

**ESTUDIO DE CASO: “MEDICIÓN HUELLAS DE CARBONO EN ACTIVIDADES DE LAVADO DE TANQUES PARA EL ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.”**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN PLANAECIÓN AMBIENTAL Y MANEJO INTEGRAL DE RECURSOS NATURALES.**

**MARIO ALFONSO SÁNCHEZ MEJÍA**



**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

Bogotá, Mayo de 2016

# **ESTUDIO DE CASO: MEDICIÓN HUELLAS DE CARBONO EN ACTIVIDADES DE LAVADO DE TANQUES PARA EL ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.**

## **EASURING CARBON FOOTPRINTS LAUNDERING ACTIVITIES STORAGE TANKS FOR DRINKING WATER IN THE CITY OF BOGOTA D.C.**

Mario Alfonso, Sánchez Mejía  
Ingeniero Civil, Gerente, Hidroductos Ltda., Colombia – Bogotá D.C.,  
sanchezmario8@gmail.com

### **RESUMEN**

El presente artículo tiene como objetivo identificar las principales fuentes de gases de efecto invernadero (GEI), emitidos en el lavado de tanques de almacenamiento para agua potable de gran capacidad en la ciudad de Bogotá. Para estimar los gases, se utiliza los lineamientos propuestos en la Norma internacional GHG Protocol, que es un Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Por otra parte, se mencionaran los recursos como combustibles fósiles y energía eléctrica utilizados en la actividad, a los cuales se le aplica factores de emisión para dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Con lo anterior, se permite establecer la importancia para una empresa, que realiza el seguimiento del indicador Huella de Carbono, primordialmente porque contribuye a entender la dinámica de los GEI, estableciendo las cargas volátiles nocivas enviadas a la atmósfera y al mismo tiempo establecer responsabilidades en el personal operativo y administrativo de la empresa, para implementar acciones orientadas a la disminución de manifestaciones contaminantes, fomentando el uso responsable y eficiente de las diferentes energías que son fuentes generadoras.

**Palabras clave:** Efecto Invernadero, Cambio climático, Dióxido de carbono, Gas invernadero.

### **ABSTRACT**

This article aims to identify the main sources of greenhouse gases (GHG) emitted in the washing storage tanks for potable water large capacity in the city of Bogota. To estimate the gases, the proposed guidelines in the International Standard GHG Protocol, which is a Corporate Accounting and Reporting Standard is used. Moreover, resources such as fossil fuels and electricity used in the activity, which is applied emission factors for carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) were mentioned. With the above, it is allowed to establish the importance for a company that tracks the footprint indicator of carbon, primarily because it helps to understand the dynamics of GHGs, establishing harmful volatile loads sent to the atmosphere and at the same time establish responsibilities operating and administrative staff of the company, to implement actions aimed at

reducing pollutants manifestations, promoting responsible and efficient of the different energy sources that are generating use.

**Keywords:** Greenhouse, Climate Change, Carbon Dioxide, Greenhouse Gas.

## INTRODUCCIÓN

Durante de miles de años y específicamente para la época de Revolución Industrial, los niveles de CO<sub>2</sub>eq en la atmósfera oscilaron alrededor de 280 ppm; actualmente dichos niveles asciende a 380 ppm, denotando un incremento mayor al 35%, es decir, en sólo doscientos años se ha alterado un equilibrio que se mantuvo estable durante milenios. Continuando con esta tendencia, se prevé que para finales del siglo XXI la concentración de CO<sub>2</sub>eq, en la atmósfera aumentará a 600 ppm, lo cual se vería representado en un incremento de la temperatura global entre un 3°C a 6°C, produciendo el fenómeno conocido como Cambio Climático o Calentamiento Global [2].

El cambio climático, provocado por la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y en especial del CO<sub>2</sub>, es una preocupación mundial y se ha demostrado que la mayor parte del calentamiento global es causado por las actividades humanas. Es decir, que hace parte de todas las acciones que se realizan en la vida diaria como movilidad, alimentación, transporte entre muchas otras; lo cual implica gastar energía y esto a su vez contribuye a la exposición de gases contaminantes.

En otras palabras, toda la influencia del ser humana en el planeta se ve reflejada por "gases de efecto invernadero" los cuales se entiende en aquellos componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropógenos, que absorben y reemiten radiación infrarrojo [20]. Reconociendo que los cambios del clima de la Tierra y sus efectos adversos son una preocupación común de toda la humanidad.

Con frecuencia, en el lavado de tanques, se requiere el uso de los equipos de combustión interna que utilizan carburantes fósiles, como gasolina o Diésel y los equipos eléctricos como reflectores para iluminación, electrobombas para evacuación de aguas residuales, que generan gases contaminantes en forma de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O; pero cuando se logra identificar las fuentes permitirá definir objetivos, estrategias de reducción más efectivas y ahorros de costos de operación; debido al mejor conocimiento de los puntos críticos para la reducción de emisiones.

En este sentido, implementar herramientas de cuantificación de la contaminación y encontrar métodos para reducir, mitigar los efectos dañinos de estos gases sobre el medioambiente, por lo que constituye no solo una necesidad mundial, sino regional y local; siendo una prioridad a largo, mediano y corto plazo. Aunque, los GEI son un problema actual que de no enfrentarse decididamente será devastador, existen alternativas que van permitir poco a poco generar cambios para el bienestar del ser humano y del planeta.

Hoy día, las empresas industriales deben realizar una medición y un inventario de los GEI, generados en sus productos y procesos; aunque son muy pocas las que aplican o conocen la información adecuada en cuanto a las metodologías reconocidas mundialmente para hallar dichas emisiones, que sirven de base para tomar acciones al respecto, como son: UNE-ISO 14064-1, GHG Protocol se desarrolla en 2006 la norma ISO 14064 que se estructura en 3 partes, UNE-ISO 14065: 2012, UNE-ISO 14069: 2013, IPCC 2006 GHG Workbook, Bilan Carbone (Francia) [18].

Por tanto, la contaminación por GEI, es uno de los principales problemas ambientales que en hoy día causan mayor preocupación en muchas organizaciones, tanto públicas como privadas por los efectos adversos a la salud humana y a los ecosistemas. Se teme que los efectos generados por la alta polución, el calentamiento global, la desaparición de hábitats enteros y la extinción de especies producidos por dichos gases, está llegando a ser profundamente negativos, incluso catastróficos, no solo en países con buena oferta ambiental, sino también en regiones vulnerables específicas.

Por lo anterior, y para fortalecer la capacidad técnica en las empresas, para poder comprender la estrecha relación entre la emisión de GEI y sus actividades productivas, se han desarrollado guías para la medición de huella de carbono corporativa, que además de contener los conceptos claves, desarrolla una metodología de implementación para el empresario con base en las iniciativas existentes en huella de carbono.

Hoy día, las variaciones en la composición del aire es un hecho que normalmente se produce por efectos naturales o antrópicos y por consiguiente las emisiones en los últimos años generadas por las compañías industriales no son precavidas con la reducción o la mitigación, ya que llegan a generar a través de sus sistemas de producción implementados puntos críticos en la contaminación ambiental generada al expulsar sustancias que implican riesgo de daño para la vida animal, humana y vegetal.

Establecer la huella de carbono (HC), en las actividades de lavado de tanques para el almacenamiento de agua potable, resulta de importancia para cualquier empresa dedicada a esta labor, sobre todo, si está se basa en el cumplimiento de los objetivos mundiales establecidos en el Protocolo de Kioto, para tomar acciones de mejora en la reducción de GEI, buscando así, establecer directrices en entorno de competencia entre y el buen desempeño en la responsabilidad social empresarial, como un compromiso e incorporar de manera integral en su gestión productiva.

Al medir, la huella de carbono (HC) generada en las actividades de lavado de tanques, se tiene en cuenta sus procesos de transporte de materias primas, de residuos, de personal, permitiendo a cualquier organización identificar, evaluar y seleccionar las acciones necesarias para contribuir a la mitigación del cambio climático.

Así, el siguiente artículo, analiza el consumo de energía eléctrica, los combustibles fósiles empleados en la actividad, el uso de maquinaria, equipo y con el apoyo del personal quienes hacen parte fundamental en la valoración de emisiones; permiten

diagnosticar la herramientas para el cálculo de la HC, a partir de la cuantificación por medios de los estándares internacionales; al finalizar se encontraran aspectos relacionados con la información en cuanto a la toma de decisiones para lograr la mitigación y reducción de GEI, originados en cada uno de los procesos que se desarrollan al realizar la actividad de lavado de tanques.

## **1. MATERIALES Y MÉTODOS**

Para la determinación de huella de carbono en la ejecución de lavado de tanques, se partirá de la evaluación de los procesos desarrollados en una empresa dedicada a esta labor, conociendo inicialmente el desarrollo de su actividad, reconociendo aspectos relacionados con el transporte de su personal, maquinaria, equipos y residuos, al igual que las operaciones realizadas por la misma.

En segundo lugar, se realizará la caracterización de los procesos asociados a los GEI, de la empresa dedicada a al lavado de tanques, considerando las emisiones en un periodo determinado de acuerdo a la metodología internacional seleccionada, generando un inventario de las mismas, implementando los estándares establecidos en GHG Protocol e ISO 14064-1, siguiendo la Norma Protocolo de Gases Efecto Invernadero (GHG PI), ISO 14000 [10].

Posteriormente, y con base en los lineamientos establecidos de la norma internacional, se implementa la Huella de Carbono en una muestra aleatoria de tanques y se presentaran las estrategias ambientales enmarcadas en líneas de acción por parte de los directivos de la empresa, enfocadas en la mitigación de emisiones.

La Metodología a utilizar para la evaluación de los GEI, establece como primer punto, la Medición del Alcance 1, el cual determina los gases que ocurren de fuentes propias o están controladas por la empresa, por ejemplo, las emisiones derivadas de máquinas de combustión interna como vehículos, equipos estacionarios como son: Hidrolavadoras y generadores de energía eléctrica.

A continuación, para medir el Alcance 2, que contempla las emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad; se evalúan las que consumen los elementos como electro-bombas para evacuación de aguas de lavado y luces halógenas para iluminación. Estas exposiciones contaminantes del alcance 2, ocurren físicamente en el sitio en el cual se genera la electricidad o se operan los equipos eléctricos.

Después, se hace la medición Alcance 3, que permite incluir el resto de las emisiones indirectas y que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por ella. Algunos ejemplos de movimientos del alcance 3, son la extracción y producción de materiales adquiridos como agua para lavado, la cual es suministrada por medio de carrotanques.

En lo que respecta a los factores de emisión, por parte de la electricidad, se debe conocer el amperaje, consumo en wattios y voltaje de los equipos, ya que esto implica obtener los contaminantes. En cuanto a los combustibles fósiles, se obtiene considerando el factor señalado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC 2006 [17].

Al mismo tiempo, en el transporte de productos, personal y residuos, se utiliza los factores señalados en tablas de emisiones para vehículos, así como también la referencia de metro, buses articulados de ciudad, buses interurbanos señalados en la Guidelines to Defra's GHG Conversion Factors: Methodology Paper for Transport Emission Factors 2008 [11].

Luego de medir los GEI, se recomienda una limitación y reducción de los mismos, mediante la implantación de tecnologías menos contaminantes o estrategias de reducción, donde los tres principales gases o familias contempladas son: el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el metano ( $\text{CH}_4$ ). Los gases clorofluorocarbonos (CFCs), no se presentan en esta actividad, puesto que no se usan propulsores de aerosoles, refrigerantes o espumas.

Por último, se comunicará los resultados obtenidos en la medición de los gases GEI, tanto al contratante como a los integrantes de la empresa, con el fin de motivar la concientización medioambiental de los clientes y empleados, con el fin de buscar la mejora continua en el desarrollo de este tipo de procesos.

## **1.1. ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA EL CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO (HC).**

Antes de realizar la multiplicación de los datos de la actividad por el factor de emisión, se establece algunas decisiones que enmarcan el procesamiento de datos de los GEI. Estas se resumen en los siguientes puntos: Establecimientos de los límites de la organización encargada de limpieza de tanques, periodo en el que se establece la HC, recopilación de datos en el periodo para el cómputo. Así, con los pasos anteriores, el cálculo es inmediato y se obtiene multiplicando el tipo de energía por el correspondiente factor de emisión.

### **1.1.1. Límites de la organización y los límites operativos.**

La recolección de la información, está enmarcada en el lavado de los 56 tanques de gran volumen propiedad del cliente en la ciudad de Bogotá, pero para esta actividad, tomamos la muestra representativa de 8 depósitos; donde se recolecta la información para la contabilidad de gases; distinguiendo entre emisiones directas e indirectas. En la figura 1. Se muestra las principales fuentes de GEI, en cualquier actividad industrial.

De igual manera, en cuanto al enfoque de control, la empresa contabiliza el 100% de sus GEI atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce el control [15]. Por otra parte, se tiene en cuenta las emisiones provenientes de operaciones que no es propietaria, como el transporte de agua en carrotanques para el lavado.

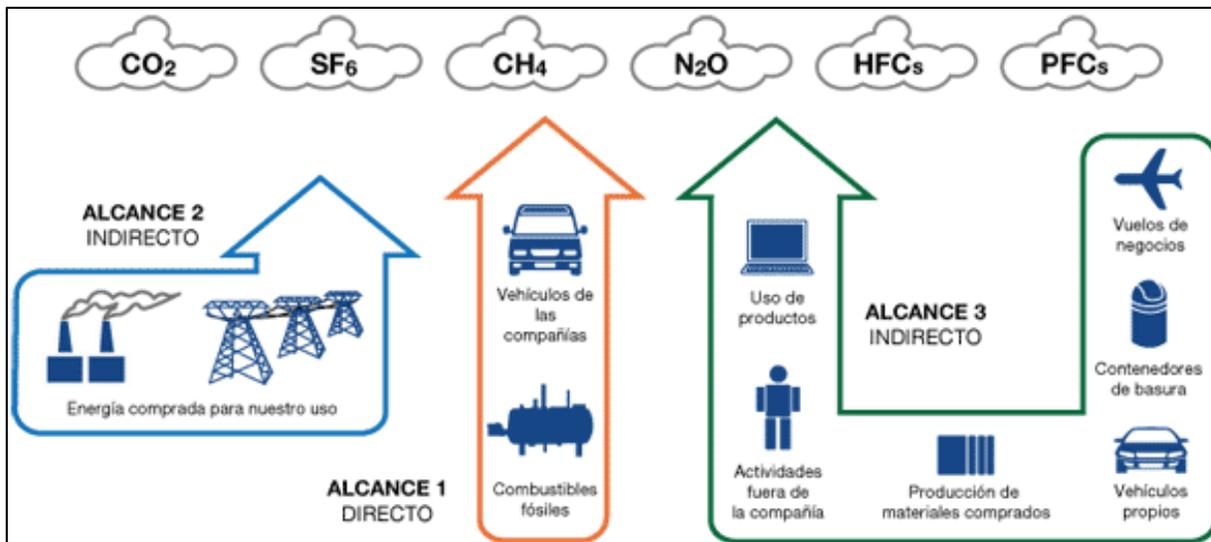


Figura 1: Esquema de los elementos que componen cada alcance.  
Fuente: <http://www.tutransformas.com/hc.asp>.

### 1.1.2. El período para el cálculo de la huella de carbono.

El período tomado para el cálculo de la huella de carbono, se establece entre febrero de 2015 a febrero de 2016, de acuerdo a la programación entregada por el cliente en su momento. Teniendo en cuenta que los tanques objeto de estudio son de gran capacidad volumétrica, se evalúa el total de GEI, generados en la ciudad de Bogotá en un lapso de 12 meses.

### 1.1.3. Datos de actividad de las operaciones de lavado de tanques.

Las actividades de limpieza, desinfección de los tanques para agua potable en la ciudad de Bogotá, deben garantizar el almacenamiento del líquido en buenas condiciones asépticas, siempre que se realicen en forma periódica, tal como lo estipula la Resolución 2190 de 1991, emitida por la Secretaría Distrital de Salud, la cual establece que debe realizarse el lavado de tanques de manera habitual, mínimo cada seis (6) meses.

Vemos entonces, en la tabla 1, el resumen de las operaciones y emisiones generadas durante la actividad en cada una de sus etapas, según su alcance.

Tabla 1. Etapas para el lavado y su alcance.

Etapa		Actividad proceso	Emisión	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>Etapa 1. Preliminares</b>	<b>Transporte de materiales y personal</b>	Transporte en carrotanques de agua			*
	Transporte de materiales como agua, personal para el lavado, transporte de equipos.		Transporte de personal de la oficina al tanque	*		
	<b>Etapa 2: Alistamiento para el lavado</b>	<b>Alistamiento</b>	Consumo de combustibles para generación de energía	*		
	Alistamiento e instalación de equipos como mangueras, reflectores, extensiones eléctricas.		Electricidad consumida en la actividad		*	
	<b>Etapa 3: Lavado del tanque</b>		<b>Lavado de pisos, muros, columnas, alimentación de los trabajadores.</b>	Consumo de combustible para la generación de energía	*	
	Alimentación de los trabajadores, Lavado de muros, columnas, pisos y carcamos del tanque.	Electricidad consumida en la actividad			*	
		Aguas residuales del lavado				*
		Transporte de alimentos de restaurantes cercanos al tanque		*		
	<b>Etapa 4: Desinfección</b>	<b>Desinfección</b>	Consumo de combustible para la generación de energía	*		
			Electricidad consumida en la actividad de desinfección.		*	
	<b>Etapa 5: Desmonte de equipos</b>	<b>Retiro de equipos</b>	Electricidad consumida en la actividad de cargue de equipos en horas de la noche.	*		
	Desmontaje y retiro de equipos de lavado y personal.		Consumo de combustibles transporte agua sobrante	*		

Fuente: Elaboración propia, 2016

Una vez, identificados el combustible o energía utilizada, se determina las emisiones que generan cada uno de ellos. En la tabla 2, se resume las actividades y los diferentes GEI producidos.

Tabla 2. GEI por fuente de emisión

Fuente de emisión	Gases Efecto Invernadero		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Transporte Terrestre personal	X	X	X
Transporte de materias primas	X	X	X
Aguas residuales		X	X
Electricidad	X		
Residuos sólidos		X	

Fuente: Elaboración propia, 2016

#### 1.1.4. Factores de consumo de maquinaria y equipos.

Los datos de actividad de todos los niveles consisten en la cantidad y el tipo de energía utilizada. Estos datos a menudo pueden obtenerse de los organismos nacionales de estadísticas energéticas que a su vez los obtienen directamente de las empresas que

consumen combustibles o de las personas encargadas de los equipos de combustión mediante formatos de registros [17].

Concretamente, a la determinación de tasas de exposición en los diferentes procesos de GEI, se usan los resultados de muestreos de fuentes representativas para desarrollar los factores de emisión, los cuales se expresan como unidades de masa de contaminante emitida por unidad de proceso. Especialmente se utilizan tablas de fabricantes de motores y vehículos con fin de constituir los consumos por hora o Km de recorrido. En la tabla 3, se establece los gastos de acuerdo a la potencia de cada equipo o vehículo.

Tabla 3. Consumo de combustible maquinaria y vehículos.

<b>Camión Cisterna (Carrotanques)</b>	<b>Camionetas Hilux</b>	<b>Camión Fotón</b>	<b>Máquinas con motores estacionarios</b>
C= 0.1032 * H.P. nominal.	C= 0.0620 * H.P. nominal.	C= 0.0620 * H.P. nominal.	C= 0.0893 * H.P. nominal.

Fuente: Elaboración propia. Tomada de Especificaciones fabricantes de Vehículos y motores, 2016.

Por otro lado, para los equipos eléctricos de iluminación y electrobombas, se tiene en cuenta el amperaje, voltaje y wattios consumidos en cada unidad de producción, el número de horas en cada jornada de operación. Por ejemplo, los reflectores LED utilizan energía 110 voltios, en tanto que las electrobombas trabajan con 220 voltios. En la tabla 4, se establecen las cargas energéticas para cada equipo.

Tabla 4. Consumo para equipos eléctricos utilizados en el lavado.

<b>ELECTRICIDAD</b>	<b>TIPO DE ENERGÍA UTILIZADO</b>	<b>CONSUMO Kw/h</b>
Reflectores con Luces led	Energía 110/220 volt	0.05
Motobombas sumergibles Electricas 110 voltios 6.85 amp.	Energía 110/220 v.	0.685

Fuente: Catálogos de fabricantes de equipos electromecánicos, 2016.

### 1.1.5. Factores de emisión.

Para la mayoría de las economías, los sistemas de energía se mueven por combustibles fósiles. Durante la combustión el carbono y el hidrógeno se convierten principalmente en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O), que liberan la energía química en forma de calor. En general, se utiliza este calor directamente o con cierta pérdida por conversión para producir energía mecánica, muchas veces para generar electricidad o para el transporte [17].

Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), procedentes de fuentes fijas de combustión son el resultado de la liberación de este gas, presente en los comburentes fósiles. Los gases CO<sub>2</sub>, dependen del contenido de carbono del combustible. En la tabla 5, se establecen las emisiones CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, para Diesel y Gasolina. En el caso de la energía eléctrica, se contempló para el sector de la construcción 0.306 Kg CO<sub>2</sub>/Kw\*h [26].

Tabla 5. Factores de Emisión.

CUADRO 2.4										
FACTORES DE EMISIÓN POR DEFECTO PARA LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA EN LA CATEGORÍA										
COMERCIAL/INSTITUCIONAL (kg de gas de efecto invernadero por TJ sobre una base calórica neta)										
Combustible		CO <sub>2</sub>			CH <sub>4</sub>			N <sub>2</sub> O		
		Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior	Factor de emisión por defecto	Inferior	Superior
Gasolina	Gasolina para motores	69 300	67 500	73 000	10	3	30	0,6	0,2	2
Gas/Diesel Oil		74 100	72 600	74 800	10	3	30	0,6	0,2	2

Fuente: Directrices del IPCC de 2006, para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

Las emisiones de CO<sub>2</sub>, procedente de la quema de combustibles fósiles se expresan en unidades de energía (Kg de gas por TJ), dado que el contenido de carbono propio en estos, siendo por lo general menos variable cuando se expresa en unidades de energía, que al expresarlos en unidades de masa. Para determinar las emisiones GEI, se estableció la siguiente formula.

$$Emisión(Ton CO_2) = Consumo en actividad * Factor de Conversión * Factor de Emisión$$

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el lavado de tanques de agua potable, la medición de la HC, se efectúa mediante los factores de consumo durante el periodo febrero 2015 a febrero 2016, de acuerdo a los registros de gastos de combustibles fósiles y energía eléctrica en cada jornada; siendo estos la base para el cálculo. En la tabla 6, se establece las cantidades utilizadas en cada máquina estacionaria, equipo o vehículo; de acuerdo a potencia o energía eléctrica consumida.

Tabla 6. Consumo por equipo o vehículo

EQUIPO UTILIZADO	CANT.	TIPO DE ENERGÍA	CONSUMO (L/h) o L/Km	ALCANCE
<b>TRANSPORTE</b>				
1. Carrotanques Kodiak 1989 250 H.P.	1	Diesel	2.5	3
2. Camión fotón 3.5 ton. 2015. 148 h.p.	1	Diesel	6.5	1
3. Camioneta Toyota 2.5 Litros 2012. 110 H.P.	1	Diesel	7.5	1

4. Generador de electricidad 7000 watts, 16 H.P. a gasolina	1	Gasolina	1.328	1
5. Hidrolavadora Motor estacionario 1.600 cc. 75 H.P. a gasolina	1	Gasolina	4.34	1
6. Hidrolavadoras Motor estacionario 18 H.P. a gasolina	1	Gasolina	1.6074	1
<b>ELECTRICIDAD</b>	<b>CANT.</b>	<b>ENERGÍA</b>	<b>CONSUMO Kw/h</b>	<b>ALCANCE</b>
7. Reflectores con Luces led	1	Eléctrica 110/220 volt	0.05	2
8. Motobombas sumergibles 110 voltios 6.85 amp.	1	Eléctrica 110/220 v.	0.685	2

Fuente: Elaboración propia, 2016

Estos datos indicarían, que en las ocho fuentes arriba mencionadas, según GHG Protocol, cobijan los tres alcances de la norma. La síntesis de esta relación se presenta en el Tabla 7, mostrando los alcances como los GEI producidos.

Tabla 7. Emisiones GEI en Kg/m<sup>2</sup> de lavado según el alcance.

<b>RESULTADOS</b>				
<b>FUENTE DE EMISIONES</b>	<b>GEI (Kg/m2)</b>			<b>ALCANCE</b>
<b>TRANSPORTE MATERIALES</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	
TRANSPORTE DE AGUA	0.0120	0.0000019	0.0000001	ALCANCE 3
CONSUMO COMBUSTIBLE	0.1007	0.0000178	0.0000011	ALCANCE 1
CONSUMO ENERGÍA ELECTRICA	0.0004			ALCANCE 2
<b>PROMEDIO POR m2</b>	<b>0.1131</b>	<b>0.000020</b>	<b>0.000001</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2016

Es decir, examinando los resultados obtenidos la gran mayoría de los contaminantes, se presentan durante en la ejecución del lavado de tanques y con transporte de agua, siendo el CO<sub>2</sub> el gas con mayor presencia llegando al 99.99% de la emisiones, seguido por el CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, con menos del 0.1%. Así, en la Tabla 8, se registran los cálculos para cada depósito de almacenamiento acorde al área de lavado.

Tabla 8. Valores obtenidos de emisiones GEI.

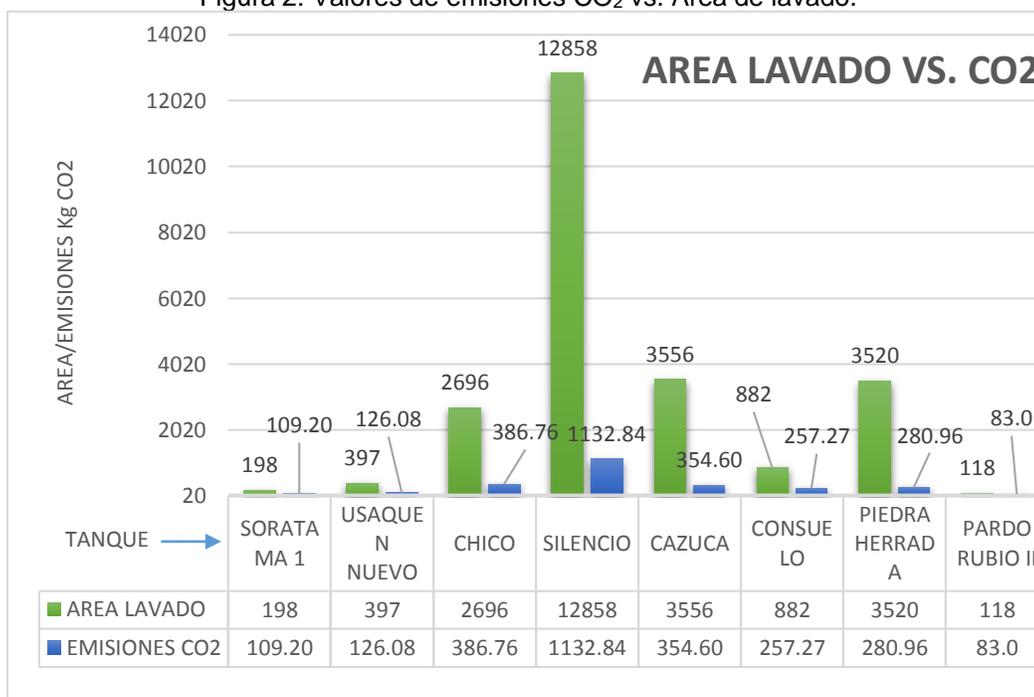
<b>TANQUE</b>	<b>AREA (m2)</b>	<b>Kg CO<sub>2</sub></b>	<b>Kg CH<sub>4</sub></b>	<b>Kg N<sub>2</sub>O</b>
SORATAMA 1	198	109.20	0.02	0.0040
USAQUEN NUEVO	397	126.08	0.02	0.0040
CHICO	2696	386.76	0.07	0.0140

SILENCIO	12858	1132.84	0.20	0.0300
CAZUCA	3556	354.60	0.06	0.0100
CONSUELO	882	257.27	0.04	0.0027
PIEDRA HERRADA	3520	280.96	0.05	0.0070
PARDO RUBIO II	118	83.0	0.014	0.001

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Por su parte, en la figura 2, vemos representados los GEI relacionados por el transporte de agua en vehículos cisterna, operaciones de maquinaria y equipos, utilizados para el lavado. Además; se puede notar que no siempre el área lavada guarda relación en proporción directa con las emisiones; esto se debe a que cada tanque tiene características especiales que hacen que las actividades tarden en su ejecución en unos más que otros, de acuerdo a su tamaño.

Figura 2: Valores de emisiones CO<sub>2</sub> vs. Área de lavado.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Para el análisis, se dividen los tanques de acuerdo a tres diferentes rangos, con el fin de obtener las emisiones por m<sup>2</sup> en cada caso. La tabla 9, resume la carga contaminante en cada caso.

Tabla 9. Peso de cada GEI, de acuerdo al área de lavado

AREA LAVADO (m2)	Kg CO <sub>2</sub>	Kg CH <sub>4</sub>	Kg N <sub>2</sub> O
10-500 m2	0.45	7.5E-05	1.237790E-05
501-5.000 m2	0.12	2.1E-05	3.159487E-06
MAYORES A 5.000 m2	0.09	1.6E-05	2.333149E-06

Fuente: Elaboración propia, 2016

Los GEI totales, están dados en función del dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{eq}$ ), que es la unidad de medida utilizada para indicar el Potencial de Calentamiento Global (PCG). Además, se hace referencia a las emisiones de acuerdo al área interna de lavado; tal como se muestra en la figura 3, donde los gases como  $\text{kgCO}_2$ , se calculan para los tres tipos de tanques: 10 a 500  $\text{m}^2$ , de 501 a 5.000  $\text{m}^2$  y mayores a 5.000  $\text{m}^2$ .

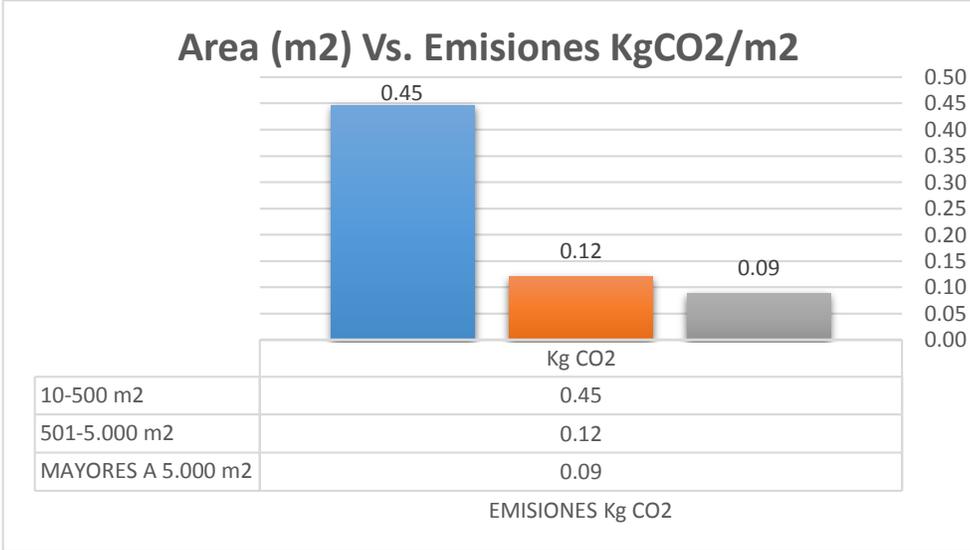


Figura 3. Gráfico emisiones Vs. Área lavada.  
Fuente: Elaboración propia, 2016

Se cuantifica los gases Metano ( $\text{CH}_4$ ) y Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), emitidos por el uso de combustibles fósiles, resultando ser los que generan un mayor potencial de Calentamiento Total [18]. La figura 4, muestra estos dos gases por  $\text{Kg/m}^2$ .

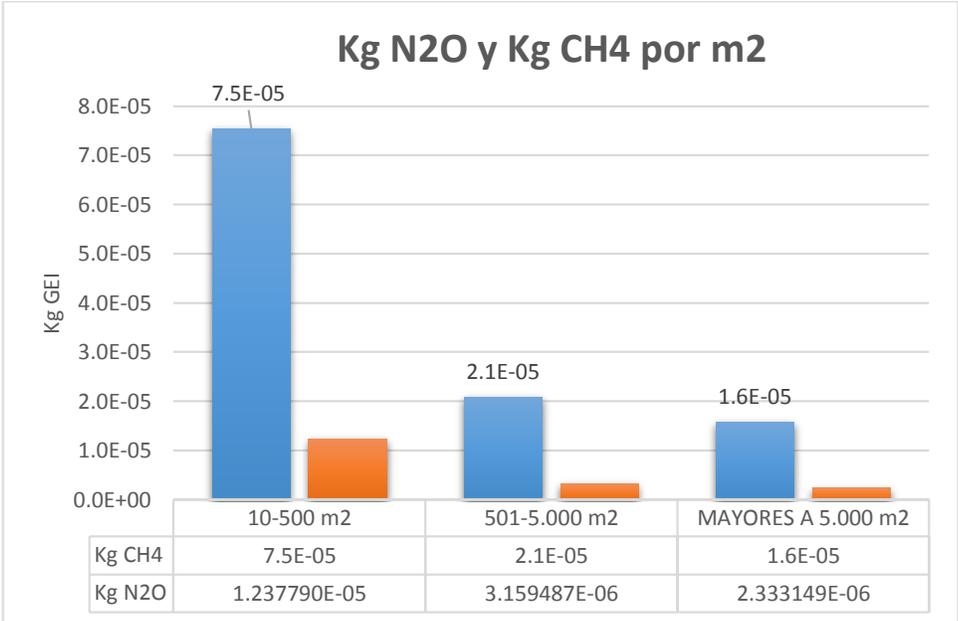


Figura 4. Gráfico GEI en Kg de  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CH}_4$  por  $\text{m}^2$  de lavado  
Fuente: Elaboración propia, 2016

En la figura 3, al observar los resultados de los GEI, expresados en Kg CO<sub>2</sub>eq, para depósitos con áreas entre 10 y 500 m<sup>2</sup>, resulta ser muy superior a los obtenidos en tanques con medidas de 500 a 5000 m<sup>2</sup>. La razón está en que muchos de los depósitos pequeños presentan mayor dificultad durante el lavado, mayor utilización de energía por m<sup>2</sup>, mucho más tiempo en la evacuación de aguas residuales con electrobomba.

En segundo lugar, se tiene estanques con áreas mayores a 5.000 m<sup>2</sup>, que por presentar mejores drenajes, mayor rendimiento en hora-hombre por m<sup>2</sup>; se aprecia expresiones por el orden de 0.09 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup>, es decir los GEI, no son directamente proporcionales al área lavada; por lo tanto, los tanques grandes presentaron emisiones mucho menores que los depósitos pequeños y medianos.

La categoría que más aporta contaminantes a la atmosfera, son las que utiliza gasolina y diésel de propiedad de la empresa (0.10 Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>), siendo estas, las unidades estacionarias que operan en muchas ocasiones hasta 12 horas por jornada. Seguido se tiene el transporte de agua en carrotanques, que emiten (0.012 Kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>), dado que los puntos de cargue del proveedor externo, se localiza a 1 hora en promedio de recorrido hasta los tanques perimetrales de Bogotá.

Por consiguiente, los GEI por utilizar energía eléctrica resultan ser muy bajos (0.004 kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup>), casi despreciable en comparación con las otras energías utilizadas. Lo anterior, se basa en la poca utilización de equipos eléctricos y el mínimo consumo de los reflectores que operan con tecnología LED, siendo estas más amigables con el medio ambiente.

Los gases de metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), por la quema de combustibles fósiles son generalmente muy pequeños comparadas con las emisiones de CO<sub>2</sub>. En el gráfico 5, se observa la proporción de los GEI, totales en el periodo 2015-2016.



Figura 5. Gráfico de GEI en Kg, generados durante un año.  
Fuente: Elaboración propia, 2016.

Los GEI, provenientes de fuentes estacionarias de combustión interna, dependen de las características del combustible, tamaño y años del equipo en operación, tipo de tecnología utilizada, equipo del control de la contaminación, y de las condiciones ambientales.

Los GEI, también varían de acuerdo con las prácticas de operación, como de mantenimiento de vehículos, equipos y maquinaria [9]. Por tanto, durante el periodo de estudio, como se aprecia en la figura 5, para un área total de 338.072 m<sup>2</sup>, se genera 40,60 ton. CO<sub>2</sub>, 0,0189 ton. CH<sub>4</sub> y 0,0015 ton. N<sub>2</sub>O, en los 56 tanques existentes en Bogotá, propiedad del cliente.

De igual manera, el Potencial de Calentamiento Global (GWP), expuestos en los factores del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), en su segundo informe de evaluación, establece que: GWP para el CH<sub>4</sub> = 21, GWP para el N<sub>2</sub>O = 310, en tanto que, para el CO<sub>2</sub>, el GWP= 1. Lo anterior en consonancia con la presentación de informe del Protocolo de Kyoto [11].

En realidad, la incertidumbre del cálculo de la huella de carbono en el presente artículo, está relacionado con que los factores de emisión (FE), considerados para la mayoría de las fuentes incluidas en la actividad, la cual no han sido los propios del país, sino que corresponden a estimaciones internacionales. Aunque, lo ideal sería realizar el ejercicio con datos, que respondan a la realidad de Colombia. Específicamente, para estos datos se cuentan con registros internacionales son suministrados por el IPCC.

### 3. CONCLUSIONES

- ✓ En el presente artículo, ha investigado sobre la situación actual de la huella de carbono en la actividad de lavado de tanques de gran capacidad, como herramienta de gestión ambiental e impulso que se quiere dar como indicador de las emisiones de gases de efecto de invernadero de una empresa dentro del contexto de la lucha contra el cambio climático, en búsqueda del desarrollo de medios de producción y consumo sostenible.
- ✓ Para la toma de decisiones con base en los resultados obtenidos, las empresas dedicadas a la limpieza de tanques, debería ser el soporte para la toma de disposiciones como son: evitar en lo posible el transporte de agua en carrotanques en trayectos largos y en segundo lugar buscar el reemplazo de combustibles líquidos fósiles por energía eléctrica para sus equipos estacionarios.
- ✓ A raíz del presente estudio, el personal operativo, supervisores de obra, interventores e inspectores, deberán fomentar la reducción de GEI, comunicando los resultados, obtenidos del cálculo de la huella de carbono en cada lavado de tanques, con el fin de reducir las horas de trabajo de los equipos estacionarios en tiempos de poco uso como son: hora de almuerzo o merienda, tiempos de capacitación; en busca de una sensibilización en aspectos ambientales del servicio que se presta.

- ✓ Las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, se midieron a lo largo de un año, periodo de tiempo que resulta conforme a las recomendaciones de los expertos de IPCC 2006 y GHC Protocol. Esta información, se comunicó a la empresa contratante en un total de 56 mediciones realizadas en la ciudad de Bogotá en el lapso febrero 2015-febrero de 2016.
- ✓ Tras los resultados obtenidos, se afirma que a pesar de la incertidumbre que se tiene con respecto a los factores de consumo en combustible para maquinarias, equipos y vehículos, es suficientemente baja, dado que se han realizado muchos estudios al respecto que garantizan el grado de confiabilidad de los datos. En este sentido, se está lanzando gases al ambiente la mayor parte en ejecución de las actividades de lavado, seguidos por el transporte de agua. Apreciando que por cada m<sup>2</sup> de limpieza, se lanza a la atmosfera 0.1127 kg de CO<sub>2</sub>, pertenecientes a los alcances 1, 2 y 3.
- ✓ Una solicitud que podría hacerse a la empresa contratante, estaría en la posibilidad de utilizar agua para lavado del mismo sitio, es decir en los tanques propiedad del cliente cuenta con doble compartimiento; lo que facilitaría el suministro del líquido. Lo anterior estaría orientado a recurrir lo menos posible el transporte de agua en carrotanques.
- ✓ Una buena alternativa, sería al amparo de la norma ISO 14001-2015 para implementar medidas que fomenten el ahorro eficiente energético. Para ello, se debe capacitar al personal administrativo y operativo, en buenas prácticas: Analizando el gasto de combustibles, conocer el consumo de cada equipo, hacer seguimiento, control del ahorro energético.
- ✓ La medición de la huella sirve para identificar oportunidades de ecoeficiencia y acceso a mercados, más que para conseguir mejores precios. Una alternativa está en el reemplazo de equipos de combustión interna por máquinas eco amigables, lo que permite invertir en aumentar la eficiencia de los procesos de transporte, reemplazo de energías fósiles por otros tipos de energías menos nocivas para el ambiente, buscando reducir su impacto a la atmosfera.
- ✓ Así, los beneficios de calcular la Huella de carbono de los productos y servicios de una empresa de este tipo y su comunicación al cliente; hacen que se convierta en una herramienta de competitividad, para aquellas empresas pioneras en Colombia en su implementación y/o que inicien procesos menos contaminantes o perjudiciales para el medio ambiente.
- ✓ La comunicación de la huella de carbono a los clientes, puede mejorar la imagen de los productos y servicios de la empresa dedicada al lavado de tanques de agua potable, buscando posicionamiento en el mercado nacional, promoviendo su sostenibilidad empresarial. Actualmente, numerosas empresas comienzan a implantar estrategias de reducciones de emisiones, como compromiso corporativo en sus políticas, como resultado de la sensibilización social por el cambio climático.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Andrade , H. J., Segura, M. A., & Varona, J. P. (2015). Estimación de la huella de carbono del sistema de producción de caña de azúcar. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 19-27. Recuperado el 05 de mayo de 2016, de <http://ezproxy.umng.edu.co:2048/login>
- [2] Aranda Rheyne, L. A. (2011). *Cálculo de la huella de carbono del año 2009 a las actividades administrativas y de transporte de proactiva (Tesis de grado)*. Santiago de Cali. Colombia.
- [3] Betancourt Wulf, E. (s.f.). IMPACTO DE LA HUELLA DE CARBONO, EN LA COMPETITIVIDAD EXPORTADORA REGIONAL. 7(2), 1390-1402. Obtenido de <http://ezproxy.umng.edu.co:2048/login?url=http://search.proquest.com/docview/1326257010?accountid=30799>
- [4] Brito Contreras, O. A. (2011). *Diagnostico de Implementación de Metodología de Cálculo de la Huella de Carbono en empresa DSM*. Puerto Montt . Chile.
- [5] Calle Benavides, C. C., & Guzman Bejar, R. (2001). *Cálculo de la huella de Carbono del Ecolodge Ulcumano ubicado en el sector de la Suiza, Distrito de Chontabamba (Tesis de Grado)*. Perú.
- [6] Castaño Gonzalez, M. V., & Rodriguez Guevara, E. G. (2013). *Estimación de la Huella de Carbono Corporativa en la Industria de Alimentos Consumo Masivo Colombiano*. Santiago de Cali.
- [7] COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). (2014). *Estudio cambio climático en América Latina*. Nueva York: Naciones Unidas. Recuperado el 03 de mayo de 2016
- [8] Cordero Ahimán, O. V. (2011). *Cálculo de la Huella de Carbono según Metodología Francesa Bilian Carbono: Aplicación a la Sociedad de los Transportes Públicos de la Ciudad de Limoges S.T.C.L.* . Saragoza, España.
- [9] Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia. A.C. (2006). *Documento Guía de la Herramienta para la estimación de gases Invernadero*. Mexico.
- [10] GHG Protocol. (2002). *Estandar Corporativo de Contabilidad y Reporte de GHG Protocol*. Washintong, D.C. Obtenido de <http://www.ghgprotocol.org/>
- [11] GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. (1996). *Tecnologías, políticas y medidas para mitigar el cambio climático*. Nueva York: PNUMA.
- [12] Hidalgo Segura, A. (2013). *Guía Metodológica - Cálculo del Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Actividades y Eventos Corporativos*. San Jose. Costa Rica.
- [13] [http://www.uach.cl/procarbono/huella\\_de\\_carbono.htm](http://www.uach.cl/procarbono/huella_de_carbono.htm). (s.f.). Recuperado el 03 de mayo de 2016
- [14] ICONTEC, NTC-ISO 14064-1. (2006). *Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases efecto invernadero*. . Bogotá. Recuperado el abril de 2016

- [15] Ihobe S.A. (2013). *7 Metodologías para el cálculo de emisiones de gases efecto invernadero*. Departamento de medio Ambiente y Política Territorial, Bilbao. Obtenido de [www.cambioclimaticoglobal.com](http://www.cambioclimaticoglobal.com)
- [16] INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEAM. (1999). *Inventario Nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto Invernadero*. Bogotá.
- [17] IPCC. (2006). *Directrices del IPCC 2006, para los Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero*. Nueva York: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- [18] Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). *GUÍA PARA EL CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN*. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, Madrid. Obtenido de <http://publicacionesoficiales.boe.es/>
- [19] Montoya , L. M., & Gutiérrez Fernández, F. (2014). La huella de carbono como herramienta para lograr un producción sostenible en un cultivo de flores ubicado en la Sabana de Bogotá (Artículo Científico). Bogotá.
- [20] NACIONES UNIDAS. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidad sobre el Cambio Climático*. Nueva York.
- [21] Napoles, P. R. (2011). ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS RELATIVOS DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LAS RAMAS DE LA ECONOMIA DE MEXICO. *El trimestre Económico*, 78(1), 173-191. Obtenido de <http://ezproxy.umng.edu.co:2048/login?url=http://search.proquest.com/docview/859578287?accountid=30799>
- [22] Pulido Guio, A. D. (2012). *INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES PARA LA REGIÓN DE CUNDINAMARCA (Tesis de Grado)*. Bogotá, D.C- Colombia.
- [23] Rodas Samoya, S. G. (2014). Estimación y gestión de la huella de carbono del campus central de la universidad Rafael Landívar (Tesis de Grado). Guatemala de Asunción.
- [24] Rojas Wang, J. P. (2011). Siete Pasos par Gestionar la Huella de Carbono en una Organización. *ÉXITO EMPRESARIAL/ No. 140-2011*.
- [25] Santilla Sandoval, P. A. (2014). Determinación de la Huella de Carbono bajo las consideraciones de la Norma ISO 14001 (Tesis de Grado). Riobamba- Ecuador.
- [26] Unidad de Planeación Minero Energetica. (2013). *Factores de emisión del sistema interconectado*. Bogotá- Colombia.