, donde los empleados deban organizarse en grupos y resolver algún problema ambiental relacionado con la compañía
- Reflexión sobre los problemas ambientales, sus consecuencias y las causas de por qué es difícil detectar los problemas graduales.

De igual manera, es importante realizar charlas de capacitación sobre conducción eficiente. Según lo comentado con el Ing. Javier Bonilla Herrera del área de Mecánica de Vehículos del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), en esta institución se imparten talleres para la sensibilización de los conductores, mejorando la eficiencia del manejo y por lo tanto la disminución del consumo de combustibles.

Esta opción de mejora puede tener un impacto más allá de la huella por transporte, ya que si participan en la misma no sólo conductores sino los empleados en general, se estaría propiciando un reforzamiento en la conciencia ambiental.

Asimismo, es necesario recalcar que para la implementación de cada una de las opciones de mejora se requiere del compromiso de todos los empleados, incluyendo la gerencia, ya que es por medio de sus acciones como se logrará la carbono neutralidad.

#### **5.4.Elaboración del manual y sensibilización del equipo de trabajo**

Como se menciona en el Anexo 3 el manual fue elaborado con base en el formato establecido por la compañía para los Sistemas de Gestión, por lo que como resultado final se obtuvo un procedimiento y un instructivo, los cuales fueron incorporados y referenciados dentro del manual de Sistemas de Gestión, así como en los procedimientos pertinentes. En el Anexo 6 se muestra el procedimiento e instructivo creados.

Durante el desarrollo del proyecto se llevaron a cabo reuniones con el equipo de trabajo, de forma tal que el mismo conociera, aprobara y se encontrara familiarizado con cada una de las partes del Sistema.

Para la etapa de sensibilización se realizó un taller de validación de resultados, en donde se revisaron los documentos creados, así como los archivos relacionados con el Sistema de Gestión y se comentaron temas relacionados con la carbono neutralidad, tales como:

- Posibles situaciones por las cuales debe volver a calcularse el año base.
- Inclusión de nuevas fuentes y sumideros al inventario.
- Reconocimiento de medidas de reducción.
- Diferencia entre actividades de reducción y proyectos de reducción.
- Efectos del cambio en la metodología de cuantificación.
- Importancia de la selección de factores de emisión.

Por medio de las reuniones y el taller se buscó que el equipo de trabajo comprendiera no sólo el manual sino también las matrices creadas para el cálculo de la huella carbono.

## 6. Conclusiones

- Debido a los consumos de Eaton Electrical S.A. durante el año 2011 el inventario de la huella de carbono es de 428 ton CO<sub>2</sub>e.
- La huella de carbono de la empresa está compuesta por las emisiones por consumo de LPG, diesel, papel, electricidad, refrigerantes, transporte, aguas residuales, residuos sólidos y viajes aéreos.
- El consumo de LPG, electricidad y los viajes aéreos representan el 82% de la huella total, por lo cual las medidas de reducción están relacionadas con estos.
- La confiabilidad de los inventarios de carbono dependerá de la disponibilidad de información actualizada y su correcta utilización, para ello es preciso contar con plantillas para el cálculo de la huella de carbono.
- El diagnóstico realizado en Eaton Electrical S.A. determinó la importancia y necesidad de llevar a cabo actividades de sensibilización, ya que a pesar de los conocimientos de los empleados en temas ambientales, los resultados demuestran el poco impacto que los mismos han tenido en la forma de desarrollar las actividades diarias.
- La falta de iluminación natural provoca un alto consumo de electricidad, lo cual incrementa las emisiones de CO<sub>2</sub> y denota la importancia de poseer mejores sistemas de iluminación.
- La aplicación de las medidas de reducción propuestas reduciría la huella de carbono en aproximadamente 101,21 ton CO<sub>2</sub>/año. Las mismas no sólo traerán beneficios ambientales, sino una disminución económica aproximada de \$45 264 899.
- La identificación del equipo de trabajo con el Sistema de Gestión de Carbono Neutral es de gran importancia para la correcta implementación. A su vez, todos los empleados de Eaton deben estar familiarizados con el mismo si se desean obtener resultados visibles.

- Las charlas del INA sobre conducción eficiente, pueden ser provechosas tanto para los conductores de la empresa como para los empleados que se transportan en carro hasta las instalaciones de Eaton.
- Si la empresa desea lograr la carbono neutralidad y obtener la certificación debe implementar al menos las medidas de reducción relacionadas con las fuentes principales de GEI encontradas en este proyecto.

## 7. Recomendaciones

- Eaton se encuentra próximo a realizar una remodelación de sus instalaciones por lo que se recomienda seleccionar el equipo de aire acondicionado adecuado, lo cual no sólo tendría beneficios ambientales sino también económicos.

Asimismo, se recomienda comprar equipos con el sello de bajo consumo, lo cual le traerá beneficios durante la vida útil de los artefactos.

- Evaluar la posibilidad de implementar tecnologías limpias en los vehículos de la empresa, tales como carros eléctricos o híbridos.
- A pesar de que las aguas ordinarias no provocan una huella de carbono muy alta, se le recomienda a la empresa crear un tratamiento para las mismas con el fin no sólo de disminuir las emisiones, sino también de mejorar la calidad ambiental de la empresa.
- Para facilitar el cálculo de la huella de carbono, se recomienda iniciar un registro de la cantidad de recargas de refrigerantes a los aires acondicionados, así como del consumo de combustibles para transporte y del consumo de papel.
- En la medida de lo posible, se recomienda contabilizar por separado el consumo de electricidad de la planta por actividades productivas y de administración, de esta forma se podrá observar con mayor facilidad los beneficios por la implementación de las opciones de mejora propuestas.
- Para establecer el ahorro de LPG por la modificación de tiempos de apagado, se recomienda realizar un estudio de transferencia de calor de los equipos, con el fin de verificar su periodo de enfriamiento, contemplando la modificación del tiempo de retención dentro de la maquinaria, la velocidad de la banda transportadora y la temperatura de la pieza después de cada etapa.
- Con el fin de demostrar la importancia por el cambio de luminaria, se puede realizar un estudio sobre la disminución de desechos que esto supone, ya que los LED's tienen una vida útil mayor con respecto a los fluorescentes. Además, no

contienen mercurio, dando como resultado la desaparición del tratamiento para este compuesto y los químicos ligados al mismo.

- Las medidas de reducción relacionadas con la utilización de la energía solar deben ser contempladas por la organización no sólo por los beneficios directos, como la disminución de la huella de carbono y la reducción en la factura de electricidad; sino también con los beneficios indirectos como la amortización de los posibles aumentos en la energía eléctrica.
- La implementación de rótulos para facilitar la correcta disposición de los residuos en los recipientes de reciclaje es de gran importancia, por lo cual se le recomienda a la empresa llevar a cabo esta medida. La misma funcionará además, para sensibilizar a los clientes y proveedores que visiten las instalaciones.

## 8. Bibliografía

- Aguilar, J., & González, F. (2003). *El efecto invernadero, el cambio climático, la crisis medio ambiental y el futuro de la Tierra*. Madrid: Real Academia Nac. Medicina.
- Álvares, L. (Julio de 2009). *La neutralidad de carbono basada en la estrategia de cambio climático y sostenibilidad*. Tesis de maestría, Universidad para la Cooperación Internacional. San José, Costa Rica. Consultado el 27 de septiembre de 2012, de <http://www.uci.ac.cr/Biblioteca/Tesis/PFGMLGA7.pdf>.
- Arguedas-Marín, M. (2011). La huella de carbono del Instituto Tecnológico de Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 51-60.
- Bermúdez, L., & Montes, I. (2011). *Estudio de prefactibilidad para contribuir a la carbono neutralidad del transporte, mediante la transformación del parque automotor empresarial de CNFL por vehículos con tecnologías limpias al año 2021*.
- Bonilla, J. Ingeniero del área de Mecánica de Vehículos del Instituto Nacional de Aprendizaje. Reunión del 3 de agosto de 2012.
- Castro, E. (1 de septiembre de 2010). *Unidad Carbono Neutro-Universidad Earth*. Consultado el 30 de septiembre de 2012, de <http://www.ifam.go.cr/PaginaIFAM/docs/Carbono%20Municipalidades%201.pdf>.
- Dirección del Cambio Climático (DCC). (2012). *¿Qué podemos hacer?: como empresa o institución*. Consultado el 6 de octubre de 2012, de <http://www.minaet.go.cr/dcc/index.php/que-podemos-hacer-como-empresa-o-institucion>.
- DuraGas (s.f.). *Dispositivo para el ahorro de gas LP y natural*. Consultado el 26 de septiembre de 2012, de <http://www.duragasahorradore.com/>.
- Eaton Corporation (2012). *About us*. Consultado el 12 de octubre de 2012, de <http://www.eaton.com/Eaton/OurCompany/AboutUs/index.htm>.
- Eaton Electrical S.A. (Junio 2006). *Brochure: Equipo para Protección de Falla a Tierra*.

- Energy Saber (s.f.). *A/C Solar: Calculo su ahorro*. Consultado el 27 de octubre de 2012, de <http://www.energysaver.cr/AC%20Solar.html>.
- Feedback Networks Technologies. (2011). *Calcular la muestra correcta*. Consultado el 19 de agosto de 2012, de <http://www.feedbacknetworks.com/cas/experiencia/sol-preguntar-calculat.html>.
- Global Footprint Network. (18 de julio de 2012). *La Huella Ecológica - Visión General*. Consultado el 30 de septiembre de 2012, de [http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/gfn/page/footprint\\_basics\\_overview/](http://www.footprintnetwork.org/es/index.php/gfn/page/footprint_basics_overview/).
- Grande, I. & Abascal, E. (2005). *Análisis de encuestas*. Madrid: ESIC Editorial.
- Green Solutions. (2011). *Medición y Mitigación de la Huella de Carbono de la Comisión Nacional del Medio Ambiente*. Santiago.
- GREENERSYS (2011). *Iluminación LED doméstica y de oficinas*. Consultado el 24 de octubre de 2012, de <http://www.greenersys.com/iluminacion-led-casas-oficinas.html>.
- Guerra, L. (2007). *Construcción de la huella de carbono y logro de carbono neutralidad para el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)*. Costa Rica. Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica.
- ICAO (8 de junio de 2012). *La OACI lanza su primera aplicación*. Consultado el 25 de septiembre de 2012, de <http://www.icao.int/Newsroom/News%20Doc%202012/COM.09.12.ES.pdf>.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). (2008). *Glosario: F*. Consultado el 6 de octubre de 2012, de <http://200.31.71.42/glosario-f.html>.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). (2 de septiembre de 2011). *Gases de efecto invernadero – Parte 1: especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero*.

- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (2012). *Factores de emisión gases de efecto invernadero*.
- IntiTechSolar (2010). *Rebajas de Facturas Eléctricas por Medio de la Energía Solar en Costa Rica: Direcciones Para la Calculadora de Rebajas de Facturas*. Consultado el 26 de octubre de 2012, de <http://www.intitechsolar.com/es/bill-reduction-calculator-full.html>.
- IPCC. (2001). *Tercer Informe de Evaluación: Cambio Climático*.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Consultado el 19 de julio de 2012 de <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>.
- IPCC. (2007). *Cambio Climático 2007: Informe de Síntesis*.
- ISOMAC Consultants. (2008). *ISO 14064: Gases de Efecto Invernadero*. Consultado el 6 de octubre de 2012, de <http://www.isomac.com.ar/14064.htm>.
- Lorenza, D. (7 de junio de 2012). *Ahorrar en electricidad mediante la reducción del consumo fantasma*. Consultado el 24 de octubre de 2012, de <http://www.ennaranja.com/para-ahorradores/ahorrar-en-electricidad-mediante-la-reduccion-del-consumo-fantasma>.
- Martínez, A. (2012). Huella ecológica corporativa: un análisis de caso vinculado a una fábrica de pan. *Desarrollo Local Sostenible*. Consultado el 16 de septiembre de 2012, de <http://www.eumed.net/rev/delos/14/amg.pdf>.
- Miguel, J. (2011). *Huella de Carbono. Normas para el cálculo (PAS2050) y la declaración de neutralidad (PAS2060)*. Consultado el 10 de septiembre de 2012 de <http://www.infocalidad.net/?opinion=huella-de-carbono-normas-para-el-calculo-pas-2050-y-la-declaracion-de-neutralidad-pas-2060>.
- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET). (2012). *Acuerdo 36-2012-MINAET*.

Ministerio de Seguridad Pública (MSP). (22 de agosto de 2011). *Guía para la elaboración de acciones en cambio climático*. Consultado el 30 de septiembre de 2012, de <http://www.msp.go.cr/ministerio/gestion%20ambiental/guias%20y%20manuales/Guia%20Elaboracion%20Inventario%20Gases%20Efecto%20Invernadero%20V1.0.pdf>.

Montes de Oca, G. & Arce, E. (2011). *La huella de carbono en la municipalidad de San Carlos y logro de la carbono neutralidad*. Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica.

Moreno, C. (26 de agosto de 2003). *Normas ISO 14000*. Consultado el 6 de octubre de 2012, de <http://www.normasycertificaciones.com/normas-iso-14000>.

PHILIPS (Agosto, 2010). *Iluminación y eficiencia energética*. Consultado el 24 de octubre de 2012, de <http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/archivos/Actividades/46/Iluminaci%C3%B3n%20y%20Eficiencia%20Energ%C3%A9tica.Montevideo.UY.pdf>.

PNUD Costa Rica (s.f.). *Ambiente, Energía y Gestión de Riesgo*. Consultado el 25 de septiembre 2012, de [http://www.pnud.or.cr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=112&Itemid=90](http://www.pnud.or.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=112&Itemid=90).

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD Costa Rica). (2012). *Preparación del Plan de Acción de la Iniciativa Paz con la Naturaleza*. Consultado el 12 de octubre de 2012, de [http://www.pnud.or.cr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=257:preparaci%C3%B3n-del-plan-de-acci%C3%B3n-de-la-iniciativa-paz-con-la-naturaleza&catid=28:ambiente-energy-gestie-riesgo](http://www.pnud.or.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=257:preparaci%C3%B3n-del-plan-de-acci%C3%B3n-de-la-iniciativa-paz-con-la-naturaleza&catid=28:ambiente-energy-gestie-riesgo).

Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (Costa Rica). (2011). *Resumen Decimoséptimo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible/Programa Estado de la Nación*. 17. ed.- San José, Costa Rica: El Programa.

- Rudnick, H., Andrade, D., & Villagrán, Á. (19 de octubre de 2009). *La huella de carbono y los desafíos futuros*. Consultado el 9 de agosto de 2012, de <http://web.ing.puc.cl/~power/mercados/huellacarb/huella.html>.
- Sangers, J. (13 de mayo de 2009). *El principio de Pareto*. Consultado el 12 de octubre de 2012, de <http://canasto.es/2009/05/el-principio-de-pareto/>.
- Schneider, H., & Samaniego, J. (2009). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. Consultado el 17 de agosto de 2012, de <http://rse.amia.org.ar/recursos/fckeditor/1/Documento%20de%20la%20CEPAL%20sobre%20la%20huella%20de%20carbono.pdf>.
- UNFCCC. (2012). *Protocolo de Kyoto*. Consultado el 24 de septiembre de 2012, de [http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/protocolo\\_de\\_kyoto/items/6215.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/protocolo_de_kyoto/items/6215.php).
- Unión Europea. (4 de abril de 2011). *Protocolo de Kioto sobre el cambio climático*. Consultado el 24 de septiembre de 2012, de [http://europa.eu/legislation\\_summaries/environment/tackling\\_climate\\_change/128060\\_es.htm](http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128060_es.htm).
- WWF España (Diciembre 2008). *Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas*. Gran Vía de San Francisco, España.

## **Anexos**

## Anexo 1. Metodología para la Encuesta

Las encuestas se elaboraron de acuerdo con el objetivo planteado, conocer los hábitos de consumo de los empleados relacionados con las emisiones de GEI. Según las observaciones realizadas durante la primera etapa del proyecto, era necesario crear información sobre estos aspectos, por lo cual se tomaron en cuenta para la formulación de preguntas de acuerdo con lo especificado por Grande & Abascal (2005).

Las encuestas se elaboraron de forma sencilla y corta con el fin de evitar problemas de rechazo. Además, se siguió un orden lógico que permitiera la concentración de los encuestados según las recomendaciones de Grande & Abascal (2005).

En Eaton Electrical S.A. existen varios departamentos tales como Producción, Recursos Humanos, Contabilidad, Ingeniería, Cómputo y Gerencia. Cada uno de estos realiza diferentes actividades, y estas a su vez afectan de diferente forma a la huella de carbono de la empresa; es por esto que para la aplicación de la encuesta se dividió la totalidad de empleados en tres grandes áreas:

- Administrativos: todo empleado que para realizar sus actividades diarias utilice la computadora.
- Producción: cualquier empleado del área productiva, a excepción de quienes cuenten con computadora.
- Conductores: empleados que utilicen los vehículos de la empresa más de tres veces al mes.

La división anterior se hizo con base en las actividades, ya que se detectó un comportamiento similar en determinados departamentos, dando lugar a la división especificada.

Con el fin de validar las encuestas las mismas fueron presentadas ante la directora de proyecto, Ing. Laura Quesada, para realizar las primeras revisiones. Una vez corregida se reunió a un grupo de empleados de diferentes áreas para validarla.

Posteriormente, se estudiaron las respuestas y se detectaron las preguntas que presentaron errores de interpretación o confiabilidad. Asimismo, las preguntas y comentarios de los encuestados fueron tomados en cuenta hasta obtener las versiones finales, presentadas en el Anexo 2.

Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula (Feedback Networks Technologies, 2011):

$$n = \frac{k^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{(e^2 \cdot (N - 1)) + k^2 \cdot p \cdot q}$$

### **Ecuación 2.** Cálculo del tamaño de la muestra.

Donde:

*n*: tamaño de la muestra

*k*: constante dependiente del nivel de confianza que asignemos, en este caso será 1.96 para un nivel de confianza del 95%

*p*: proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio. Este dato es desconocido, por lo que se supondrá  $p=q=0.5$  (opción más segura)

*q*: proporción de individuos que no poseen esa característica.

*N*: es el tamaño de la población

*e*: error muestral deseado. Diferencia que puede existir entre el resultado por preguntar a una muestra de la población y no al total de ella. Se supondrá un 10%.



## Parte II: Empleados Administrativos

Por medio de la siguiente encuesta se espera recopilar información sobre los hábitos de consumo de los empleados de Eaton Electrical S.A.

Bloque I: Utilización de papel	
<p>1. Si necesita realizar la revisión de algún documento, ¿prefiere hacerlo por medios electrónicos o en papel?</p> <p>a. Siempre en <u>digital</u></p> <p>b. Casi siempre en <u>digital</u></p> <p>c. A veces en digital y otras en papel</p> <p>d. Casi siempre en <u>papel</u></p> <p>e. Siempre en <u>papel</u></p>	<p>3. <b>Cuando la ocasión se lo permite,</b> ¿imprime por ambos lados?</p> <p>a. Siempre</p> <p>b. Casi siempre</p> <p>c. A veces</p> <p>d. Poco</p> <p>e. Nunca</p>
<p>2. ¿Su impresora cuenta con la opción para imprimir por ambos lados?</p> <p>a. Sí</p> <p>b. No (pase a la pregunta 4, Bloque I)</p> <p>c. No sé (pase a la pregunta 4, Bloque I)</p>	<p>4. ¿Con qué frecuencia utiliza la impresora?</p> <p>a. 1 o menos veces por <u>semana</u></p> <p>b. De 2 a 4 veces por <u>semana</u></p> <p>c. De 1 a 3 veces al <u>día</u></p> <p>d. Más de 4 veces al <u>día</u></p>
Bloque II: Uso de aparatos eléctricos	
<p>1. Durante períodos largos donde no utiliza la computadora, ¿frecuenta dejarla con la pantalla <b>apagada</b>?</p> <p>a. Siempre</p> <p>b. Casi siempre</p> <p>c. A veces</p> <p>d. Poco</p> <p>e. Nunca</p>	<p>3. Cuando utiliza la luz artificial es porque (puede marcar varias opciones):</p> <p>a. Su oficina no cuenta con luz natural</p> <p>b. Dependiendo del clima necesita de la luz artificial</p> <p>c. Considera que es mejor mantener las luces encendidas para mejorar la iluminación</p> <p>d. Olvida apagarlas con frecuencia</p> <p>e. Otra: _____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p>2. Aproximadamente, ¿durante cuántas horas al día se mantienen encendidas las luces de su oficina?</p> <p>a. 2 horas o menos</p> <p>b. De 3 a 5 horas</p> <p>c. De 6 a 8 horas</p> <p>d. 8 horas o más</p>	



### Parte III: Conductores

Por medio de la siguiente encuesta se espera recopilar información sobre los hábitos de consumo de los empleados de Eaton Electrical S.A.

Bloque I: Vehículo	
<p>1. Antes de utilizar el vehículo, ¿frecuenta revisar el aceite, agua y presión de las llantas?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Siempre</li><li>b. Casi siempre</li><li>c. A veces</li><li>d. Poco</li><li>e. Nunca</li></ul>	<p>3. Existen actos durante la conducción que pueden generar un impacto al ambiente, de las siguientes acciones que se le presentan marque todas aquellas que considere lo afectan de forma negativa de manera directa o indirecta:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Mantener las ventanas abiertas mientras intenta ir a altas velocidades</li><li>b. Acelerar y frenar constantemente</li><li>c. Circular entre 1800 y 2500 revoluciones por minuto</li><li>d. Seguir las recomendaciones del fabricante con respecto al mantenimiento del vehículo</li><li>e. Utilizar el aire acondicionado con las ventanas abiertas</li><li>f. Realizar a la semana varios viajes cortos</li></ul>
<p>2. ¿En qué ocasiones utiliza el aire acondicionado del vehículo?</p> <p>_____</p>	
Bloque II: Desechos	
<p>1. Cuando deposita sus residuos en los recipientes destinados para reciclaje, ¿siempre sabe dónde colocarlos?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Siempre</li><li>b. Casi siempre</li><li>c. A veces</li><li>d. Poco</li><li>e. Nunca</li></ul>	



### Anexo 3. Elaboración del Manual de Carbono Neutral

En Eaton poseen un Sistema de Gestión para ISO 14001, por lo cual se debe integrar el Sistema de Gestión de Carbono Neutral a este. Para ello, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos especificados en el formato del manual ISO 14001:

- Alcance y propósito del Sistema
- Definiciones y abreviaciones
- Responsables
- Referencia a los procedimientos relacionados
- Descripción de la interacción entre los procesos del Sistema

Tanto el nuevo manual como los procedimientos de ISO 14000 deben ser modificados con el fin de cumplir con los aspectos mencionados, de forma tal que el Sistema Carbono Neutral forme parte del Sistema de Gestión Ambiental y no sean dos Sistemas separados.

Por otra parte, el manual de Carbono Neutral debe cumplir con los siguientes requisitos especificados en la norma ISO 14064-1:

- Especificación de los límites de la organización: la organización puede estar compuesta por una o más instalaciones. Las emisiones deben ser identificadas a nivel de instalación según uno de los siguientes enfoques:
  - ⊖ Control: la organización considera todas las emisiones y/o remociones de GEI cuantificadas en las instalaciones, sobre las cuales tiene control operacional o financiero.
  - ⊖ Cuota de participación correspondiente: la organización responde de su parte de las emisiones y/o remociones de GEI de las respectivas instalaciones.
- Documentación de los límites operativos: el establecimiento de los límites operativos incluye la identificación de las emisiones y remociones de GEI asociadas a las operaciones de la organización.
- Documentación de las emisiones directas e indirectas y remociones: La documentación debe estar compuesta por la clasificación de las fuentes en directas e

indirectas y remociones de GEI, así como por alguna otra clasificación específica de la empresa.

- Documentación del proceso para la cuantificación de emisiones de GEI: como parte de la documentación se debe tener acceso al criterio utilizado para la selección de la metodología, así como cualquier cambio realizado en la misma.

Los factores de emisión utilizados también deben ser documentados junto con los datos de las actividades relacionadas; así como el cálculo de las emisiones y remociones de GEI. En caso de que se deba excluir de la cuantificación alguna fuente o sumidero, su debida explicación debe ser documentada.

- Documentación de las actividades y proyectos de reducción: una vez determinada la huella de carbono la organización puede planificar e implementar acciones dirigidas a reducir o evitar las emisiones de GEI o incrementar las remociones.

Las diferencias de emisiones o remociones de GEI atribuibles a las actividades o proyectos deben ser documentadas por separado por la empresa.

- Establecer procedimientos para la gestión de información: los procedimientos deben asegurar el cumplimiento de los principios de la norma y la coherencia del inventario, a su vez deben cerciorar revisiones rutinarias y permitir la identificación de errores.

Según el reglamento de Eaton se debe utilizar el archivo “Formato de Documentos” para la elaboración de procedimientos e instrucciones de Sistemas de Gestión. Al terminar de preparar el borrador del documento, el mismo debe ser entregado en versión electrónica al encargado de documentación para la revisión.

Una vez realizadas las correcciones, el encargado debe proceder a la asignación de un código, preparación y distribución de la versión final para su aprobación según se indica en la Instrucción “Manejo integrado de documentos” de la compañía.

Tal y como se indica en “Formato de Documentos”, el manual, procedimiento e instrucción debe poseer una estructura específica, como se muestra en el Cuadro 7.

**Cuadro 7.** Estructura para manuales, procedimientos e instrucciones de Eaton Electrical S.A.

<b>Tipo</b>	<b>Contenido</b>
Manual	<ul style="list-style-type: none"><li>• Norma</li><li>• Referencia</li><li>• Contenido</li></ul>
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"><li>• Propósito</li><li>• Alcance</li><li>• Definiciones y/o Abreviaciones</li><li>• Responsabilidades</li><li>• Contenido</li><li>• Registros y documentos de referencia</li><li>• Anexos</li><li>• Bitácora de cambios</li></ul>
Instrucción	<ul style="list-style-type: none"><li>• Título</li><li>• Propósito</li><li>• Pasos a seguir</li><li>• Bitácora de cambios</li></ul>

Todos los aspectos mencionados serán tomados en cuenta para la elaboración del Manual del Sistema de Gestión Carbono Neutralidad.

## Anexo 4. Muestra de plantillas para el cálculo de CO<sub>2</sub>e

Se realizaron 7 plantillas para facilitar el cálculo del inventario de GEI de la empresa. Con el fin de utilizarlas correctamente se creó un código de colores que permitiera a los usuarios reconocer de forma sencilla las casillas que deben ser rellenas y las de respuesta:

 Las casillas blancas corresponden a las áreas que deben ser rellenas por los usuarios.

 Las casillas verde oliva muestran los resultados parciales después de la introducción de los datos de las casillas blancas.

 En las casillas verdes se mostrarán las sumas de los resultados parciales.

 Las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente serán mostradas en las casillas color morado claro.

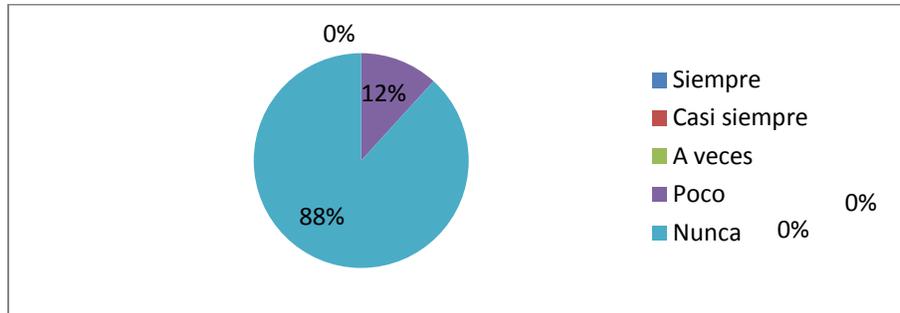
 La suma anual de las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente se presenta en las casillas moradas.

Año	Mes	Consumo (l)	kg CO <sub>2</sub>	g CH <sub>4</sub>	g N <sub>2</sub> O	ton CO <sub>2</sub> e
2011 (base)	Enero	16843.02606	27117.27196	430.1708856	43.01708856	27.13964085
	Febrero	15474.99154	24914.73638	395.2312839	39.52312839	24.9352884
	Marzo	15033.23828	24203.51362	383.9489055	38.39489055	24.22347897
	Abril	10921.94249	17584.3274	278.9464111	27.89464111	17.59883262
	Mayo	13164.77718	21195.29125	336.228409	33.6228409	21.21277513
	Junio	15054.81491	24238.25201	384.4999729	38.44999729	24.25824601
	Julio	18832.24063	30319.90741	480.9754256	48.09754256	30.34491813
	Agosto	11318.27125	18222.41671	289.0686477	28.90686477	18.23744828
	Septiembre	8384.605625	13499.21506	214.1428277	21.41428277	13.51035048
	Octubre	9524.760575	15334.86453	243.2623851	24.32623851	15.34751417
	Noviembre	0	0	0	0	0
	Diciembre	14596.78454	23500.82311	372.8018771	37.28018771	23.5202088
	Total	149149.4531	240130.6194	3809.277031	380.9277031	240.3287018

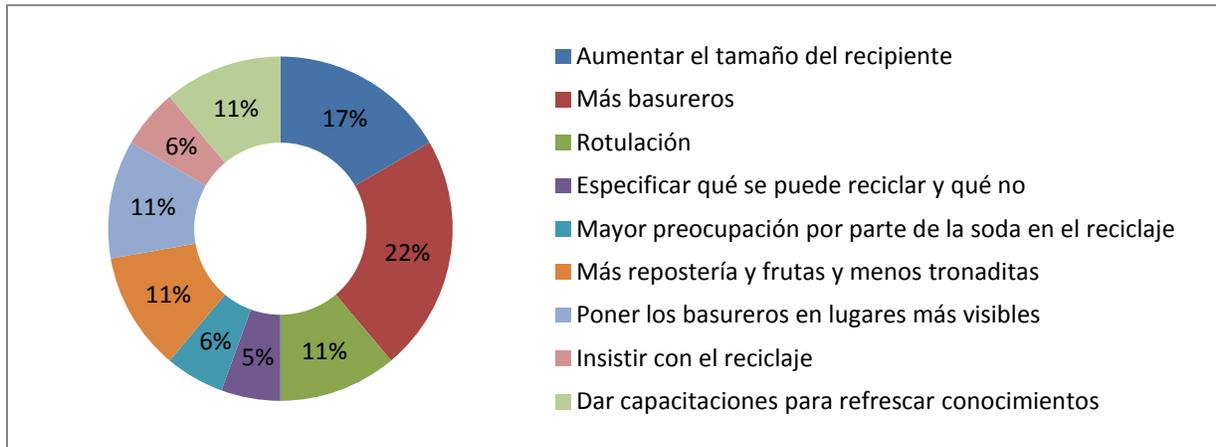
Figura 26. Plantilla para calcular la cantidad de emisiones por consumo de energía.

## Anexo 5. Resultados de las encuestas

### 1. Empleados de producción



**Figura 27.** Porcentaje de la frecuencia con la que los empleados utilizan dos vasos para café a la vez.

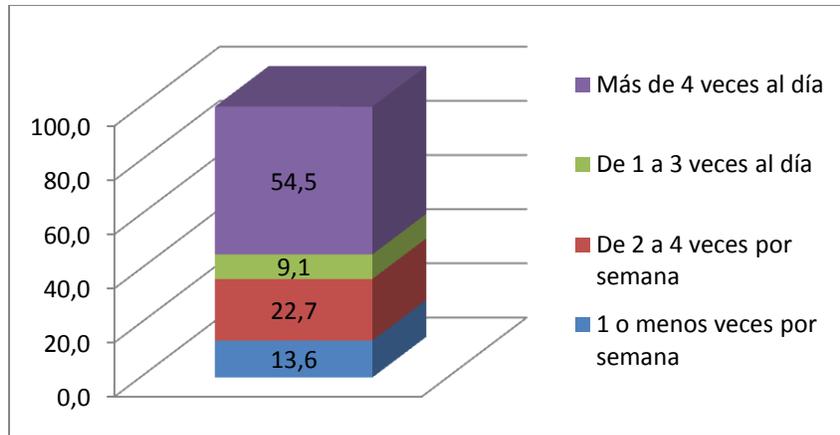


**Figura 28.** Opciones propuestas por el área de producción para disminuir la basura por la nueva soda.

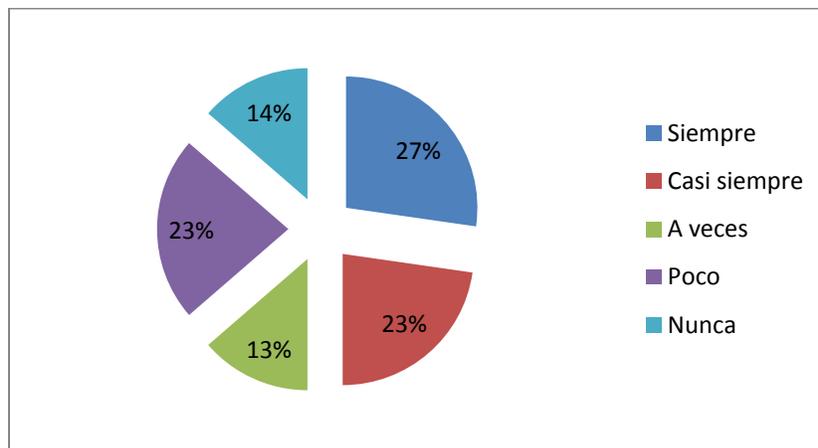
### 2. Empleados administrativos



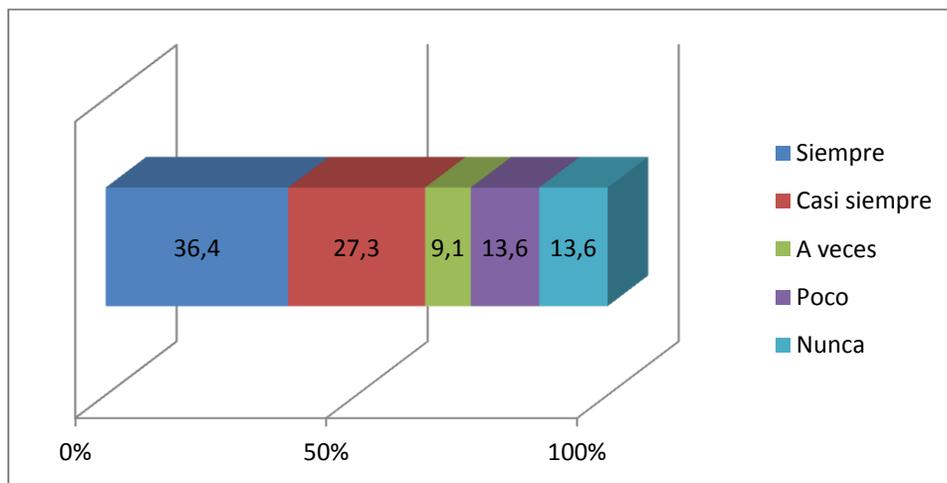
**Figura 29.** Personas que saben si su impresora cuenta con la opción de imprimir por ambos lados.



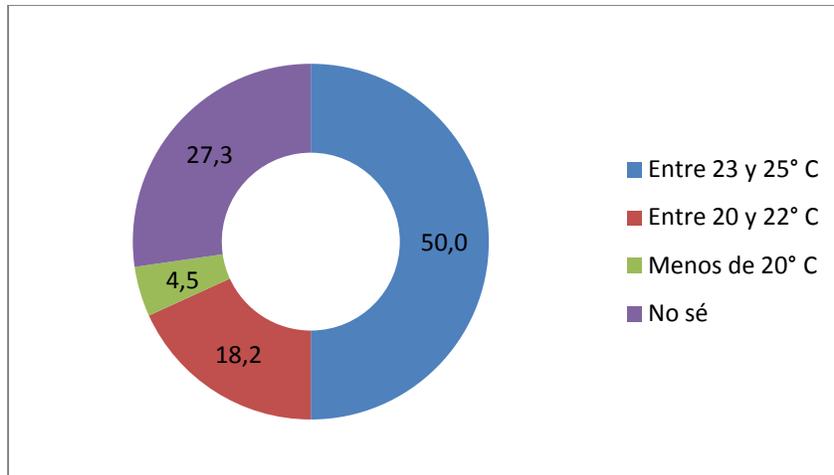
**Figura 30.** Porcentaje de utilización de la impresora.



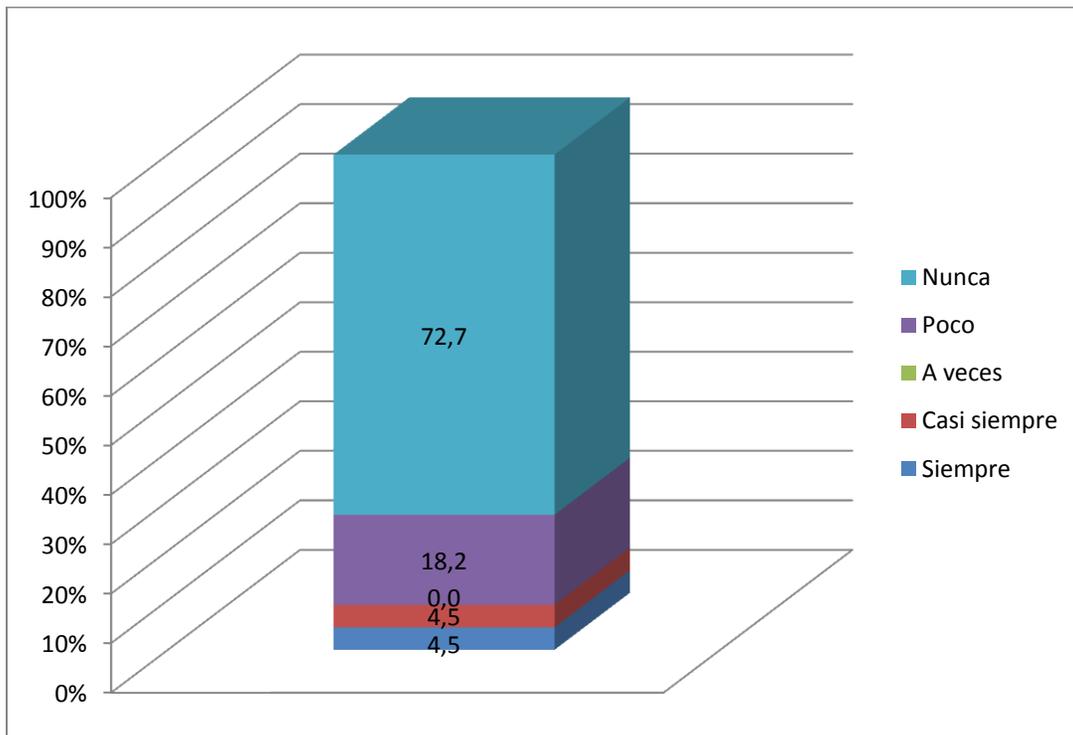
**Figura 31.** Porcentaje de personas que apagan el monitor de la computadora en períodos largos donde no la utilizan.



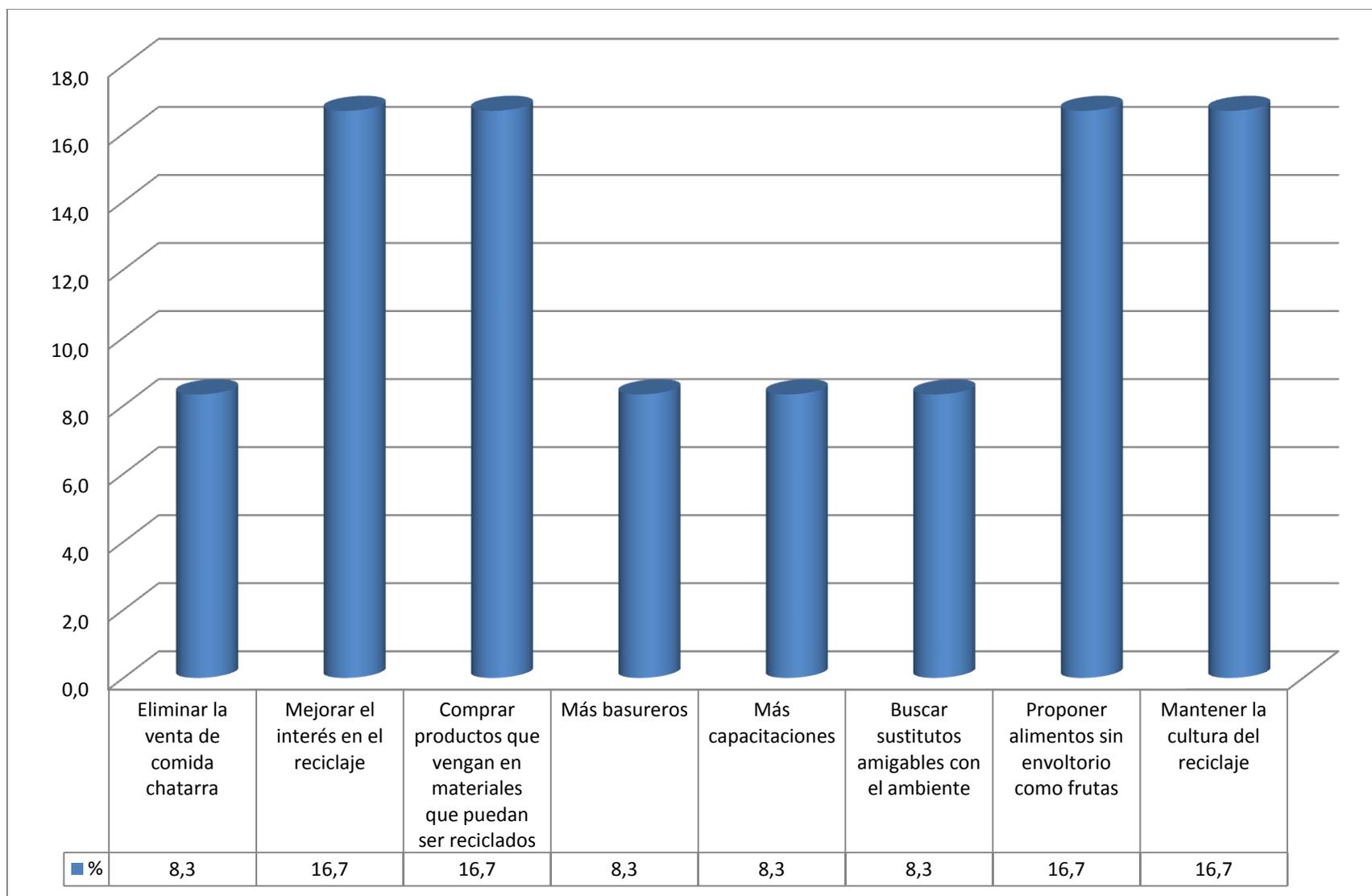
**Figura 32.** Porcentaje de empleados que cierran puertas y ventanas cuando utilizan el aire acondicionado.



**Figura 33.** Temperatura a la que frecuentemente los empleados utilizan el aire acondicionado.

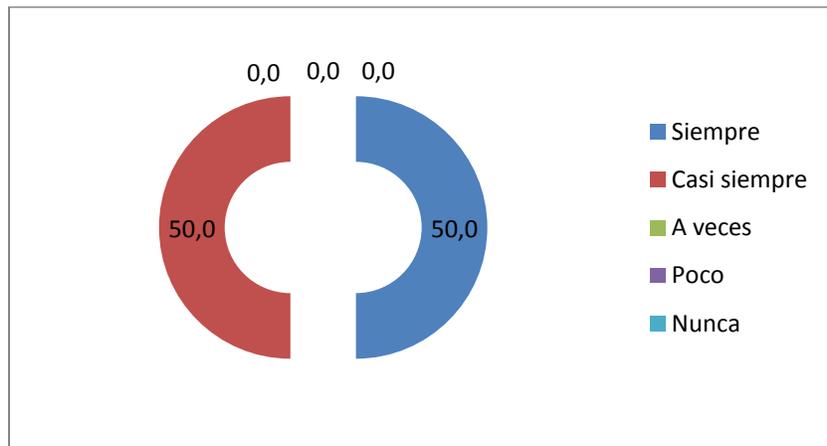


**Figura 34.** Frecuencia con la cual los empleados de Eaton dejan las luces o la computadora encendidas después de finalizada la jornada laboral.

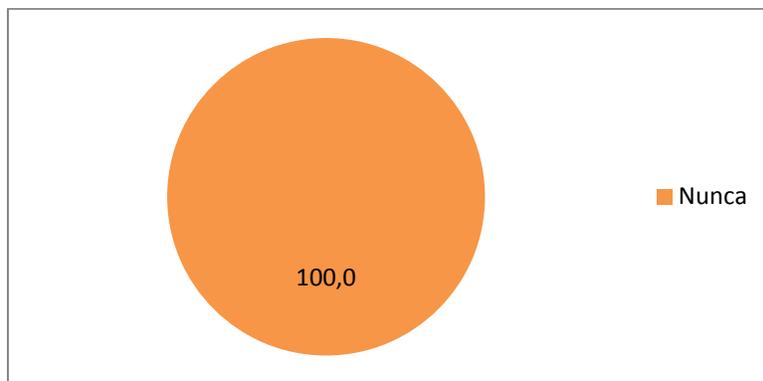


**Figura 35.** Opciones propuestas por los empleados administrativos para disminuir la basura provocada por la nueva soda.

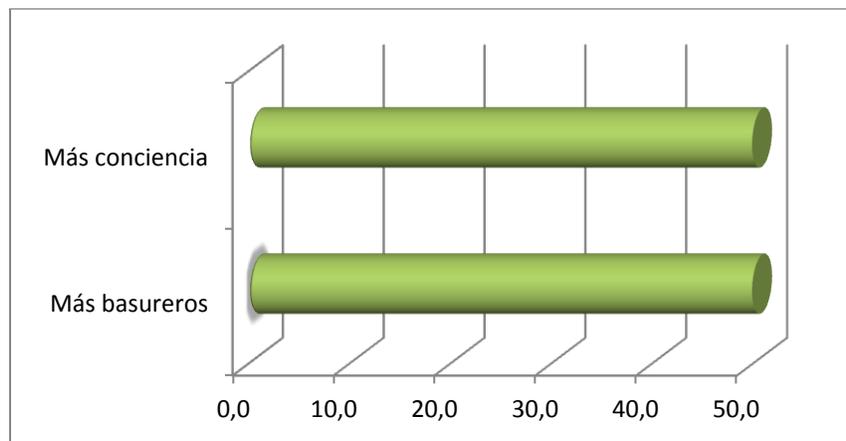
### 3. Conductores



**Figura 36.** Frecuencia con la cual los conductores revisan el aceite, el agua y la presión de las llantas.



**Figura 37.** Utilización del aire acondicionado por parte de los conductores.



**Figura 38.** Opciones propuestas por los conductores para disminuir la basura provocada por la nueva soda.

## Anexo 6. Manual para Carbono Neutral

### Procedimiento: Carbono Neutral

#### **PROPÓSITO:**

Establecer la metodología para la identificación de los aspectos e impactos ambientales asociados a la generación de Gases de Efecto Invernadero, que Eaton Electrical S.A., así como establecer la metodología para la actualización de esta información.

#### **ALCANCE:**

Los límites de la organización estarán dados por el enfoque control operativo de la norma ISO 14064-1; es decir, el alcance del sistema serán las emisiones por desechos, aguas residuales, refrigerantes, uso de combustibles, viajes al exterior, transporte (excluyendo a los suplidores y subcontrataciones), consumo de electricidad y papel dentro de Eaton Electrical S.A.

#### **DEFINICIONES Y ABREVIACIONES:**

- **ACCIÓN DIRIGIDA:** actividad o iniciativa específica no organizada como un proyecto GEI, implementada por una organización para reducir o prevenir las emisiones directas o indirectas de GEI, o aumentar las remociones.
- **AÑO BASE:** periodo para el cual fueron calculadas por primera vez las emisiones de GEI, en la empresa corresponde al 2011.
- **C-NEUTRALIDAD:** Se logra cuando a través de un proceso transparente de medición de las emisiones (e), el resultado del cálculo neto de las emisiones menos las reducciones y/o remociones internas (r), menos la compensación (c) es igual a cero. Expresada como:
- **COMPENSACIÓN DE EMISIONES:** mecanismos para disminuir a cero aquellas emisiones que no se lograron reducir.
- **DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE:** Unidad para comparar la fuerza de radiación de un GEI con el dióxido de carbono.
- **EMISIÓN DIRECTA DE GASES DE EFECTO INVERNADERO:** emisiones de GEI provenientes de fuentes controladas o pertenecientes a la empresa.

- **EMISIONES INDIRECTAS DE GEI:** son las emisiones de GEI generadas a partir de las actividades de la empresa, pero que su fuente no pertenece o no es controlada por Eaton Electrical S.A.
- **EQUIVALENTE DE DIÓXIDO DE CARBONO:** unidad para comparar la fuerza de radiación de un GEI con el dióxido de carbono.

$$e-r-c=0$$

- **FACTOR DE EMISIÓN O REMOCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO:** Factor que relaciona los datos de la actividad con las emisiones o remociones de GEI.
- **FUENTE DE GASES DE EFECTO INVERNADERO:** unidad o proceso físico que libera GEI a la atmósfera.
- **FUGAS:** cuando un proyecto cambia la cantidad o disponibilidad de un bien o servicio, que a su vez genera alteraciones en las emisiones de GEI en otros sectores o actividades económicas.
- **GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI):** se refiere a los gases que absorben y emiten radiación a longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes.
- **INSTALACIÓN:** instalación única, conjunto de instalaciones o procesos de producción (estáticos o móviles), que se pueden definir dentro de un límite geográfico, una unidad de la organización o un proceso de producción.
- **INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO:** fuentes, sumideros, emisiones y remociones de GEI de la organización.
- **ORGANIZACIÓN:** se considerará en este procedimiento el término organización como la empresa costarricense Eaton Electrical S.A.
- **PERMANENCIA:** tiempo que permanece el carbono fijado.
- **POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (PCG):** es el que define el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce hoy una liberación instantánea de 1kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO<sub>2</sub>. De esta forma, se pueden tener en cuenta los efectos radiactivos de cada gas, así como sus diferentes periodos de permanencia en la atmósfera.

- **PROYECTO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO:** actividad o actividades que alteran las condiciones identificadas en el año base, que provocan la reducción de las emisiones de GEI o el aumento de las remociones.
- **REMOCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO:** masa total de un GEI removido de la atmósfera en un determinado periodo.
- **SUMIDEROS DE GEI:** unidad o proceso físico/ químico que remueve gases de efecto invernadero de la atmósfera.

#### **RESPONSABILIDADES:**

- El Representante de la Gerencia tiene como responsabilidad realizar el procedimiento descrito para la certificación de Eaton Electrical S.A. como Carbono Neutral de conformidad con este procedimiento y con el PGG-05 Identificación y actualización de aspectos ambientales.
- El Representante de la Gerencia debe nombrar un encargado para la actualización del inventario anual de la organización.
- Es responsabilidad del encargado mantener actualizadas las matrices para el cálculo de GEI descritas en la Instrucción Cuantificación de emisiones y remociones de GEI.

#### **PROCESO PARA LA CERTIFICACIÓN DE CARBONO NEUTRAL:**

El proceso incluye los siguientes pasos:

- Límites de la organización
- Límites operativos
- Cuantificación de emisiones y remociones de GEI
- Propuesta de actividades de disminución y compensación
- Publicación de los resultados a gerencia
- Preparación de informes para verificación

### Límites de la organización:

La organización está delimitada en las instalaciones de Eaton Electrical S.A. Adicional al Inventario de Aspectos Ambientales existente, la organización contabiliza las emisiones o remociones de GEI provenientes de las operaciones sobre las cuales tiene control operativo.

Debido a lo anterior se excluyen las emisiones generadas por los suplidores y subcontratistas.

### Límites operativos:

Establecimiento límites operativos: los límites operativos de la organización se presentan en el siguiente cuadro:

**Cuadro 8. Límites operativos de Eaton Electrical S.A.**

<b>Tipo</b>	<b>Fuente</b>
Emisiones directas	Consumo de LPG
	Consumo de diesel
	Consumo de papel
	Emisiones por transporte
	Emisiones por refrigerantes
	Emisiones por aguas residuales
Emisiones indirectas	Consumo eléctrico
	Emisiones por viajes aéreos
	Emisiones por desechos sólidos

Eaton debe documentar cualquier cambio en los límites operativos.

Emisiones directas e indirectas y remociones: se deben cuantificar todas las emisiones directas e indirectas, así todas las remociones de las instalaciones dentro de los límites de la organización.

### Cuantificación de emisiones y remociones de GEI:

La organización ha cuantificado en la Instrucción “Cuantificación y remociones de GEI”, las emisiones y remociones de GEI completando las siguientes fases:

- a) Identificación de fuentes y sumideros de GEI
- b) Selección del año base

- c) Selección de la metodología de cuantificación
- d) Selección y recopilación de datos de la actividad
- e) Selección de los factores de emisión de GEI
- f) Cálculo de las emisiones y remociones de GEI

Propuesta de actividades de disminución y compensación:

Acciones dirigidas: la organización establece al definir sus objetivos y metas ambientales las acciones para reducir o evitar las emisiones de GEI así como para incrementar las remociones, las cuales deben ser cuantificadas y documentadas. Estas acciones se pueden reflejar en el inventario de GEI y en diferencias de emisiones o remociones de GEI fuera de los límites operativos.

En caso de que estas se deseen comunicar, se deben informar por separado las acciones dirigidas y las diferencias de emisiones o remociones de GEI asociadas, y se debe describir:

- Acción dirigida
- Límites espaciales y temporales de la acción dirigida
- Enfoque empleado para la cuantificación de las diferencias de emisiones o remociones de GEI
- Determinación y clasificación de las diferencias de emisiones o remociones de GEI

Proyectos de reducción de emisiones o de aumento de remociones de GEI: la organización puede comprar o desarrollar proyectos de GEI calculados utilizando metodologías de cuantificación de la norma ISO 14064-2. Estos deben ser enlistados y documentados por separado.

Publicación de los resultados a gerencia:

Cuando se realicen las actividades ordinarias de Revisión por la Gerencia, según se establece en la sección 4.6 del Manual del Sistema de Administración de Ambiente, Salud y Seguridad, o extraordinariamente, se debe preparar un informe con el fin de presentar los resultados a la gerencia. En este se deben abarcar los siguientes datos:

- Huella de carbono de la empresa

- Avances con respecto al año base (Medidas de reducción y compensación)
- Actividades realizadas
- Retos para el próximo periodo de contabilización

Preparación de informes para verificación:

La organización debe preparar un informe para facilitar el proceso de verificación del inventario de GEI. El informe debe ser completo, transparente, coherente, preciso y pertinente. La organización establece los requisitos de preparación y gestión de la verificación en la presentación “Informe de Verificación” y en la matriz de “Preparación para la verificación de la huella de carbono”.

**CAPACITACIÓN**

Todos los empleados, proveedores y/o contratistas relacionados con las actividades de este procedimiento deben de recibir la capacitación apropiada, según se define y se desarrolla en el procedimiento “Competencia, Formación y Toma de Conciencia” (PRH-07) de capacitación del sistema de MESH

**CUMPLIMIENTO OBLIGATORIO**

Los Gerentes, Jefes y Supervisores de Área, y todos los empleados que no cumplan con este procedimiento de MESH estarán sujetos a las acciones disciplinarias estipuladas en el Manual General de Políticas Laborales y Condiciones de Empleo

**ANEXOS**

**BITÁCORA DE CAMBIOS**

Fecha de Cambio	Cambios		Página
	Anterior		
	Actual		
	Anterior		
	Actual		

## **Instrucción: Cuantificación de emisiones y remociones de GEI**

### **PROPÓSITO:**

El propósito de esta instrucción es cuantificar y documentar las emisiones y remociones de GEI de la empresa con el apoyo de todos los empleados de Eaton Electrical S.A. para mantener un nivel de Neutralidad de la huella de Carbono.

### **ALCANCE:**

Esta instrucción aplica a todas las instalaciones de Eaton Electrical que posean una fuente o sumidero de GEI, tanto directa como indirecta.

### **DEFINICIONES Y ABREVIACIONES:**

- **IMN:** Instituto Meteorológico Nacional, entidad nacional encargada de publicar los factores de emisión de GEI en Costa Rica.
- **IPCC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- **ICAO:** Organización Internacional de Aviación Civil.

### **CUANTIFICACIÓN DE EMISIONES Y REMOCIONES DE GEI:**

#### Identificación de fuentes y sumideros de GEI

Se deben identificar y documentar, por separado, las emisiones directas e indirectas, así como los sumideros. Además, se deben categorizar las fuentes y sumideros según sea apropiado, para esto se establece la matriz “Identificación de fuentes y sumideros de GEI”.

#### Selección del año base

Se seleccionó el 2011 como año base para la cuantificación de los GEI y se mantiene un inventario de emisiones y remociones utilizando datos representativos.

Cambio del año base: la organización debe considerar según lo establecido en el procedimiento PGG-21 de Gestión de cambios, recalculer el inventario si ocurre alguno de los siguientes casos:

- Cambios en los límites operativos

- Propiedad y control de las fuentes o sumideros de GEI transferidos desde o hacia fuera de los límites de la organización
- Cambios en la metodología para la cuantificación de los GEI, que produzcan cambios significativos en las emisiones o remociones de GEI cuantificados

No es necesario recalcular el año base cuando se eliminen o agreguen instalaciones, o cuando existan cambios productivos.

### Metodología de cuantificación

Los cálculos de GEI estarán basados en los datos de cada actividad identificada, los cuales deben ser multiplicados por los factores de emisión o remoción de GEI. Para esto se utilizan las matrices de cálculo de emisiones de GEI.

### Selección y recopilación de datos de la actividad de GEI

La información que se recolecte debe ser coherente con las especificaciones de los factores mostrados en el Cuadro 9. Cualquier cambio en la metodología debe ser documentado.

### Selección de los factores de emisión o remoción de GEI

Según la norma ISO 14064-1 cada factor seleccionado debe cumplir con las siguientes características:

- Origen reconocido
- Apropiado para las fuentes o sumideros encontrados
- Actualizados

Por lo anterior, los factores que se utilizarán para los inventarios de la organización deberán proceder del IMN, de forma que los factores que se utilicen estén calculados según las características del país.

En caso de que la institución no cuente con algún factor específico se debe recurrir a entes internacionales como el IPCC, debido a que es una de las organizaciones con mayor prestigio a nivel mundial en los aspectos sobre el cambio climático.

**Cuadro 9.** Factores de emisión para las actividades encontradas en Eaton Electrical S.A.

Sector	Tipo	Factor		
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Suministro de Energía	Electricidad (año 2011)	0,0824 kg CO <sub>2</sub> /kWh	---	---
	LPG	1,61 kg CO <sub>2</sub> /l combustible	0,02554 g CH <sub>4</sub> /l combustible	0,002554 g N <sub>2</sub> O/l combustible
	Diesel	2,69 kg CO <sub>2</sub> /l combustible	0,1089 g CH <sub>4</sub> /l combustible	0,02178 g N <sub>2</sub> O/l combustible
Desechos	Relleno Sanitario	---	0,0581 kg CH <sub>4</sub> /kg de desechos sólidos	---
Aguas residuales	Domésticas	---	0,876 kg CH <sub>4</sub> /persona/año	---
	Industriales	---	0,025 kg CH <sub>4</sub> /kg DQO	---
Transporte	Gasolina Con catalizador	2,26 kg CO <sub>2</sub> /l combustible	0,8162 g CH <sub>4</sub> /l combustible	0,2612 g N <sub>2</sub> O/l combustible
	Diesel Sin catalizador	2,69 kg CO <sub>2</sub> /l combustible	0,1416 g CH <sub>4</sub> /l combustible	0,1416 g N <sub>2</sub> O/l combustible
Consumo papel	---	0,41492 ton CO <sub>2</sub> /ton carbonato	---	---

Fuente: IMN & IPCC

Los viajes aéreos se contabilizarán por medio de la calculadora de la ICAO en la página <http://www2.icao.int/en/carbonoffset/Pages/default.aspx>, debido a que la utilización del factor proporcionado por el IMN puede generar grandes incertidumbres por la cantidad de suposiciones que se deben hacer.

#### Cálculo de emisiones y remociones de GEI

Para el cálculo de las emisiones y remociones se deben multiplicar los factores Cuadro 9 por la información adquirida de cada actividad. Para ello se cuenta con 7 plantillas de Excel, las cuales poseen el siguiente código de colores:



Las casillas blancas corresponderán a las áreas que deben ser rellenas por los usuarios.



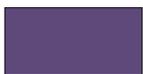
Las casillas verde oliva serán los resultados parciales después de la introducción de los datos de las casillas blancas.



En las casillas verdes se mostrarán las sumas de los resultados parciales.



Las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente serán mostradas en las casillas color morado claro.



La suma anual de las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente se presenta en las casillas moradas.

### **CUMPLIMIENTO OBLIGATORIO**

Los Gerentes, Jefes y Supervisores de Área, y todos los empleados que no cumplan con este procedimiento de MESH estarán sujetos a las acciones disciplinarias estipuladas en el Manual General de Políticas Laborales y Condiciones de Empleo.

### **ANEXOS**

#### **BITÁCORA DE CAMBIOS**

<b>Fecha de Cambio</b>	<b>Cambios</b>		<b>Página</b>
	Anterior		
	Actual		
	Anterior		
	Actual		