



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, TRANSFERENCIA DE
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**

**MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN AMBIENTAL
VIII PROMOCIÓN**

**TESIS DE GRADO MAESTRÍA EN SISTEMAS DE GESTIÓN
AMBIENTAL**

**TEMA: “CONSTRUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y LOGRO
DE CARBONO NEUTRALIDAD EN EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE
AGUA POTABLE MICA QUITO SUR, DE LA EMPRESA PÚBLICA
METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE QUITO
(EPMAPS)”.**

AUTOR: RAQUEL GLORIA ROMERO PALACIOS

DIRECTOR: ING. HERNÁN CARRILLO

SANGOLQUÍ, OCTUBRE DE 2014

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

Ing. Hernán Carrillo

Certifico:

Que el trabajo titulado “Construcción de la Huella de Carbono y logro de Carbono Neutralidad en el Sistema de Tratamiento de Agua Potable Mica Quito Sur, de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS)”, realizado por Raquel Gloria Romero Palacios, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Maestranes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a la importancia de este proyecto como línea base para posteriores investigaciones se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de (un) documento empastado y (un) disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Raquel Gloria Romero Palacios que lo entregue a la Ing. Estela Salazar en su calidad de Coordinadora de la Maestría en Sistemas de Gestión Ambiental.

Sangolquí, octubre de 2014

Ing. Hernán Carrillo

DIRECTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Raquel Gloria Romero Palacios

Declaro que:

El proyecto de grado denominado Construcción de la Huella de Carbono y logro de Carbono Neutralidad en el Sistema de Tratamiento de Agua Potable Mica Quito Sur, de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS)”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos de contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, octubre de 2014

Raquel Gloria Romero

MAESTRANTE

AUTORIZACIÓN

Yo, Raquel Gloria Romero Palacios

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “Construcción de la Huella de Carbono y logro de Carbono Neutralidad en el Sistema de Tratamiento de Agua Potable Mica Quito Sur, de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS)”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad y autoría

Sangolquí, octubre de 2014

Raquel Gloria Romero Palacios

MAESTRANTE

DEDICATORIA

Dedico esta investigación A DIOS todo poderoso, sin su voluntad no hubiera sido posible culminar con éxito este trabajo.

A mi amado esposo Jefferson Buitrón Almeida

A mis dos tesoros Lia y Santiago Buitrón Romero

A mis padres Adán Romero y Maura Gloria Palacios (†)

A mis hermanos Jacqueline, Wimper y Jazmín

Quienes me inspiraron para la conclusión de esta tesis

A los maestros y compañeros de la maestría VIII promoción de la ESPE

A los compañeros de trabajo y amigos

Quienes me apoyaron de una u otra manera en el logro de esta nueva etapa de mi vida.

A todos ellos mi gratitud desde el fondo de mi alma.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento de la maestrante hacia la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito (EPMAPS), por haberme permitido el uso de la información para la elaboración de la tesis, al Ing. Hernán Carrillo Director de la investigación, al Ing. Pablo Vallejo oponente de la tesis y a mi compañero de trabajo Egresado de Ingeniería Duval Barragán.

Raquel

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR	i
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS DEL CONTENIDO	xii
ÍNDICE DE FIGURAS DEL CONTENIDO.....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1 Objetivos	4
1.2.1.1 Objetivo general.....	4
1.2.1.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	4
1.3.1 Variables de la investigación	5

CAPÍTULO 2.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 EL SER HUMANO FRENTE A LA NATURALEZA	6
2.2 INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL.....	7
2.2.1 Indicadores del cambio climático.....	8
2.2.2 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).....	8
2.3 EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO	9
2.4 DE LA HUELLA ECOLÓGICA A LA HUELLA DE CARBONO	9
2.5 CARBONO NEUTRALIDAD	10
2.5.1 Definición conceptual	10
2.5.2 Componentes del carbono neutralidad.....	11
2.6 Desarrollo sostenible	11
2.7 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE QUITO (EPMAPS) Y DEL SISTEMA MICA QUITO SUR.	13
2.7.1 Presentación de la EPMAPS-Q.....	13
2.7.2 Alcance de la evaluación	13
2.7.3 Descripción de las instalaciones que componen el Sistema de Tratamiento de Agua Potable Mica Quito Sur.....	14
2.7.4 Talento Humano.....	16
2.7.5 Movilización.....	16
2.7.6 Cuenca Hidrográfica.....	16
CAPÍTULO 3.....	19

CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE MICA QUITO SUR (SMQS), DE LA EPMAPS.	19
3. 1 INTRODUCCIÓN	19
3. 2 CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO	20
3. 3 PROTOCOLO DE CÁLCULO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	24
3.3.1 Alcance 1	25
3.3.2 Alcance 2	26
3.3.3 Alcance 3	26
3. 4 METODOLOGÍA APLICADA AL CÁLCULO DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) EN EL SISTEMA MICA QUITO SUR	29
3.4.1 Emisiones por combustión en máquinas y vehículos.....	31
3.4.2 Metodología de cálculo de emisiones gases de efecto invernadero (GEI) por consumo de combustible.	32
3.4.3 Metodología de cálculo de emisiones GEI por distancia recorrida.	34
3.4.4 Metodología de cálculo de emisiones GEI por carga transportada	35
3.4.5 Alcance 1: Emisiones ocurridas durante la construcción del embalse La Mica perteneciente al Sistema Mica Quito Sur SMQS de la EPMAPS	37
3.4.6 Alcance 2: Emisiones relacionadas con la electricidad adquirida por el Sistema Mica Quito Sur de la EPMAPS.....	40
3.4.7 Alcance 3: Emisiones vinculadas al ciclo de vida de los materiales y bienes adquiridos por el Sistema Mica Quito Sur de la EPMAPS durante el período de evaluación.....	42
3.4.7. 1 Emisiones vinculadas al ciclo de vida de materiales destinados a la construcción de obras ejecutadas en el SMQS.	48

3.4.7. 2 Emisiones vinculadas al ciclo de vida de los servicios contratados para el SMQS.....	52
3.4.7. 3 Emisiones emitidas durante el transporte de empleados durante los viajes, debido al consumo de combustible.....	53
3.4.7.4 Emisiones vinculadas al consumo de combustible por terceros o los propios trabajadores del SMQS para el transporte desde sus hogares al sitio de labores.....	60
3. 5 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN.....	61
3.5. 1Materiales y Servicios	63
3.5. 2 Consumo Eléctrico	64
3.5. 3 Combustibles.....	65
3.5. 4 Infraestructura.....	65
3.5. 5 Embalses o Reservorios para Hidroelectricidad.....	66
3.5. 6 Producción de Agua Potable.....	66
3. 6 RESULTADO DE HUELLA DE CARBONO.....	66
3.6. 1 Emisiones Directas (Alcance 1).....	66
3.6. 2 Emisiones Indirectas (Alcance 2).....	68
3.6. 3 Otras emisiones indirectas (Alcance 3).....	69
3. 7 INVENTARIO DE EMISIONES	77
3. 8 DISCUSIÓN.....	79
3.9 CONCLUSIONES SOBRE LA DEFINICIÓN DE HUELLA DE CARBONO	81
3. 10 RECOMENDACIONES SOBRE LA DEFINICIÓN DE HUELLA DE CARBONO.....	83
CAPÍTULO 4	84

IDENTIFICACIÓN DE SUMIDEROS INSTITUCIONALES Y REMOCIONES DE CARBONO DEL SMQS.	84
4.1 INTRODUCCIÓN.....	84
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE TASAS DE REMOCIÓN.....	86
4.3 RESULTADOS DE LA REMOCIÓN EN LA VEGETACIÓN	87
4.4 DISCUSIÓN	88
4.5 CONCLUSIONES SOBRE DEFINICIÓN DE SUMIDEROS	91
4.6 RECOMENDACIONES SOBRE DEFINICIÓN DE SUMIDEROS.....	91
CAPÍTULO 5	92
HACIA EL LOGRO DEL CARBONO NEUTRALIDAD EN EL SMQS	92
5.1 INTRODUCCIÓN	92
5.2 BALANCE GENERAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	92
5.3 LINEAMIENTOS PARA UNA ESTRATEGIA DE CARBONO NEUTRALIDAD.....	94
5.3.1 Mitigación	94
5.3.2 Adaptación	95
5.3.3 Medición	96
5.3.4 Desarrollo de capacidades y transferencia tecnológica.....	96
5.3.5 Sensibilización, educación y cambio cultural.	97
5.3.6 Financiamiento.....	98
5.4 DISCUSIÓN	98

5.5 CONCLUSIONES SOBRE ESTRATEGIAS DE CARBONO	
NEUTRALIDAD	98
5.6 RECOMENDACIONES SOBRE ESTRATEGIAS DE CARBONO	
NEUTRALIDAD	99
6 CONCLUSIONES GENERALES.....	99
GLOSARIO	101
BIBLIOGRAFÍA	103

ÍNDICE DE TABLAS DEL CONTENIDO

Tabla 1 Cantidad de personas que laboran en el Sistema Mica Quito Sur	16
Tabla 2 Metodologías de cálculo de (HC) utilizadas en Europa y en el mundo.	22
Tabla 3 Gases de efecto invernadero (GEI) definidos en el protocolo de Kioto	24
<i>Tabla 4</i> Clasificación de las emisiones de GEI en los tres alcances.	25
Tabla 5 Fuentes de emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) en el SMQS.....	30
Tabla 6 Factores de emisión de ciclo de vida de Alcance 3.....	43
Tabla 7 Clasificación de obras	49
Tabla 8. Matriz de obras.....	50
Tabla 9 Factores de emisión para transporte de pasajeros vía terrestre.	57
Tabla 10 Factores de emisión para transporte de pasajeros vía área.....	58
Tabla 11 Ubicación de la información	62
Tabla 12 Gastos totales del Sistema Mica Quito Sur, período de estudio (2009- 2012)	64
Tabla 13 Consumo eléctrico según dependencias de la EPMAPS.	64
Tabla 14 Consumo de combustibles según el tipo.	65
Tabla 15 Área del embalse y del páramo	65
Tabla 16. Promedio mensual del año 2012	66
Tabla 17 Emisiones directas totales de Alcance 1 del año 2009 al 2012.....	67
Tabla 18 Gastos de alcance 3 del 2009 al 2012	70

Tabla 19 Inventario de huella de carbono del Sistema Mica Quito Sur, del 2009 al 2012.....	80
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS DEL CONTENIDO

Figura 1 Esquema sobre el desarrollo sostenible	12
Figura 2 Emisiones indirectas de Alcance 2 para el año (2009-2012).....	69
Figura 3 Emisiones indirectas de alcance 3 (2009-2012)	71
Figura 4 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría Productos agropecuarios y pesqueros	72
Figura 5 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría productos forestales	73
Figura 6 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría servicios	73
Figura 7 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría viajes y capacitación	74
Figura 8 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría movilización del personal	75
Figura 9 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría obras de construcción.....	76
Figura 10 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría de materiales y bienes	77
Figura 11 Huella de carbono por año en el período del 2009-2012.....	80
Figura 12 Mapa de la cobertura vegetal del Distrito Metropolitano de Quito, área de influencia del SMQS. Fuente: mapa de cobertura vegetal, DMQ, 2011	85
Figura 13 Remociones anuales de plantaciones forestales	88
Figura 14 Capacidad de almacenaje de carbono	89

Figura 15 Remociones anuales de carbono.....	90
Figura16 Emisiones de CO_2 y fijación de CO_2	93

RESUMEN

Actualmente, casi todas las actividades que realizamos como movilidad, alimentación, y bienes que poseemos y utilizamos implican consumir energía, lo que significa contribuir a las emisiones a la atmósfera. La Huella de Carbono es la cantidad total de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, emitidos a través del ciclo de vida de un producto o proceso, expresado como gramos de CO₂ equivalente por Kwh (gCO₂e/Kwh) (POST, 2006). La investigación se desarrolló en el Sistema Mica Quito Sur (SMQS) con la finalidad de conocer la huella de carbono y la capacidad de remoción de los gases de efecto invernadero (GEI) durante los años 2009 hasta el 2012, se obtuvo un promedio de 4.939.120,11 kgCO₂e, la mayor intensidad de emisiones fueron de la adquisición de materiales bienes, productos y obras de construcción ejecutadas lo cual representa el 73% de la huella de carbono. La fijación de CO₂ en los terrenos adquiridos por la EPMAPS, tienen la capacidad de remover el 100% de las emisiones de carbono emitidas por el SMQS y aún queda 8.900 tCO₂ de excedentes, después de remover la totalidad del carbono emitido.

Palabras clave: huella de carbono, gases efecto invernadero, remoción, emisiones, dióxido de carbono.

ABSTRACT

Most current activities we carry such as mobility, nutrition, production of goods and services, we have and use frequently involve energy consumption, which means contribute to the effect on the atmosphere by the emission of substances in excess. The carbon footprint is the total amount of carbon dioxide and other greenhouse gases, emitted throughout the life cycle of a product or process, expressed in grams of carbon dioxide equivalent per kWh ($\text{gCO}_2\text{e} / \text{Kwh}$) (POST, 2006). The research study was conducted in the "Sistema Mica Quito Sur" (SMQS) in order to know the carbon footprint and the ability to remove an average 4.939.120,11 kgCO_2e of greenhouse gases (GHGs) between 2009 through 2012. The emission intensity was greater in the acquisition of materials, goods, products and executed civil constructions which represented 73% of the carbon footprint. The absorption or fixation of carbon dioxide in the forest area acquired by the "Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito" EPMAPS, has the ability to remove 100% of carbon emitted by the SMQS leaving sufficient area to absorb approximately 8,900 additional tCO_2 .

Keywords: A carbon footprint, greenhouse effect, remove, emission, carbon dioxide.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 INTRODUCCIÓN

El clima en la Tierra siempre ha variado por causas naturales como los movimientos de los continentes, volcanes, corrientes oceánicas y en muy distintas escalas temporales, lo que ocurre en unos pocos años o a lo largo de millones de años. El problema del cambio climático que conocemos ahora, es que en el último siglo los cambios se han acelerado como consecuencia directa o indirecta de la actividad humana y a través de la alteración en la composición de la atmósfera.

Es así como se ha generado el calentamiento global y el cambio climático, cuyas consecuencias se reflejan no sólo en el aumento de las temperaturas medias de todas las regiones del globo, sino también en modificaciones del ciclo hidrológico, aumento en la desertificación, extinción de un gran número de especies y desequilibrio de ciertas cadenas tróficas, por mencionar solamente algunas consecuencias.

Existen dos fuerzas que propician el cambio global; la explosión demográfica y el incremento incesante en la demanda de bienes y servicios (Rischard, 2002). La explosión demográfica está causando una presión sin precedentes sobre los suelos, el agua, los bosques y los recursos marinos. Malthus (1766 – 1834) expresó, que la población crece en una progresión geométrica y que los recursos alimenticios crecen en una progresión aritmética. Las proyecciones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) establece que; habrá más de 2000 millones de personas más que en la actualidad para el año 2020, el 95% de estas personas estarán en países sub-desarrollados, 50% vivirán en ciudades, lo que conllevará a un incremento en la demanda de alimentos en un 40%.

Las emisiones mundiales de GEI por efecto de actividades humanas han aumentado, desde la era preindustrial, en un 70% entre 1970 y 2004 (IPCC, 2007).

El dióxido de carbono (CO₂) es el GEI antropógeno más importante. Sus emisiones anuales aumentaron en torno a un 80% entre 1970 y 2004. La disminución a largo plazo de las emisiones de CO₂ por unidad de energía suministrada invirtió su tendencia a partir del año 2000. (IPCC, 2007).

Actualmente la humanidad (Global Footprint Network 2012) utiliza el equivalente de 1,4 planetas cada año, esto significa que la tierra demora un año y cinco meses para regenerar lo que utilizamos en un año. La ONU sugiere que si las tendencias actuales de la población y el consumo continúan, a mediados de la próxima década necesitaremos el equivalente de dos tierras para vivir y tenemos solamente una.

La huella de carbono es el total de gases de efecto invernadero causados directamente o indirectamente por un individuo, organización, evento o producto expresado en toneladas de CO₂equivalente” (Carbon Trust, 2007)

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La participación de las instituciones en la sociedad tiene un rol fundamental en la búsqueda del bien común, principalmente las de servicio público. Esto involucra un empoderamiento responsable sobre una gestión adecuada de sus emisiones de gases de efecto invernadero GEI, como una acción voluntaria de fortalecer la visión y misión institucional. La comprensión de una actitud responsable involucra el discernir sobre nuestras acciones en un plano de normativas formales e informales. Si bien no existe una ley formal que exija la reducción de emisiones de GEI, existe un consenso global sobre la necesidad de tomar acciones concretas para mitigarlos y reducirlos. A nivel regional las instituciones han comenzado a introducir el tema de gestión de emisiones en sus agendas, sin embargo aún quedan vacíos metodológicos para generar respuestas consistentes. Las actividades del Sistema Mica Quito Sur, posee

una dinámica de emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo no se conoce la magnitud ni la presión hacia los ecosistemas para la absorción de las emisiones.

La huella de carbono es un indicador que permite medir el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente en términos de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero medido en toneladas de CO₂

La responsabilidad social institucional está ligada a un acto ético y moral respecto al manejo interno de los hábitos de consumo, producción y de administración. El Sistema Mica Quito Sur plantea el desafío de incorporar el enfoque ecosistémico a escala de paisaje.

Las variables que se consideran en la huella institucional conllevan a un análisis bastante extenso. No obstante, la finalidad de esta investigación es fomentar el conocimiento institucional para diseñar una senda que permita el logro del carbono neutralidad y valorar qué aspectos de las posibles rutas permitirían mantener, mitigar o compensar el impacto generado por el sistema sobre la atmosfera, que es un bien del cual todos dependemos.

Para elaborar este estudio se hace imprescindible visualizar los servicios que prestan los ecosistemas en función de remover o almacenar los gases de efecto invernadero expresados en dióxido de carbono equivalente (CO₂e) con el fin de establecer la Huella de Carbono del Sistema Mica Quito Sur.

Establecer los lineamientos para una planificación de Huella de Carbono permitiría tener un mejor entendimiento de cómo se interrelacionan los hábitos institucionales y las externalidades negativas que estos producen, para así conocer opciones de cambio y visualizar las oportunidades presentes, tanto en el mercado como en las redes internacionales relacionadas con el tema.

1.2.1 Objetivos

1.2.1.1 Objetivo general

Determinar la huella de carbono en el Sistema de Tratamiento de Agua Potable Mica Quito Sur con la finalidad de lograr el carbono neutralidad, proponiendo estrategias que permitan valorar acciones posibles tendientes al logro de carbono neutralidad como expresión de su compromiso ante la problemática del calentamiento global.

1.2.1.2 Objetivos específicos

- 1) Identificar y cuantificar las fuentes de emisiones de GEI del Sistema Mica Quito Sur, a través de procedimientos científicos aceptados internacionalmente y adaptados al quehacer de la institución.
- 2) Identificar los sumideros y potencial de remoción de GEI que posee en la actualidad el Sistema Mica Quito Sur, a través de modelos de simulación de crecimiento de biomasa y la aplicación de sistemas de información geográfica.
- 3) Generar información actualizada respecto a la huella de carbono, balances de emisiones de GEI y carbono neutralidad para generar lecciones aprendidas en un nuevo quehacer institucional
- 4) Presentar los lineamientos para la concepción de una estrategia de carbono neutralidad.

1.3 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

- a) La dinámica de emisiones producidas por el Sistema de Tratamiento de Agua Potable Mica Quito Sur, es el factor que tiene mayor incidencia en los gases de efecto invernadero GEI.
- b) Los sumideros del Sistema de Tratamiento de Agua Potable Mica Quito Sur, son suficientes para fijar las emisiones que produce este sistema.

1.3.1 Variables de la investigación

Variables independientes

La metodología fundamentada en el uso de factores de emisión asociados a los consumos, bienes y materiales.

Variables dependientes

Consumo de combustibles

Consumo de energía eléctrica

Consumo de materiales

Adquisición de bienes

Construcciones

Servicios

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo las preguntas e hipótesis de la investigación planteadas se fundamentarán con la teoría y si la misma se puede aplicar a la huella de carbono, para lo cual se extraerá y recopilará información relevante a las variables de los gases efectos invernadero y carbono neutralidad.

2.1 EL SER HUMANO FRENTE A LA NATURALEZA

George Perkins Marsh conocido como el primer ambientalista, publica en 1864 la obra el “Hombre y la Naturaleza”, donde argumenta que la intervención del hombre, debido a la Revolución Industrial, repercute gravemente en la naturaleza y explica la importancia del árbol en el ciclo de vida en relación con otras plantas, cómo estos nutren el suelo y aportan humedad a la tierra.

En Octubre de 1984 se reunió por primera vez la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (World Commission on Environment and Development) y en abril de 1987 se publicó su informe denominado "Nuestro Futuro Común" (Our Common Future) en el cual se plantea la posibilidad de obtener un crecimiento económico basado en políticas de sostenibilidad y expansión de la base de recursos ambientales. En 1988 el científico británico John Lovelock (1985) expone la teoría de GAIA, en la cual afirmaba la existencia de un sistema de control global de la temperatura, composición atmosférica y salinidad oceánica. El cuarto informe del IPCC afirma que la mayor parte del incremento observado desde la mitad del siglo XX en las temperaturas medias se debe, muy probablemente, a los aumentos observados en los gases de efecto invernadero de origen humano (IPCC, 2007). Los servicios ecosistémicos (SE) han existido desde siempre, en las últimas décadas se ven amenazados. La edición 2012 del Informe Planeta Vivo nos dice que utilizamos un 50 por ciento más de recursos de los que la Tierra puede proveer. La creciente demanda humana por los recursos, sin embargo, está provocando unas presiones enormes sobre la biodiversidad, esto amenaza el abastecimiento continuo de los

servicios ecosistémicos, lo que no solo amenaza la biodiversidad sino también la futura seguridad, salud y bienestar de nuestra propia especie (Planeta Vivo, 2012). Los ecosistemas, producen alimentos como carne, pescado, hortalizas y frutas, también agua, combustible y madera, además prestan servicios tales como el suministro de agua, la purificación del aire, el reciclado natural de residuos, la formación del suelo, la polinización y los mecanismos reguladores que la naturaleza, si no se interfiere con ella, utiliza para controlar las condiciones climáticas y las poblaciones de animales, insectos y otros organismos.

Establecer responsabilidades y criterios que permitan cuantificar proporcionalmente los impactos en la naturaleza ha generado gran interés científico. Los indicadores ambientales se han utilizado a nivel internacional, nacional, regional, estatal y local para diversos fines, entre los que destacan: servir como herramientas para informar sobre el estado ambiental, evaluar el desempeño de políticas ambientales y comunicar los progresos en la búsqueda del desarrollo sustentable.

2.2 INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL

El desarrollo sustantivo de los indicadores ambientales como de desarrollo sostenible (IA/IDS), se inicia a finales de la década del 80 en Canadá y algunos países de Europa. En la Cumbre de la Tierra en su Agenda 21, estipuló la necesidad de contar con información ambiental e indicadores de desarrollo sostenible para monitorear el avance en el desarrollo sostenible (Quiroga Martínez, 2007).

En términos generales, un indicador es la medida cuantitativa o la observación cualitativa que permite identificar cambios en el tiempo y cuyo propósito es determinar qué tan bien está funcionando un sistema, dando la voz de alerta sobre la existencia de un problema y permitiendo actuar sobre las causas que lo generan. Nos permite la comparación al interior de la organización (referenciación interna) o al exterior de la misma (referenciación externa colectiva). Para que un indicador cumpla este objetivo, debe poseer, entre otras, las siguientes características (SIRAC. 2013):

- **Relevante:** debe ser importante o clave para los propósitos que se buscan.
- **Entendible:** no debe dar lugar a ambigüedades o malinterpretaciones que puedan desvirtuar su análisis.
- **Basado en información confiable:** la precisión del indicador debe ser suficiente para tomar la decisión adecuada.
- **Transparente/verificable:** su cálculo debe estar adecuadamente soportado y ser documentado para su seguimiento y trazabilidad.
- **Basado en información específica con relación al lugar y el tiempo:** debe ser asociado a hechos reales que faciliten su análisis.

2.2.1 Indicadores del cambio climático

Existen diferentes esquemas que buscan evaluar el estado de los recursos naturales, su uso y los cambios que estas variables presentan con el tiempo, a fin de tener elementos para orientar la formulación de políticas. Uno de estos enfoques es el llamado Esquema Presión - Estado – Respuesta (PER) utilizado por organizaciones internacionales como la OCDE y la Comisión de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas. (SAGARPA, 2013).

2.2.2 Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)

Los gases de efecto invernadero GEI son indicadores, los principales GEI son: Dióxido de carbono (CO₂); Metano (CH₄); Óxido nitroso (N₂O); y Gases fluorados: hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs), hexafluoruro de azufre (SF₆), trifluoruro de nitrógeno (NF₃), trifluorometil pentafluoruro del sulfuro (SF₅CF₃), éteres halogenados y otros hidrocarburos halogenados no considerados en el Protocolo de Montreal (Guía de metodologías y medidas de mitigación de GEI para los estados. 2010).

Cada gas de efecto invernadero tiene impactos diferentes dependiendo de su capacidad para absorber calor y su tiempo de vida en la atmósfera. Las instituciones que utilizan el indicador son (SAGARPA, 2013):

- Convención Marco de la Naciones Unidas para el Cambio Climático

- Comisión de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas (CDS)
- Agencia Europea para el Medio Ambiente.

2.3 EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO

La CDS propone considerar como emisiones totales, las de dióxido de carbono, dado que este es el principal gas de efecto invernadero en términos del calentamiento global. Además de las emisiones totales suelen considerarse las emisiones por sector (energía, industria, agricultura, residuos, uso de la tierra, cambio de uso de suelo y forestal). Este mismo indicador puede medirse con base en las emisiones por cada dólar del Producto Interno Bruto o emisiones “per cápita”, como ha sido incluido en las Metas de Desarrollo del Milenio de la ONU. Las emisiones son calculadas en toneladas anuales de dióxido de carbono (tCO₂).

2.4 DE LA HUELLA ECOLÓGICA A LA HUELLA DE CARBONO

El desafío de los últimos años es conocer la relación de la sociedad con la naturaleza y definir indicadores confiables, comprensibles y metodológicamente probados. La huella ecológica de Wackernagel y Rees apareció en el año 1996 como uno de los indicadores más prometedores para medir el impacto ambiental de un determinado territorio con un simple número de muy fácil comprensión y de gran significado: el número de hectáreas que precisa un territorio para satisfacer todos sus consumos y para absorber todos sus desechos (Quesada J. L., Huella ecológica y desarrollo sostenible, 2009). La huella ecológica se compone de subhuellas, siendo la más significativa en función de su impacto directo en el cambio climático, la huella de carbono cuya participación en la huella ecológica alcanza casi el 50% (WWF, 2012). Existen varias definiciones de la huella de carbono como las siguientes:

- La huella de carbono es la cantidad total de CO₂ y otros gases de efecto invernadero, emitidos a través del ciclo de vida de un producto o proceso. Esto expresado como gramos de CO₂ equivalente por Kwh (gCO₂e/Kwh) (POST, 2006)
- La huella de carbono son las emisiones directas e indirectas de CO₂ causadas por acciones comerciales (Energetics, 2007).

- Es una medida del impacto de las actividades humanas en el medio ambiente en términos de la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero medido en toneladas de CO₂ (ETAP, 2007).

Las huellas de carbono deben ser debidamente ponderadas y ajustarse a los lineamientos que se señalen (Anthony Wylie, 2010), debido a que entre las múltiples definiciones no existe un consenso respecto a que es la huella de carbono. Todas las definiciones exponen al CO₂ como el principal eje de análisis, sin embargo la gran diferencia es incluir el resto de gases de efecto invernadero. En este estudio se plantea utilizar la siguiente definición: “El total de gases de efecto invernadero causados directamente o indirectamente por un individuo, organización, evento o producto expresado en toneladas de CO₂equivalente” (Carbon Trust, 2007). Esta definición abarca la finalidad de este estudio, en función de las actividades del sistema y su dinámica de gases de efecto invernadero para la construcción de una senda de carbono neutralidad.

El gas de principal incidencia en el forzamiento radiactivo es el dióxido de carbono (CO₂), por lo cual se establece el concepto de “CO₂ equivalente”, como la concentración de este gas que causaría el mismo forzamiento radiactivo medio mundial que la mezcla dada de CO₂, otros gases de efecto invernadero, y aerosoles (IPCC, 1997).

2.5 CARBONO NEUTRALIDAD

2.5.1 Definición conceptual

Cada vez que viajamos o encendemos nuestras computadoras, estamos agregando gases de invernadero a la atmósfera. Esto se debe a que la mayoría de la energía que usamos proviene de combustibles como la gasolina, el carbón y el gas. Otros tipos de energía, como la energía solar y la energía del viento, no contribuyen con el cambio de clima, generalmente son más costosos (NESTA, 2008).

El "carbono neutral" significa remover de la atmósfera tanto dióxido de carbono como el que agregamos. ¿Cómo se puede remover el dióxido de carbono de la atmósfera? Una forma de hacerlo es comprando "compensación de carbono" y apoyar proyectos como los de las granjas de viento o parques solares (NESTA, 2008; Carbon Neutral Planet n.d.).

2.5.2 Componentes del carbono neutralidad

El carbono neutralidad es un estado dinámico, por lo cual año a año se deben realizar evaluaciones, utilizando un instrumento de monitoreo. Esto hace referencia a la calidad de las compensaciones y a la permanencia de las remociones (Locatelli y Pedroni, 2004).

El impacto ambiental se mide llevando a cabo un inventario de emisiones de GEI siguiendo normativas internacionales reconocidas, tales como ISO 14064-1, PAS 2050 o GHG Protocol, entre otras. La huella de carbono se mide en masa (gramos, kilogramos, toneladas) de CO₂ equivalente (CO₂e). Este análisis abarca todas las actividades de su ciclo de vida (desde la adquisición de las materias primas hasta su gestión como residuo).

2.6 Desarrollo sostenible

Uno de los pasos indispensables para alcanzar el desarrollo sostenible es la protección del capital natural, es decir, de los ecosistemas y el conjunto de recursos naturales de una nación. En este sentido, es necesario evitar que la satisfacción inmediata de una necesidad económica o social conlleve a la degradación de los ecosistemas y que con ésta se comprometa la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades y aspiraciones, como se observa en la (Figura 1).



Figura 1 Esquema sobre el desarrollo sostenible

El desarrollo sostenible es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad, compromisos y responsabilidades en la aplicación del modelo económico, político, ambiental y social, así como en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida (Briceño, 2013).

El desarrollo sostenible se puede dividir en varios aspectos como el ecológico, enfocado en el medio ambiente, la conservación del planeta, entre otros. El económico, dedicado a las acciones con consecuencias positivas en el departamento financiero. Y social, orientado a las personas del entorno y su bienestar. Cuando se cubren estos tres aspectos se puede determinar que se tendrán varias acciones positivas como la conservación, el desarrollo apropiado del entorno sin afectar al ecosistema, igualdad, paz y respeto a los derechos humanos, democracia, entre muchos otros. (Briceño, 2013). Se tiene éxito en el desarrollo sostenible cuando se satisfacen las necesidades actuales como alimentación, vivienda, trabajo, ropa sin comprometer recursos y posibilidades de las futuras generaciones.

2.7 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DE QUITO (EPMAPS) Y DEL SISTEMA MICA QUITO SUR.

2.7.1 Presentación de la EPMAPS-Q

La Empresa fue instituida el 23 de junio de 1960. Se han ejecutado proyectos como Puengasí (1975), cuya fuente es el río Pita; Papallacta (1990), que aprovecha el agua de las presas Salve Faccha, Mogotes y Sucus; y el Sistema Mica-Quito Sur (2000), que se alimenta del embalse La Mica, los que conforman 4 Sistemas: Papallacta Integrado, La Mica Quito Sur, Pita y Noroccidente. Estos sistemas cuentan con plantas de potabilización de agua en zonas urbanas y rurales, para su posterior distribución para el consumo humano.

Misión de la empresa

Proveer servicios de agua potable y saneamiento con eficiencia y responsabilidad social y ambiental.

Visión de la empresa

Ser empresa líder en gestión sostenible e innovadora de servicios públicos en la región.

2.7.2 Alcance de la evaluación

El alcance del presente estudio es el Sistema Mica Quito Sur de la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, el cual consta de las captaciones Antisana, Diguchi, Jatunhuayco, I y J, embalse La Mica, la tubería de Conducción, Central Hidroeléctrica El Carmen, campamento El Carmen, Estación Reductora de presión y reguladora de caudal La Moca, planta de tratamiento de agua El Troje, planta de tratamiento de agua Tesalia y filtros Pichincha.

De forma general, se evaluaron los recursos: energía eléctrica, materiales y servicios. De forma particular, se examinó el consumo y/o generación de:

electricidad, combustibles, lubricantes, papel, plástico, pilas-baterías o acumuladores, cartuchos de impresora e insumos de limpieza.

La información analizada se generó en los departamentos de Contabilidad, Servicios Generales-Transporte, Capacitación, Talento Humano y personal de trabajadores del SMQS.

2.7.3 Descripción de las instalaciones que componen el Sistema de Tratamiento de Agua Potable Mica Quito Sur

El Sistema denominado La Mica-Quito Sur que abastece de agua potable al Sur de la ciudad de Quito, demandó la instalación de una represa para el embalse y captaciones secundarias. La conducción empieza junto a la estructura de la captación de la laguna La Mica, llega a la Central Hidroeléctrica “El Carmen”, pasa por la Estación Reguladora de Presión “La Moca” y termina en la planta de tratamiento “El Troje” (Biosfera, 2007), como consta en la (Figura 1 del Anexo B).

El Embalse La Mica tiene una capacidad de 50 millones de m³ de agua cruda. La represa tiene una corona con longitud de 780 metros, una altura máxima de 15,20 metros y un ancho de corona de 6 metros, la cota máxima de embalse es 3.917,65 m.s.n.m y la mínima es 3.909,5 m.s.n.m. El agua del embalse es transportada por la Conducción o Acueducto que empieza junto a la estructura de la captación de la laguna La Mica, llega a la Central Hidroeléctrica “El Carmen”, la conducción superior e inferior consta de una tubería de acero, de aproximadamente 46 kilómetros de largo y diámetro de 36 pulgadas, (Biosfera, 2007).

El Sistema cuenta con captaciones secundarias que aportan diferentes caudales “Antisana” de 1,500 l/s, “Jatunhuayco” de 400 l/s, “Diguchi” de 150 l/s, “I” de 140 l/s y “J” de 160 l/s, (Proyecto I y J, 2010). Las captaciones están provistas de rejillas, vertederos, compuerta, desripiadores, desagües y taludes protegidos con muros de gaviones (Biosfera, 2007).

A la tubería de conducción principal se unen los tramos de tubería de conducciones secundarias de las captaciones de agua hasta llegar a la entrada de la

turbina de la central hidroeléctrica El Carmen (Figura 2 del Anexo B) donde se atenúa la presión del agua conducida por la turbina de presión, lo que es aprovechado para producir energía eléctrica (Peña Yaguache & Játiva Ibarra, 2010). Se obtiene una potencia máxima de 9400 Kw, con un caudal tope de 2,0 m³/s, (Villagómez y León, 2010).

La estación reductora de presión y reguladora de caudal La Moca sirve para controlar la presión y regular el caudal del agua proveniente de la Central Hidroeléctrica “El Carmen”, mantiene en buen estado la tubería y evita rupturas o colapsos en la misma.

El agua entra a la planta de tratamiento El Troje (Figura 3 del Anexo B) que es del tipo convencional y procesa 1.700 l/s para consumo humano, el proceso consta de: Dosificación de productos químicos, mezcla rápida, floculación, sedimentación, tanque equalizador de lodos, reserva de agua tratada y sistema de distribución (Biosfera, 2007).

La planta de tratamiento Tesalia remueve el CO₂ del agua cruda y posteriormente pasa a cloración, los componentes de la planta son: estructura de entrada, unidad de aireación, unidad de cloración, bodega de cloro, tanque de reserva de agua potable, generador de emergencia, cámara de aire y desagüe (Tesalia, 2008), esta planta abastece de agua a las parroquias de Amaguaña, Conocoto, El Tingo y Guangopolo.

En el filtro Pichincha Sur se trata un caudal de agua cruda de 70 l/s en verano y 100 l/s en invierno, el agua provienen de las fuentes del Norte, Sur y Galerías, abastecen a los sectores de El Camal Metropolitano, y los barrios Manuelita Sáenz, Buena Ventura y El Rosario.

El sistema cuenta con reglamentos, procedimientos e instructivos para la operación, mantenimiento preventivo, rutinario y corrección de fallas, en captaciones, conducciones, central hidroeléctrica y plantas de tratamientos, para el manejo de residuos el personal dispone de instrucciones.

2.7.4 Talento Humano

En el SMQS, laboran un promedio de 70 personas en las actividades administrativas, laboratorio, producción, mantenimiento y operativos. En la (Tabla 1) se detalla el número de personas que ha laborado durante el período comprendido entre el año 2009 y 2012.

Tabla 1 Cantidad de personas que laboran en el Sistema Mica Quito Sur

Dependencia	2009	2010	2011	2012
Unidad Conducciones Sistema Mica Quito Sur	29	38	38	36
Sistema El Troje	32	30	30	28
Departamento Recursos Hídricos de la EPMAPS	5	5	5	5
Personal del Departamento Recursos Hídricos de la EPMAPS que realiza Monitoreo en el Embalse				

2.7.5 Movilización

Para trasladarse al sitio de trabajo lo realizan en recorridos institucionales y en vehículos propios que pueden ser carros o motocicletas.

Normalmente el personal realiza 4 viajes al día, recorren 20 Km/viaje, solamente los operadores realizan 4 viajes mensuales. Al embalse la Mica, el personal realiza un recorrido de 120 Km. desde la ciudad de Quito.

2.7.6 Cuenca Hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es un área de terreno que drena agua en un punto común, como un riachuelo, arroyo, río o lago cercano. Las cuencas hidrográficas amparan una gran variedad de plantas y animales.

La ciudad de Quito alberga a 2.200.000 habitantes, quienes dependen del páramo. El agua que se origina en estas cuencas se destina a usos múltiples como riego, agua para consumo humano y generación de energía eléctrica, lo que causa

que exista una diversidad de actores sociales relacionados al uso o explotación de este recurso natural.

➤ **Vegetación del Sistema Mica Quito Sur**

De acuerdo con la clasificación propuesta por Sierra et al (1999) las áreas de estudio están localizadas en la región andina o sierra de la cordillera oriental, vertiente oriental en las formaciones naturales del bioma montano denominadas como Bosque siempre verde montano y montano alto también conocido como ceja de montaña o ceja andina y se encuentra en transición con el páramo herbáceo.

➤ **El "súper páramo" o formación gelidofita**

Se encuentra en las cimas de los montes, montañas o volcanes más altos. Es la zona inferior a la zona nival, dentro del área de estudio "La Mica"; está presente en las partes altas de las micro cuencas: Antisana, Jatunhuaycu y Alambrado, como se observa en la (Figura 4 del Anexo B) algunas plantas, principalmente musgos y líquenes sometidos a condiciones extremas de vientos y a precipitaciones con temperaturas extremas por debajo de 0 °C, constituye el límite superior de la vegetación propiamente dicha y las rosetas son las formas preponderantes con crecimiento de plantas aisladas, del tipo *Draba* sp., acompañadas de *Senecio* sp. y gramíneas del tipo *Aristida* sp de acuerdo a Churchill y Linares (1995).

Se encuentra Bosque altimontano norte-andino Siempreverde, entre la vegetación montaña y las zonas de páramo, se ubica en un rango altitudinal entre los 2600 y 4000 msnm es considerado como una zona de transición (Secretaría de Ambiente, 2011). (Figura 5 del Anexo B).

➤ **Arbustos húmedos**

El Arbusto bajo y matorral altoandino paramuno se localiza en los páramos de Pichincha, Sincholagua, Atacazo, Papallacta, desde Checa hacia el Cerro Puntas y Antisana. A nivel de parroquias, se encuentra en Píntag, Pifo, Checa, El Quinche y Yaruquí, entre otras. Este tipo de vegetación está asociada a las formaciones de pajonales. Generalmente forma islas o franjas dispersas. Se registra algunas especies nativas de zonas altoandinas. Se encuentra sobre los 3.600 m.s.n.m. la precipitación oscila entre 1.250 y 1.500 mm, y existe una temperatura promedio de 4 a 6 °C. (Secretaría de Ambiente, 2011), (Figura 6 del Anexo B).

Herbazales Húmedos

El páramo de pajonal, domina el área como un inmenso mar de paja con manchones de arbustos y hierbas. Los géneros más importante son las gramíneas Calamagrostis, Stipa y Festuca (pajonal). Se presenta inmediatamente después del límite inferior de la zona del “súper páramo” y del límite superior del Bioma del bosque andino. En el área en estudio cubre extensas áreas, quebradas y faldas de elevaciones no muy altas; su crecimiento varía de alto a bajo (COSTECAM, 2006), como se observa en la (Figura 7 del Anexo B).

➤ **Almohadillas**

Son de composición florística, comprenden los pantanos constituidos por vegetación natural baja de tipo herbáceo localizadas sobre las depresiones, concavidades y ondulaciones de la sierra alta y desarrollada sobre suelos anegados permanente o temporalmente (Figura 8 del Anexo B). Las especies vegetales típicas de estas zonas podemos definir las que existen en los humedales del embalse La Mica, como consta en la (Tabla 1 del Anexo A).

CAPÍTULO 3

CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE MICA QUITO SUR (SMQS), DE LA EPMAPS.

3.1 INTRODUCCIÓN

A raíz del Primer Informe de Evaluación del IPCC en 1990, la Asamblea General de las Naciones Unidas, preparó la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) (1994). La primera publicación de metodologías propuestas por el IPCC se realizó en 1996, no obstante, la complejidad para definir factores de emisión que fuesen precisos y explicativos de cada una de las fuentes conllevó a realizar actualizaciones periódicas.

El quinto informe del IPCC se completará entre el 2013-2014, el primer borrador fue elaborado por 281 expertos de 56 países diferentes y revisado en 20 reuniones diferentes por más de 600 expertos de todas las regiones del mundo, la segunda revisión del borrador fue en febrero de 2013 (Instituto Español de Estudios Estratégicos, 2013). El informe interno del IPCC -Scoping document- no se caracteriza por ser optimista, advierte de la necesidad de mayores esfuerzos en reducir las emisiones de CO₂ por debajo de las 450 ppm antes de 2030. (blogs.lavanguardia.com, 2013).

La metodología aplicada en este estudio se basa en publicaciones internacionales en materia de Huella de Carbono, como el Protocolo GEI desarrollado por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, las Guías de Cuantificación y Reporte de emisiones de GEI del Departamento de Ambiente, Alimentos y Asuntos

Rurales de Reino Unido – DEFRA, los lineamientos metodológicos de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y Enfoques Metodológicos para el Cálculo de la Huella de Carbono del Observatorio de la Sostenibilidad de España. El periodo de investigación de este estudio está comprendido desde el enero 2009 a diciembre de 2012.

Planteamiento de objetivo

Identificar y cuantificar las fuentes de emisiones de GEI del Sistema Mica Quito Sur, a través de procedimientos científicos aceptados internacionalmente y adaptados al desempeño del Sistema Mica Quito Sur.

Pregunta clave

¿Cuáles son los factores que tienen mayor incidencia en la dinámica de emisiones a nivel del Sistema Mica Quito Sur?

3.2 CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Actualmente encontramos dos tipos de enfoques metodológicos básicos para el cálculo de la huella de carbono: el primero de ellos centrado en la empresa y el segundo en el producto, (Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2010).

El cálculo de la huella de carbono de la empresa, consiste básicamente en recopilar los datos referentes a los consumos directos e indirectos de materiales y energía de una organización y traducirlos en emisiones de CO₂ equivalentes con el fin de contar con un inventario de emisiones lo más completo posible. (Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2010).

El GhG Protocol, desarrollado por el WRI (World Resources Institute) y el WBCSD (World Business Council for Sustainable Development), es la guía más utilizada por las empresas para inventariar sus emisiones de GEI, calcular la huella de carbono y elaborar informes voluntarios. Una segunda herramienta para el cálculo de la huella de carbono de las empresas la encontramos en la norma ISO 14064: 2006 (partes 1 y 3), es un estándar internacional verificable, desarrollado como guía para que las empresas puedan elaborar e informar sobre su inventario de gases de efecto invernadero. La parte 1 "Especificaciones y directrices a nivel de organización para la cuantificación y notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero y la absorción", establece requisitos específicos para solucionar algunos problemas que surgen a la hora de marcar los límites de cálculo. La Parte 2 se centra en las

emisiones a nivel de proyecto y no es directamente relevante para el cálculo de la huella de carbono de la empresa. Por último, la Parte 3 "Especificaciones y directrices para la validación y verificación de las afirmaciones de gases de efecto invernadero", proporciona orientación sobre la verificación. La ISO 14064, es compatible con el GhG Protocol de WRI y WBCSD. (Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2010).

Frente a estas herramientas para el cálculo de huella de carbono de la empresa, encontramos la norma PAS 2050 y la futura norma ISO 14067 orientada hacia el cálculo de la HC de producto. En este caso el cálculo de la HC consiste básicamente en recopilar toda la información sobre los consumos de materia y energía en cada una de las etapas por las que va pasando un producto y traducirlas a emisiones de CO₂. El principal problema en este caso es que los cálculos exigen técnicas muy especializadas y exige la participación de los proveedores lo que puede limitar la independencia e incrementar el grado de subjetividad. (Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2010).

Existe un tercer tipo de enfoque desarrollado mediante la metodología denominada MC3. Se trata de un enfoque mixto orientado tanto a la organización como al producto permitiendo unificar y evitar esfuerzo y gasto. (Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2010).

La Comisión Europea ha realizado un análisis de más de 140 metodologías, de las cuales se encontraron que unos 80 métodos o iniciativas presentan un enfoque de organización y unos 60 enfoque de producto.

En la (Tabla 2) se puntualiza las metodologías utilizadas frecuentemente a nivel mundial, para calcular la huella de carbono tanto de organizaciones como de productos.

Tabla 2 Metodologías de cálculo de (HC) utilizadas en Europa y en el mundo.

Metodología	Ámbito de aplicación	Enfoque
Carbón Disclosure Project (CDP)	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Ampliamente adoptada.	Organización
Gases de Efecto Invernadero (GEI)	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Ampliamente adoptada.	Organización
WBCSD/WRI GHG Protocol Corporate Standard	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Ampliamente reconocida; base para otros estándares	Organización
ISO 14064:2006 (Partes 1 y 3)	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Estándar internacional verificable	Organización
ISO 14069	Aplicación voluntaria y de ámbito global. Estándar internacional verificable	Organización
French Bilan Carbone	Aplicación voluntaria y de ámbito europeo. Ampliamente reconocida	Organización
DEFRA Company GHG Guidance	Aplicación voluntaria y de ámbito europeo. Ampliamente reconocida	Organización
UK Carbon Reduction Commitment (CRC)	Aplicación obligatoria y de ámbito europeo. Cubre a los pequeños emisores	Organización
US EPA Climate Leaders Inventory Guidance	Aplicación voluntaria y de ámbito USA. Provee incentivos	Organización
US GHG Protocol Public	Aplicación voluntaria y de ámbito USA. Sector	Organización

Sector Standard	público	
PAS 2050	Aplicación voluntaria. Procedencia UK	Producto
KOREA PCF	Aplicación voluntaria. Metodología creada en Corea	Producto
Carbon Footprint Program	Aplicación voluntaria. Procedencia Japón	Producto
Carbon Index Casino	Aplicación voluntaria. Procedencia Francia	Producto
Greenext	Aplicación voluntaria. Procedencia Francia	Producto
Climate Certification System	Aplicación voluntaria. Procedencia Suecia	Producto
Climatop	Aplicación voluntaria. Procedencia Suiza	Producto
GHG Protocol-Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard	Aplicación voluntaria. Ámbito global	Producto
BP X30-323	Aplicación voluntaria. Procedencia Francia	Producto
ISO 14067	Aplicación voluntaria. Ámbito global	Producto

Fuente: (Observatorio de la Sostenibilidad en España, 2010)

3.3 PROTOCOLO DE CÁLCULO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

El Protocolo GEI es una metodología que ayuda a las empresas a realizar la contabilidad de sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Asimismo, esta metodología hace distinción entre emisiones directas, generadas por la propia empresa; y emisiones indirectas, ocurridas fuera de los límites de la organización.

Las emisiones indirectas se relacionan con los flujos de materiales y servicios que ingresan y egresan de la organización.

El Protocolo GEI exige reportar obligatoriamente dentro de una evaluación de huella de carbono las emisiones de todos los GEI contemplados en el Protocolo de Kioto (Tabla 3).

Tabla 3 Gases de efecto invernadero (GEI) definidos en el protocolo de Kioto

Gas de Efecto Invernadero	Fórmula Química
Dióxido de Carbono	CO ₂
Metano	CH ₄
Óxido Nitroso	N ₂ O
Hidrofluorocarbonos	HFC
Perfluorocarbonos	PFC
Hexafluoruro de Azufre	SF ₆

Fuente: IPCC, 2007

Las emisiones de una empresa se dividen en: Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3 como consta en la (Tabla 4).

Tabla 4 Clasificación de las emisiones de GEI en los tres alcances.

ALCANCE 1: DIRECTAS	ALCANCE 2: INDIRECTAS DE LA ENERGÍA	ALCANCE 3: OTRAS INDIRECTAS
Combustión de Combustibles (p. ej. calentadores o turbinas)	Consumo de electricidad, calor, vapor y refrigeración que se adquieren de forma externa	Materiales y combustibles adquiridos (p. ej. extracción, tratamiento y producción)
Transporte de flota propia (p. ej. turismos, camiones, avión o tren)		Actividades Relacionadas con el transporte (p. ej. viajes para ir al trabajo, viajes de trabajo, distribución)
Emisiones de proceso (p. ej. cemento, aluminio, tratamiento de residuos)		Tratamiento de residuos
Emisiones fugitivas (p. ej. fugas del aire acondicionado, fugas de CH4 de conductos)		Arrendamiento de activos, franquicias y compras externalizadas
		Venta de bienes y servicios (p. ej. uso de bienes y servicios)

3.3.1 Alcance 1

Incluye sólo a emisiones directas, provenientes de fuentes que son propiedad de la empresa o están controladas. Dentro del Alcance 1 se incluyen los siguientes elementos:

- Generación de electricidad, calor o vapor. Estas emisiones resultan de la combustión de combustibles en fuentes fijas: calderas, hornos, turbinas, etc.

- Procesos físicos o químicos. Liberación de GEI en reacciones químicas, resultante de la manufactura o el procesamiento de químicos y materiales, como cemento, aluminio, ácido adípico, manufactura de amoníaco y procesamiento de residuos.
- Transporte de materiales, productos, residuos y empleados. Estas emisiones resultan de la combustión de combustibles en fuentes móviles que son propiedad o están controladas por la empresa: camiones, trenes, barcos, aviones, autobuses y automóviles.
- Emisiones fugitivas. Estas emisiones resultan de liberaciones, como fugas en las juntas, sellos o empaques de los equipos; emisiones de metano provenientes de minas de carbón; emisiones de hidrofluorocarbonos (HFCs) durante el uso de equipo de aire acondicionado y refrigeración; y fugas de metano en el transporte de gas.

3.3.2 Alcance 2

Incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa. Electricidad adquirida se define como la electricidad que es comprada, o traída dentro del límite organizacional de la empresa. En este punto no se incluyen emisiones sucedidas en generadores eléctricos de propiedad de la empresa.

3.3.3 Alcance 3

Es una categoría de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas. Las emisiones del Alcance 3 son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa. Algunos ejemplos de emisiones que se contabilizan dentro del alcance 3 son:

Extracción y producción de materiales y combustibles adquiridos, entre estas emisiones se incluyen la combustión ocurrida en la maquinaria pesada, las fugas de gas natural, etc.

- Actividades relacionadas al transporte en vehículos pertenecientes a proveedores y otros contratistas.
- Actividades relacionadas con la electricidad no incluida en el Alcance 2, como las emisiones debidas a la extracción, producción y transporte de los combustibles consumidos en la generación, también se contabilizan aquí las emisiones vinculadas a las pérdidas de electricidad durante la distribución.
- Uso de productos y servicios vendidos, como por ejemplo la liberación de dióxido de carbono en bebidas carbonatadas, o las emisiones relacionadas a la electricidad consumida para la refrigeración de productos orgánicos.
- Disposición de residuos, como la liberación de metano y otros GEI en la descomposición de desechos como papeles o cartón.
- La ejecución de los lineamientos del Protocolo GEI requiere la determinación de límites organizacionales como un primer paso para consolidar un inventario de emisiones corporativo. Estos límites organizacionales permiten definir aquellas unidades de negocio y operacionales que serán evaluadas para fines de contabilidad y reporte de GEI, asegurando la consistencia de los datos a partir del uso de un único enfoque de consolidación dentro de la organización. Los límites organizacionales pueden definirse a través de dos enfoques claramente diferenciables:
 - **Enfoque de participación accionaria:** La utilización de este enfoque comprende la consolidación de las emisiones de GEI en base a la proporción de la estructura accionaria de la organización. Así, los porcentajes de propiedad determinan los derechos que una empresa tiene sobre los riesgos y beneficios que se derivan de una operación.
 - **Enfoque de control:** El enfoque de control comprende la contabilización de emisiones de GEI atribuibles a las operaciones bajo el pleno control de la organización. La aplicación de este enfoque metodológico se apoya en los siguientes criterios:
 - **Control financiero:** Este criterio permite la inclusión de todas las actividades/operaciones sobre las que la organización tiene facultad de dirigir políticas financieras y operativas. En otros términos, la esencia económica de la

relación entre la empresa y una operación determinada toma precedencia sobre el estatuto legal de propiedad.

- **Criterio de control operacional:** En función de este criterio la empresa debe incluir todas las actividades/operaciones sobre las que tiene autoridad plena para introducir e implementar políticas operativas.

Una vez concluida la determinación de los límites organizacionales, la metodología precisa la necesidad de definir límites operacionales. Este paso comprende la identificación de las fuentes de emisiones asociadas a las operaciones de la organización, la clasificación de las mismas como directas o indirectas y la selección de alcances de acuerdo a la definición del propio estándar.

Las exclusiones de fuentes son aceptables, siempre y cuando la organización haga su mayor esfuerzo para incorporar la mayor cantidad de fuentes. Como regla general se admite la exclusión de fuentes cuyo valor no exceda el 5% del inventario total, lo que se denomina umbral de materialidad.

El Protocolo GEI reconoce la existencia de distintos métodos de cálculo de emisiones GEI y brinda la flexibilidad necesaria para que cada organización determine el procedimiento más conveniente de cálculo de acuerdo a su propia realidad y conveniencia. Dentro de los métodos de cálculo referenciales, a los que hace mención el Protocolo GEI, encontramos métodos basados en el balance de masa, factores genéricos de emisión y métodos basados en monitoreo directo de emisiones. De acuerdo al protocolo GEI, las empresas deben utilizar el método de cálculo más exacto a su disposición, asimismo factores de emisión más específicos son preferibles a otros más genéricos.

Actualmente existen múltiples bases de datos confiables de factores de emisión usadas con frecuencia en el ámbito de las evaluaciones de huella de carbono. La página web del Protocolo GEI brinda una lista de bases de datos de factores de GEI y otras herramientas para la huella de carbono.

Los resultados de una evaluación de huella de carbono se expresan habitualmente en Kilogramos o Toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente (kgCO_2e o tCO_2e). Es decir luego de una evaluación de huella de carbono se puede concluir por ejemplo, que la huella de una empresa es 500 tCO_2 . Las unidades CO_2e son unidades de masa, que representan la masa de GEI liberadas a la atmósfera. Fueron definidas con el fin de unificar el efecto provocado por los 6 GEI considerados por el Protocolo GEI, ya que para una misma masa de gas emitida, los distintos GEI producen una intensidad de efecto invernadero diferente, debido a sus propiedades físico-químicas únicas y a los diferentes periodos de permanencia en la atmósfera que exhiben.

En debida cuenta, a cada GEI se le asignó un factor denominado Potencial de Calentamiento Global (PCF) o Global Warming Potential (GWP) que compara la magnitud absoluta de su impacto en la atmósfera con el impacto producido por el dióxido de carbono. De esta manera, al multiplicar una masa de GEI por su PCF respectivo se convierte a unidades de CO_2e . La (Tabla 2 del Anexo A) proporciona el Potencial de Calentamiento Global de los GEI incluidos en el Protocolo de Kioto.

3.4 METODOLOGÍA APLICADA AL CÁLCULO DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI) EN EL SISTEMA MICA QUITO SUR

Para este estudio, los límites organizacionales se definieron de acuerdo a un enfoque de control financiero, es decir que la evaluación de huella de carbono incluye todas las actividades sobre las cuales la EPMAPS tiene la facultad absoluta de implantar nuevas políticas o modificar las ya existentes.

A través de reuniones, conversaciones e intercambio de información con personal del Sistema Mica Quito Sur de la EPMAPS, se determinó las principales fuentes de emisiones dentro de la organización, (Tabla 5) las que a su vez se incluyeron en el presente estudio de huella de carbono.

Tabla 5 Fuentes de emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) en el SMQS

N°	Fuente de Emisión	Origen	Alcance
1	Emisiones por combustión en máquinas y vehículos bajo control del SMQS.	Directo	Alcance 1
2	Emisiones ocurridas durante la construcción de embalses administrada por el SMQS.	Directo	Alcance 1
3	Emisiones relacionadas con la electricidad adquirida por el SMQS.	Indirecto	Alcance 2
4	Emisiones vinculadas al ciclo de vida de los materiales y bienes adquiridos durante el periodo de evaluación.	Indirecto	Alcance 3
5	Emisiones vinculadas al ciclo de vida de materiales destinados a la construcción de obras ejecutadas por el SMQS.	Indirecto	Alcance 3
6	Emisiones vinculadas al ciclo de vida de los servicios contratados por el SMQS.	Indirecto	Alcance 3
7	Emisiones atribuidas a los combustibles consumidos por terceros para el transporte de empleados durante viajes de negocios y operativos.	Indirecto	Alcance 3
8	Emisiones atribuidas a los combustibles consumidos por terceros o los propios trabajadores del para el transporte de los empleados del SMQS entre su hogar y su centro de labores.	Indirecto	Alcance 3

En esta metodología de cálculo para la evaluación se utiliza, factores de emisión genéricos que convierten los datos de actividad recolectados de consumos y residuos en emisiones liberadas.

El presente estudio se basa en los datos recopilados del período 2009 al 2012. Los bienes del Sistema Mica Quito Sur tienen un largo tiempo vida o uso, sin

embargo, de acuerdo a la recomendación del Protocolo GEI se consideraron en la evaluación aquellos bienes adquiridos durante el período de evaluación.

La información fue procesada mediante el uso de una herramienta de cálculo, para lo cual se consultó la página web del Protocolo GEI las bases de datos de factores de GEI y otras herramientas para la huella de carbono como: Defra/DECC (Factores de emisión para combustibles, transporte) y GHG Tools (Herramientas para el cálculo de emisiones para diferentes sectores).

A continuación se describe la metodología aplicada para determinar las emisiones originadas a partir de las distintas fuentes de emisiones.

3.4.1 Emisiones por combustión en máquinas y vehículos

La quema de combustibles como la gasolina, el diesel, el propano, el gas natural, etc. liberan gases a la atmósfera; entre ellos los GEI. En el mundo de hoy, la combustión ocurre en un sin número de maquinaria y vehículos, tales como generadores eléctricos, hornos, bombas, máquinas de soldar, camiones, montacargas, helicópteros entre otros.

Diferentes entidades a nivel mundial publican factores de emisión vinculados a la combustión, recorridos o carga transportada por los vehículos, dichos factores relacionan la cantidad de GEI liberada por consumo de combustible, distancia recorrida y toneladas transportadas respectivamente.

La precisión en los cálculos estará determinada por la metodología aplicada obteniéndose una mayor precisión con metodologías basadas en el uso de factores de emisión relacionados al consumo de combustibles, seguido de metodologías basadas en las distancias recorridas y finalmente las metodologías vinculadas a las toneladas transportadas por vehículos transportados.

Las metodologías disponibles para el cálculo de emisiones de alcance 1 por combustión de maquinarias y vehículos, mencionadas en los párrafos anteriores se desarrollan a continuación:

3.4.2 Metodología de cálculo de emisiones gases de efecto invernadero (GEI) por consumo de combustible.

En general, los factores de emisión por combustión son medidos en ensayos físicos-químicos a través de balances de masa permitiendo la cuantificación de las emisiones de GEI en virtud de un consumo reportado de combustible.

Inicialmente se debe verificar que la fuente de emisión pertenezca al alcance 1 del Protocolo GEI, ello se cumple sólo si la decisión final sobre la adquisición del combustible fue potestad de la empresa que se va a evaluar la huella de carbono.

En primer lugar, la empresa debe recolectar información sobre la cantidad en litros, toneladas o unidades equivalentes de combustible adquirido durante el período evaluado. Se asume que todo el combustible adquirido es quemado durante el período evaluado. Es preciso recolectar información a partir de registros de ingreso de almacenes, y además mantener un registro de consumos efectuados por los vehículos de la empresa durante su operación.

Se debe considerar la información de cada tipo de combustible en forma individual, debido a que durante la combustión cada uno libera diferente cantidad y composición de emisiones de GEI.

Una vez levantada la base de datos se obtienen las emisiones totales, de la sumatoria del producto de los consumos reportados referidos a cada tipo de combustible por un factor de emisión correspondiente a la quema del combustible específico, según la siguiente ecuación:

Ecuación 3.1

$$E_c = \sum CC_i \times FE_i$$

Donde:

E_c =Emisiones por consumo de combustible, CO₂e

CC =Consumo de combustible, litros o ton

FE=Factor de emisión, $\frac{CO_2e}{\text{litros}}$ o $\frac{CO_2e}{\text{ton}}$

i =Cada combustible

Es necesario que las unidades del factor de emisión utilizadas sean correspondientes a las unidades en que se reporta el consumo de combustible.

El resultado es la cantidad total de emisiones liberadas por la quema de los combustibles empleados en el proceso de captación, conducción y tratamiento de agua a potable en el SMQS, estas emisiones se expresan en unidades de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e).

Los factores de emisión se pueden extraer de cualquier base de datos confiable. En este estudio, se usaron los factores de emisión por combustión provistos por la base de datos elaborada por el DECC (Department of Energy and Climate Change) en conjunto con el Defra (Department of Environment, Food and Rural Affairs) en el año 2012 (DEFRA, 2012), denominado de aquí en adelante Defra/DECC (Tabla 3 del Anexo A) Es preferible elegir el factor de emisión directo total de Alcance 1, que representa las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O emitidas en un proceso de combustión, ya que la tabla de Defra/DECC y otras, también presentan factores de emisión indirectos de alcance 3, que sólo representan emisiones asociadas a la extracción, fabricación y distribución de los combustibles.

3.4.3 Metodología de cálculo de emisiones GEI por distancia recorrida.

Las emisiones de GEI asociadas a las fuentes móviles del Alcance 1 pueden determinarse a partir de las distancias recorridas por los vehículos bajo el control financiero u operacional de la empresa.

La literatura provee factores de emisión que permiten relacionar la distancia recorrida por vehículos (vkm) con la cantidad de emisiones de GEI liberadas. La metodología que se desarrollará a continuación se fundamenta en el uso de tales factores.

Para la identificación de los factores de emisión convenientes es preciso considerar características adicionales del vehículo según la disponibilidad de información, entre ellas el tamaño de vehículo, el tipo de combustible utilizado, la capacidad del motor y el rendimiento de combustible.

En los casos que la información sobre el rendimiento de combustible por distancia recorrida se encuentre disponible, es recomendable realizar la estimación del consumo de combustible del vehículo y aplicar la metodología por consumo de combustible detallada en este punto.

En su defecto, cuando la información del rendimiento de combustible no se encuentre disponible, las emisiones totales se deben calcular según la siguiente ecuación, en función la sumatoria de las distancias recorridas por vehículo durante el período de evaluación y los factores de emisión correspondientes al tipo de vehículo.

Ecuación 3.2

$$E_v = \sum DR_i \times FE_i$$

Donde:

E_v =Emisiones por uso de vehículo, CO₂e

DR =Distancia Recorrida, km

FE=Factor de emisión según el tipo de vehículo, $\frac{\text{CO}_2\text{e}}{\text{vkm}}$

i =Cada tipo de vehículo

La ecuación da como resultado la cantidad de emisiones liberadas durante las distancias recorridas por los vehículos bajo el control operacional del SMQS, expresadas en unidades de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e).

Existe un amplio espectro de investigaciones y bases de datos, que publican factores de emisión basados en las distancias recorridas por tipo de vehículo (Tabla 4 del Anexo A) dependiendo de su confiabilidad se puede seleccionar cualquiera de ellas. Una de las publicaciones más confiables que proporciona este tipo de factores de emisiones es la Guía de factores de conversión del DEFRA/DECC, la cual inclusive detalla factores de emisión según el tipo de vehículo y características específicas como el tipo de combustible, el tamaño del vehículo y la capacidad del motor.

3.4.4 Metodología de cálculo de emisiones GEI por carga transportada

El cálculo de las emisiones asociadas a los vehículos de transporte de carga bajo el control financiero u operacional de la compañía puede realizarse en base a la información de las cargas transportadas y las distancias recorridas por los vehículos durante el período de evaluación, los datos se tomaron de la Base de datos de la Unidad de Transporte de la EPMAPS (Tabla 5 del Anexo A).

Es preciso acotar que esta metodología es aplicable para vehículos de carga que realicen recorridos habituales, es decir vehículos de carga que transporten artículos desde un punto de partida específico hacia un destino específico bajo un cronograma de envíos. A continuación se desarrollará la metodología fundamentada en el uso de factores de emisión asociados a los bienes transportados.

Como primer paso para obtener la información base se requiere construir un inventario que reporte las toneladas transportadas por tipo de vehículo, detallando

además las características del vehículo en términos de tamaño del vehículo, peso al vacío, peso bruto, porcentaje de carga promedio, rendimiento del vehículo, así como los recorridos habituales del vehículo en función de los kilómetros de ida y retorno y el número de viajes realizados durante el período evaluado.

Una vez recopilados los datos, las emisiones totales se calculan según la siguiente ecuación, en función de la sumatoria de las distancias recorridas por vehículo y los factores de emisión correspondientes al tipo de vehículo.

Ecuación 3.3

$$E_{vc} = \sum BT \times DR_{rh} \times FE$$

Donde:

E_{vc} = Emisiones por uso de vehículos de carga, CO₂e

BT = Bienes Transportados, ton

DR = Distancia Recorrida por vehículo, km

FE = Factor de emisión según el tipo de vehículo, $\left(\frac{\text{CO}_2\text{e}}{\text{ton} \cdot \text{km}}\right)$

rh = Ruta habitual

Aplicando la ecuación se obtiene la cantidad de emisiones GEI generadas por los vehículos de carga bajo el control financiero u operacional de la empresa, expresadas en unidades de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e).

Existe un amplio espectro de investigaciones y bases de datos que publican factores de emisión basados en las toneladas transportadas recorridas y dependiendo de su confiabilidad se puede seleccionar cualquiera de las herramientas. Una de las publicaciones más confiables que proporciona este tipo de factores de emisiones es la Guía de factores de conversión del DEFRA/DECC, la cual detalla factores de

emisión según el tipo de vehículo y características específicas como el tipo de combustible utilizado, la capacidad de carga del vehículo y la capacidad del motor.

3.4.5 Alcance 1: Emisiones ocurridas durante la construcción del embalse La Mica perteneciente al Sistema Mica Quito Sur SMQS de la EPMAPS

Existe suficiente evidencia que demuestra que las grandes represas son la fuente mayor de contaminantes que agravan el cambio climático," dijo Patrick McCully, director ejecutivo de la Red Internacional de los Ríos (IRN, en inglés).

Los cálculos hechos por (Lima 2007) explican que las 52.000 represas en el mundo contribuyen más de 4% al calentamiento global debido al impacto de actividades humanas. También explican que los embalses son la fuente más grande de emisiones causadas por humanos, contribuyendo a alrededor de un cuarto de estas emisiones (Fundación Proteger, 2007).

Las emisiones alcanzan sus más altos niveles justo después de la construcción del embalse, debido a la descomposición de la vegetación y la materia orgánica del suelo. A medida que los embalses envejecen, disminuyen las emisiones. Los Sistemas de agua fría se estabilizan más rápido que los de agua caliente (NCYT, 2011), que es caso de La Mica.

El embalse La Mica se considera dentro del alcance 1 del Protocolo GEI, para el cálculo de estas emisiones se aplicó la metodología aprobada y consolidada ACM0002 (Consolidated baseline methodology) por la UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), la cual indica que sólo se contabilizan emisiones a causa de nuevos proyectos que entraron en operación durante el período de evaluación. Se estima que un proyecto entró en operación desde el instante en que por primera vez proporcionó electricidad de la red interconectada o abastece de agua.

Por otra parte, como nuevos proyectos se definen la construcción de nuevos embalses o el incremento de capacidad de embalses ya existentes; por embalses ya existentes se definen aquellos que se encuentran en operación por un período de tres

o más años. De esta manera las emisiones se computan de acuerdo a las siguientes ecuaciones:

- a) Si la Densidad de Potencia (DP) del embalse o los embalses es mayor a 4 W/m^2 y menor o igual a 10 W/m^2

Ecuación 3.4

$$PE_{HP,y} = \frac{EF_{Res} * TEG_y}{1000}$$

Donde:

$PE_{HP,y}$ = Emisiones asociada a los nuevos proyectos, tCO₂e/año

EF_{Res} = Factor de emisión por defecto para embalses de centrales Hidroeléctricas en el año “y”, kgCO₂e/año. (Según esta misma metodología el factor usado es 90 kgCO₂e/Mwh).

TEG_y = Electricidad total producida por el nuevo proyecto en el año “y”, Mwh

- b) Si la Densidad de Potencia del nuevo proyecto es mayor a 10 W/m^2
- $$PE_{HP,y} = 0$$

La Densidad de Potencia (DP) se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 3.5

$$PD = \frac{Cap_{PJ} - Cap_{BL}}{A_{PJ} - A_{BL}}$$

Donde:

PD = Densidad de Potencia del nuevo proyecto, W/m²

CapPJ = Capacidad instalada de la central hidroeléctrica después de la implementación del nuevo proyecto, W

CapBL = Capacidad instalada de la central hidroeléctrica antes de la implementación del nuevo proyecto, W (Para nuevas centrales, este valor es cero)

APJ = Área del embalse o los embalses medida en la superficie del agua después de la implementación del nuevo proyecto, cuando el embalse está lleno, m²

ABL = Área del embalse o los embalses medida en la superficie del agua antes de la implementación del nuevo proyecto, cuando el embalse está lleno m² (Para nuevas centrales, este valor es cero)

c) Si la Densidad de Potencia es menor a 4 W/m², simplemente esta metodología no es aplicable.

Las emisiones totales se computan al sumar las emisiones parciales de cada embalse.

Ecuación 3.6

$$E_e = \sum PE_{HP,y_i}$$

Donde:

E_e = Emisiones de embalses, CO₂e

$PE_{HP,y}$ = Emisiones asociada a los nuevos proyectos, tCO₂e/año

i = Cada embalse

En vista de las ecuaciones exhibidas, se requiere recolectar información sobre las dimensiones del embalse y la capacidad o potencia instalada de la hidroeléctrica que hace uso de dicho embalse antes y después del período de evaluación de la huella de carbono. Asimismo, es necesario contar con datos sobre la electricidad producida por el nuevo proyecto durante el período de estudio.

3.4.6 Alcance 2: Emisiones relacionadas con la electricidad adquirida por el Sistema Mica Quito Sur de la EPMAPS.

Las emisiones de Alcance 2 relativas a la electricidad adquirida se relacionan con los procesos que se llevan a cabo en las centrales de generación eléctrica. Así, por ejemplo, centrales térmicas que utilizan combustibles fósiles obviamente producirán emisiones por combustión. Desde hace unos años, a nivel mundial, organismos públicos enfocados al tema del medioambiente, se han abocado a la tarea de medir los factores de emisión de sus sistemas eléctricos nacionales o internacionales, tales factores vinculan las emisiones de GEI con la electricidad generada en la red eléctrica.

En la práctica, suelen desestimarse las pérdidas por transmisión, que usualmente son menores al 1%; por tanto los mismos factores de emisión pueden interpretarse como indicadores de la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitida por unidad de energía eléctrica consumida. La metodología detallada en seguida, fue pensada para ser usada en conjunto con factores de emisión por electricidad, a partir del levantamiento de información sobre el consumo de electricidad en la empresa.

Primero, es imprescindible recolectar información sobre el consumo de electricidad adquirida (Kwh o Mwh) de la empresa durante el período evaluado, es decir el consumo eléctrico total menos el consumo proveniente de la autogeneración suministrada por la propia empresa.

Para realizar tal contabilidad, es factible recurrir a las facturas eléctricas correspondientes a instalaciones bajo el control de la organización.

Concluida la recopilación de datos, el consumo reportado se multiplica por un factor de emisión correspondiente al Sistema Nacional Interconectado del Ecuador (SNI), obteniéndose las emisiones totales debido a electricidad adquirida según la siguiente ecuación:

Ecuación 3.7

$$E_E = CE \times FE$$

Donde:

E_E = Emisiones por consumo de electricidad, CO₂e

CE = Consumo de Electricidad, Kwh o Mwh

FE = Factor de emisión,

$$\frac{\text{CO}_2\text{e}}{\text{Kwh}} \quad \frac{\text{CO}_2\text{e}}{\text{Mwh}}$$

Es importante prestar atención al hecho que las unidades del factor de emisión utilizado se correspondan con las unidades en que se reporta el consumo eléctrico. El resultado de la ecuación entrega la cantidad de emisiones liberadas por la adquisición de electricidad, estas emisiones se expresan en unidades de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e).

El factor de emisión utilizado en esta evaluación se obtuvo de los estudios llevados a cabo por la Corporación Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) (SNI, 2011).

Se debe mencionar, que el factor de emisión a usarse es el factor de margen combinado ($EF_{\text{grid,CM,y}}$) correspondiente a Hidroeléctricas y Termoeléctricas, ya que estas centrales de generación proveen más del 95 % de electricidad en Ecuador (CONELEC, 2011).

Asimismo se tiene la opción de elegir entre un factor de emisión Ex Post y uno Ex Ante, un factor Ex Ante se basa en un promedio de múltiples años, mientras que un factor Ex Post se realiza a partir de información del último año de operación. En una evaluación de huella de carbono es factible emplear cualquiera de los dos

factores indistintamente, en el presente estudio se escogió un factor Ex Ante, porque el factor de emisión del SNI no es actualizado periódicamente, entonces se consideró que un factor Ex Ante resulta más representativo de la realidad actual desde un punto de vista probabilístico.

La determinación de estos factores de emisión eléctricos sigue generalmente las metodologías de la UNFCCC y relacionan principalmente la cantidad de GEI emitida por la quema de combustibles fósiles en centrales eléctricas con la producción final de electricidad en dichas instalaciones.

3.4.7 Alcance 3: Emisiones vinculadas al ciclo de vida de los materiales y bienes adquiridos por el Sistema Mica Quito Sur de la EPMAPS durante el período de evaluación

Inicialmente se requiere de la elaboración de un inventario de todos los materiales y bienes consumidos por el SMQS y el costo de adquisición en USD \$ u otra unidad equivalente.

Los datos utilizados en los cálculos de emisiones para la fuente de GEI, se obtuvieron de la Gerencia Financiera de La EPMAPS que cuenta con el Programa Informático AS400 donde constan los gastos e inversiones realizadas por la empresa y del Plan Anual de Contrataciones (PAC).

La información debe recopilarse de forma independiente por cada tipo de material o bien, ya que las emisiones asociadas al ciclo de vida de materiales y bienes varían entre uno y otro. A modo de segundo paso previo al cálculo, cada material o bien dentro del inventario debe relacionarse con una de las categorías especificadas en la (Tabla 6).

Tabla 6. Factores de emisión de ciclo de vida de Alcance 3.

Componente	Categoría	Unidad	FFEE
Productos de cadena de suministro	Productos agropecuarios	kgCO ₂ e/\$	2,68
	Productos forestales	kgCO ₂ e/\$	0,4
	Productos pesqueros	kgCO ₂ e/\$	0,72
	Carbón, lignita, turba	kgCO ₂ e/\$	6,13
	Petróleo crudo, gas natural	kgCO ₂ e/\$	0,72
	Minerales de metales	kgCO ₂ e/\$	n/a
	Piedra, arena, arcilla y otros minerales	kgCO ₂ e/\$	1,08
	Productos alimenticios y bebidas	kgCO ₂ e/\$	0,97
	Productos de tabaco	kgCO ₂ e/\$	0,13
	Textiles	kgCO ₂ e/\$	0,32
	Vestimenta	kgCO ₂ e/\$	0,29
	Productos de cuero	kgCO ₂ e/\$	0,3
	Madera y productos de madera	kgCO ₂ e/\$	0,8
	Productos de pulpa y papel	kgCO ₂ e/\$	0,78
	Impresiones, ediciones y publicaciones	kgCO ₂ e/\$	0,36
	Petróleo refinado y otros combustibles	kgCO ₂ e/\$	1,06
	Gases y tintes industriales	kgCO ₂ e/\$	1,06

Continua 

Químicos inorgánicos	kgCO ₂ e/\$	1,36
Químicos orgánicos	kgCO ₂ e/\$	1,06
Fertilizantes	kgCO ₂ e/\$	2,25
Plásticos y resinas sintéticas, etc.	kgCO ₂ e/\$	1,08
Pesticidas	kgCO ₂ e/\$	0,97
Pinturas, barnices, tinta de impresión, etc.	kgCO ₂ e/\$	0,5
Productos farmacéuticos	kgCO ₂ e/\$	0,43
Jabones y productos de aseo	kgCO ₂ e/\$	0,33
Otros productos químicos	kgCO ₂ e/\$	0,76
Fibras artificiales	kgCO ₂ e/\$	1,54
Productos de caucho	kgCO ₂ e/\$	0,67
Productos de plástico	kgCO ₂ e/\$	0,85
Vidrio y productos de vidrio	kgCO ₂ e/\$	1,25
Bienes cerámicos	kgCO ₂ e/\$	0,58
Productos cerámicos para construcción	kgCO ₂ e/\$	1,68
Cemento, cal, yeso	kgCO ₂ e/\$	6,78
Artículos de concreto, piedra, etc.	kgCO ₂ e/\$	1,21
Hierro y acero	kgCO ₂ e/\$	2,97

Metales no ferrosos	kgCO ₂ e/\$	1,92
Piezas fundidas	kgCO ₂ e/\$	1,12
Productos de metal	kgCO ₂ e/\$	1,07
Maquinaria y equipamiento	kgCO ₂ e/\$	0,7
Maquinaria de oficina y computadoras	kgCO ₂ e/\$	0,53
Maquinaria eléctrica	kgCO ₂ e/\$	0,62
Radio, televisión y comunicaciones	kgCO ₂ e/\$	0,48
Instrumentos médicos y de precisión	kgCO ₂ e/\$	0,3
Manufactura de vehículos motorizados	kgCO ₂ e/\$	0,7
Otros equipos de transporte	kgCO ₂ e/\$	0,59
Muebles, otros bienes manufacturados, reciclaje	kgCO ₂ e/\$	0,48
Producción y distribución de electricidad	kgCO ₂ e/\$	4,8
Distribución de gas	kgCO ₂ e/\$	2,03
Distribución de agua	kgCO ₂ e/\$	0,44
Construcción	kgCO ₂ e/\$	0,49
Distribución, reparación de vehículos motorizados	kgCO ₂ e/\$	0,77
Venta al por mayor	kgCO ₂ e/\$	0,51
Venta al por menor	kgCO ₂ e/\$	0,38

Continua 

Hoteles, catering, pubs, etc.	kgCO ₂ e/\$	0,49
Transporte férreo	kgCO ₂ e/\$	0,93
Transporte por carretera	kgCO ₂ e/\$	0,95
Transporte marítimo	kgCO ₂ e/\$	1,96
Transporte aéreo	kgCO ₂ e/\$	2,86
Servicios auxiliares relacionados al transporte	kgCO ₂ e/\$	0,32
Servicios postales y telecomunicaciones	kgCO ₂ e/\$	0,41
Finanzas y banca	kgCO ₂ e/\$	0,15
Seguros y fondos de pensiones	kgCO ₂ e/\$	0,28
Servicios financieros auxiliares	kgCO ₂ e/\$	0,23
Actividades de bienes raíces	kgCO ₂ e/\$	0,12
Arrendamiento de maquinaria, etc.	kgCO ₂ e/\$	0,32
Servicios informáticos	kgCO ₂ e/\$	0,2
Investigación y desarrollo	kgCO ₂ e/\$	0,3
Servicios legales, consultoría y otras actividades	kgCO ₂ e/\$	0,17
Administración pública y defensa	kgCO ₂ e/\$	0,39
Educación	kgCO ₂ e/\$	0,23
Salud y trabajo social	kgCO ₂ e/\$	0,34

Continua 

Servicios de alcantarillado y manejo de desechos	kgCO ₂ e/\$	1,42
Asociaciones	kgCO ₂ e/\$	0,15
Servicios recreacionales	kgCO ₂ e/\$	0,28
Otros servicios	kgCO ₂ e/\$	0,31

Fuente: DEFRA, 2012 - Tabla 13.

Estas categorías y sus factores de emisión correspondientes se recogieron de la base de datos Defra/DECC.

Las emisiones totales por materiales/bienes se calculan de acuerdo a la siguiente ecuación, en función de factores de emisión correspondientes a cada categoría específica de material o bien.

Ecuación 3.8

$$E_{mb} = \sum CM_i \times FE_i$$

Donde:

E_{mb} = Emisiones por materiales y bienes, CO₂e

CM = Consumo de materiales o bienes, USD \$

FE = Factor de emisión según categoría, $\frac{CO_2e}{USD \$}$

i = Cada tipo de material

El resultado de la ecuación entrega la cantidad de emisiones liberadas durante el ciclo de vida de materiales o bienes, expresada en unidades de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e).

Ciertamente esta metodología de cálculo conlleva una alta incertidumbre, sin embargo resulta una opción valiosa para identificar en una primera instancia aquellos recursos que generan la mayor cantidad de emisiones.

Posteriormente, se determinan las emisiones por ciclo de vida de dichos materiales o bienes representativos con mayor precisión. Para ello, una manera de proceder es obtener factores de emisión más específicos de bases de datos abiertas o privadas, y en los casos donde no se hallen los factores en la literatura, se deberá coordinar con los proveedores de la EPMAPS para solicitar información sobre sus flujos de materia y energía; y así, calcular factores de emisión particulares de forma propia. Con los factores precisos definidos también en unidades de CO₂e/USD \$, es factible utilizar la misma ecuación anterior para determinar la cantidad de emisiones liberadas.

3.4.7.1 Emisiones vinculadas al ciclo de vida de materiales destinados a la construcción de obras ejecutadas en el SMQS.

Si los materiales empleados en obras de construcción están inventariados en el PAC de forma individual, entonces el cálculo de emisiones para estas fuentes seguiría el mismo procedimiento que la sección anterior, relativa al cálculo de emisiones vinculadas al ciclo de vida de materiales y bienes. Si en el PAC sólo consta la obra realizada y el costo de la misma, entonces es necesario hacer un estimado de los materiales que fueron utilizados en la construcción de la obra de acuerdo a la clasificación (Tabla 7).

Tabla 7. Clasificación de obras

Código	Clasificación de Obras
001	Carreteras con pavimento de hormigón, canales y túneles gran sección
002	Pistas y caminos de hormigón
003	Firme, pistas y pavimentación base bituminosa
004	Zanjas, túneles, pequeña sección, pozos o gal; obras fábrica
005	Movimiento de tierras, rellenos, muelles, dragados (fondo blando y duro), escolleras sin armar
006	Grandes canales; presas de tierra y escollera
007	Obras gran volumen hormigón; diques, puentes
008	Obras metálicas; hormigón muy armado; ferrocarriles; torres metálicas
009	Edificios de fábrica u hormigón
010	Edificios estructura metálica o mixta con metal
011	Líneas eléctricas hasta 45 k; subestaciones o instalaciones aéreas
012	Instalaciones eléctricas subterráneas baja tensión
013	Instalaciones de iluminación (pistas, balizas, etc.)
014	Obras de jardinería y plantaciones

Fuente: Hoja de Cálculo de Doménech.

Para el cálculo, se utilizó la (Tabla 8), denominada Matriz de Obras (Doménech Quesada, Carballo Penela, Jiménez Herrero, & De la Cruz Leiva, 2010).

En primer lugar el costo total de la obra se debe multiplicar por el factor de Importe sin beneficios para descontar así los beneficios industriales, y luego se debe dividir entre el factor de precio no revisado, donde tal factor hace referencia al hecho de que en general un porcentaje del importe total de la obra no está sujeto a revisión de precios.

Tabla 8. Matriz de obras

Tipo de Obra ¹	Importe sin beneficios	Precio no revisado	Mano de obra	Energía	Cemento	Siderúrgico	Ligantes bituminosos	Cerámicos	Madera	Cobre
1	0,81	0,85	0,34	0,26	0,05	0,18	0,02	0	0	0
2	0,81	0,85	0,36	0,27	0,19	0,03	0	0	0	0
3	0,81	0,85	0,29	0,19	0	0,11	0,26	0	0	0
4	0,81	0,85	0,34	0,16	0,18	0,14	0	0	0,03	0
5	0,81	0,85	0,31	0,54	0	0	0	0	0	0
6	0,81	0,85	0,27	0,21	0,12	0,25	0	0	0	0
7	0,81	0,85	0,28	0,11	0,32	0,14	0	0	0	0
8	0,81	0,85	0,29	0,09	0,08	0,39	0	0	0	0
9	0,81	0,85	0,35	0,09	0,1	0,13	0	0,12	0,06	0
10	0,81	0,85	0,34	0,09	0,08	0,2	0	0,08	0,06	0
11	0,81	0,85	0,28	0	0,05	0,22	0	0	0,02	0,28
12	0,81	0,85	0,24	0	0,12	0,09	0	0	0	0,4
13	0,81	0,85	0,2	0,12	0	0,2	0	0	0	0,33
14	0,81	0,85	0,47	0,28	0	0	0	0,05	0,05	0

Fuente: Hoja de Cálculo de Doménech.

De la Matriz de Obras se obtienen factores de consumo en función del tipo de obra ejecutada, entonces al multiplicar dichos factores de consumo por el nuevo costo normalizado de la obra se obtiene una estimación de los consumos requeridos de los distintos materiales (energía, siderúrgicos, madera, cerámicos, etc.) durante la realización de la obra.

¹ Seleccionado según la clasificación de la tabla 21.

La energía es un caso especial, puesto que Doménech lo asocia únicamente al consumo de diesel; en este estudio se ha conservado dicha consideración. En la siguiente ecuación se realizan los cálculos:

Ecuación 3.9

$$CM_i = CO \times \frac{FI}{FP} \times FC_i$$

Donde:

CM=Consumo de material, USD \$

CO=Costo de la obra, USD \$

FI =Factor de Importe sin beneficio

FP=Factor de Precio no revisado

FC=Factor de consumo,

i =Según el tipo de obra

El resultado de la ecuación define el consumo del material de construcción particular (i) expresado en dólares americanos. En seguida, las emisiones totales generadas se calculan a partir de la siguiente ecuación:

Ecuación 3.10

$$E_{mc} = \sum CM_i \times FE_i$$

Donde:

Emc=Emisiones por materiales de construcción, CO2e

CM=Consumo de materiales o bienes, USD \$

FE = Factor de emisión, $\frac{\text{CO}_2e}{\text{USD \$}}$

I = Cada uno de los materiales de construcción

Los factores de emisión relativos a los materiales de construcción se definen igual que en la sección anterior a partir de las categorías establecidas en la (Tabla 8). El resultado de la ecuación previa, da como resultado la cantidad de emisiones liberadas en relación al ciclo de vida de materiales de construcción, expresadas en unidades de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e).

3.4.7. 2 Emisiones vinculadas al ciclo de vida de los servicios contratados para el SMQS.

El cálculo de estas emisiones sigue los mismos pasos que la sección anterior referente al cálculo de emisiones vinculadas al ciclo de vida de materiales y bienes.

En el PAC constan los gastos e inversiones de cada servicio contratado por la EPMAPS para el SMQS con el costo de adquisición en USD \$. Igualmente, cada servicio dentro del inventario debe relacionarse con una de las categorías especificadas en la (Tabla 7) anteriormente descrita.

Las emisiones totales por servicios resultan de la siguiente ecuación, en función de factores de emisión correspondientes a cada categoría de servicio específico.

Ecuación 3.11

$$E_s = \sum CS_i \times FE_i$$

Donde:

E_s =Emisiones por servicios, CO₂e

CS=Consumo de Servicios, USD \$

$$FE = \text{Factor de emisión, } \frac{\text{CO}_2e}{\text{USD \$}}$$

i =Según categoría

La ecuación da como resultado la cantidad de emisiones liberadas en relación al ciclo de vida de los servicios contratados, expresadas en unidades de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e).

De forma similar que en el caso de materiales y bienes, el proceso de cálculo mostrado contiene un alto grado de incertidumbre debido a los factores de emisión utilizados. Sin embargo, esta estimación nos permite descubrir los servicios con mayor impacto en la huella de carbono.

Actualmente en la bibliografía existe información muy limitada respecto de bases de datos o estudios referentes a factores de emisión de servicios. La opción para reducir la incertidumbre del cálculo, es coordinar con los propios proveedores de servicios de la EPMAPS con la finalidad de obtener datos reales sobre sus procesos operativos, y facilitar el cálculo de un factor de emisión preciso.

3.4.7.3 Emisiones emitidas durante el transporte de empleados durante los viajes, debido al consumo de combustible.

Este consumo se lo realiza mediante compañías aéreas, ferroviarias o de buses interestatales para realizar viajes de negocios, capacitación, asistencia a conferencias, congresos u otros eventos auspiciados por la empresa.

Las emisiones por viajes de negocios se atribuyen al transporte comercial de pasajeros de larga distancia, el cual requiere, salvo contadas excepciones como son los trenes eléctricos, de la quema de combustibles para su operación. Incluso los trenes eléctricos pueden presentar una huella de carbono apreciable, dependiendo del tipo de generación eléctrica del que hagan uso.

Para el cálculo de las emisiones se establece las distancias recorridas durante los viajes, las que pueden relacionarse con emisiones de GEI a través del rendimiento de combustible del medio de transporte y de los factores de emisión por quema de combustibles. Las emisiones así obtenidas se reparten entre el número de pasajeros que comparten el mismo viaje.

Existe bibliografía que provee factores de emisión para transporte de pasajeros que relacionan directamente una cantidad de emisiones de GEI liberadas con la distancia recorrida por persona (pkm²) en un viaje. De esta manera, la metodología que se aplicará se fundamenta en el uso de tales factores.

En el caso de la EPMAPS los datos se obtienen mediante un “QUERY” del AS/400 que es una Base de Datos (Queris, 2012), donde se reportan los viajes realizados por los trabajadores del SMQS durante el período seleccionado para el presente estudio, donde se incluye información de las ciudades de partida, destino y posibles escalas de cada viaje, especificando los medios de transporte utilizados, así como los aeropuertos, estaciones de trenes o buses.

Adicionalmente se requiere conocer el número de trabajadores del SMQS que realizaron el mismo viaje; también se requiere inventariar a cada trabajador de forma separada, en cuyo caso el número de trabajadores por viaje se define como 1.

La información requerida es cualitativa, para lo cual se establece las distancias recorridas a partir de las ciudades, aeropuertos, o estaciones entre escalas, para lo cual se utilizará herramientas como Google Maps/Google Earth. La distancia recorrida se calcula de manera independiente para cada tramo de viaje; ya que por ejemplo en viajes aéreos, los vuelos internacionales y los vuelos domésticos requieren de aeronaves con dimensiones y rendimientos de combustible distintos

² pkm = Pasajero-Kilómetro, refiere a la distancia recorrida por un número de pasajeros en un medio de transporte, en caso de un único pasajero equivale a la distancia recorrida del vehículo o vkm (Vehículo-Kilómetro).

para cada caso, lo cual significa que sus factores de emisión por kilómetro recorrido también serán diferentes.

En el caso de viajes terrestres en bus, se utiliza la herramienta Google Earth o similares, para lo cual es necesario delinear cartográficamente el recorrido realizado durante el viaje. Para viajes en bus, existen herramientas como Google Maps o similares, para lo cual se ingresan los nombres de ciudades que integran el viaje y se obtiene la distancia recorrida en cada tramo, estas herramientas ya incorporan en un software la carreteras existentes en todo el mundo, si se desea mayor precisión se define la ubicación exacta de cada estación de bus. Para viajes en tren, existen herramientas específicas propias de ciertos países o regiones, sin embargo, no es el caso de Sudamérica.

Respecto a viajes aéreos, existen utilitarios como “Carbon Zero” (CarbonZero, n.d.) o similares que modelan la distancia recorrida incorporando el efecto de la altura, en ellos se solicita ingresar los aeropuertos entre escala y escala, luego el resultado es la distancia recorrida en cada tramo.

La distancia total recorrida en los viajes de negocios corresponden a la suma de las distancias recorridas de ida y vuelta, si estos trayectos no fueran idénticos entonces las distancias recorridas por tramos deben determinarse de forma separada, de lo contrario la distancias recorridas en la ida se pueden multiplicar por dos.

Frecuentemente se definen los factores de emisión de transporte de pasajeros en unidades Pasajero-Kilómetro o pkm, lo cual se obtiene al multiplicar la distancia del viaje o tramo por el número de pasajeros.

El cálculo de las emisiones totales se realiza en función de las distancias recorridas en cada tramo de cada viaje, el número de viajeros y los factores de emisión correspondientes al medio de transporte utilizado en cada tramo, de acuerdo a la acuerdo a la siguiente ecuación:

Ecuación 3.12

$$E_{vn} = \sum_i \sum_j DR_j \times \#T \times FE_j$$

Donde:

E_{vn} = Emisiones por viajes de negocios, CO₂e

DR = Distancia Recorrida, km

= número de viajeros

T = Trabajadores del SMQS que realizan el viaje

FE = Factor de emisión, $\frac{\text{CO}_2e}{\text{USD \$}}$

i = Cada vuelo

j = Cada tramo de i, según medio de transporte $\frac{\text{CO}_2e}{\text{pkm}}$

El resultado de la ecuación entrega la cantidad de emisiones liberadas por quema de combustible durante viajes de negocios, expresadas en unidades de Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂e).

Existe un amplio espectro de investigaciones y bases de datos que publican factores de emisión para el transporte de pasajeros, dependiendo de su confiabilidad se puede seleccionar cualquiera de ellas. En este estudio, los factores de emisión para medios de transporte se extrajeron de Defra/DECC, a continuación se han transcrito las tablas 6k y 6l de dicha publicación (Tabla 9 y Tabla 10).

Tabla 9 Factores de emisión para transporte de pasajeros vía terrestre.

Método de Transporte	Unidades	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total Directo GEI	
Taxi	Taxi regular	³ vkm	0,20477	0,00005	0,00177	0,20659
	Black cab	vkm	0,23381	0,00005	0,00177	0,23563
Taxi	Taxi regular	vkm	0,14626	0,00004	0,00126	0,14756
	Black cab	vkm	0,15587	0,00003	0,00118	0,15709
Bus	Bus local	vkm	0,12269	0,00013	0,00098	0,1238
	Bus Local (Londres)	vkm	0,08201	0,00007	0,00055	0,08263
	Bus Local promedio	vkm	0,11097	0,00012	0,00086	0,11195
	Auto	vkm	0,0281	0,00007	0,00057	0,02874
Tren	Tren Nacional	vkm	0,05501	0,00005	0,00312	0,05818
	Tren Internacional (Eurostar)	vkm	0,01502	0,00001	0,00009	0,01512
	Tren ligero and tranvía	vkm	0,06709	0,00003	0,00041	0,06753
	Metro de Londres	vkm	0,07142	0,00004	0,00044	0,0719
	Pasajeros a pie	vkm	0,01912	0,00001	0,00015	0,01928
	Pasajeros en auto	vkm	0,13216	0,00004	0,00101	0,13321

Continua 

³ vkm = Vehículo-Kilómetro, refiere a la distancia recorrida por un vehículo

Promedio todos los pasajeros	vkm	0,11516	0,00004	0,00088	0,11608
------------------------------	-----	---------	---------	---------	---------

Fuente: DEFRA, 2012 - Tabla 6k.

Tabla 10 Factores de emisión para transporte de pasajeros vía área.

Método de viaje	Unidades	Factor de elevación	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total Directo GEI	
Tipo de vuelo	Tipo de cabina						
Doméstico	Promedio	pkm ⁴	109%	0,0001	0,00163	0,16685	
Viaje internacional corta distancia	Promedio	pkm	109%	0,09429	0,00001	0,00093	0,09522
	Clase económica	pkm	109%	0,08985	0,00001	0,00088	0,09074
	Clase Negocios	pkm	109%	0,13478	0,00001	0,00133	0,13612
Viaje internacional larga distancia	Promedio	pkm	109%	0,10789	0,00001	0,00106	0,10896
	Clase económica	pkm	109%	0,07876	0	0,00078	0,07954
	Clase económica Premium	pkm	109%	0,12601	0,00001	0,00124	0,12726
	Clase Negocios	pkm	109%	0,2284	0,00001	0,00225	0,23066
	Primera clase	pkm	109%	0,31504	0,00002	0,0031	0,31816

Fuente: DEFRA, 2012 - Tabla 6l.

⁴ pkm= Pasajero-Kilómetro

Los factores de emisión con unidades CO₂e/vkm relacionan las emisiones de GEI con la distancia recorrida por un vehículo, sin importar el número de pasajeros. Por tal razón, estos factores son usados generalmente sólo para viajes en taxi, donde la situación frecuente es la movilización de un pasajero por viaje.

Los factores de emisión por viajes aéreos se seleccionan en función de la distancia del viaje, sea un viaje doméstico, internacional de corta distancia (short-haul) o internacional de larga distancia (long-haul). Según los lineamientos de Defra/DECC, el criterio para definir los rangos de distancias de los tres tipos de vuelos es subjetivo, sin embargo se puede usar la siguiente clasificación:

- a) Viajes domésticos, realizados dentro del mismo país.
- b) Vuelos internacionales de corta distancia, lo que tienen recorridos menores a 3.700 km, y
- c) Vuelos internacionales de larga distancia, los que recorren mayores a 3.700 km.

Se puede considerar excepciones si un vuelo internacional entre dos países presenta un recorrido muy corto, entonces sería correcto utilizar un factor de emisión de vuelo doméstico.

DEFRA/DECC recomienda emplear adicionalmente un factor de despegue y aterrizaje (uplift factor) de valor 1,09 el cual se multiplica al factor de emisión. Este factor adicional, incorpora los mayores consumos de combustibles que se reportan durante las maniobras de despegue y aterrizaje. La distinción entre las clases económica o ejecutiva no es muy relevante, ya que en todos los casos se pueden utilizar los factores de emisión promedio para cada tipo de vuelo, sin embargo, en caso de obtener esta información los cálculos serían más precisos (GFN.2010;H.A.Verfaillie,2000).

3.4.7.4 Emisiones vinculadas al consumo de combustible por terceros o los propios trabajadores del SMQS para el transporte desde sus hogares al sitio de labores.

El cálculo de estas emisiones es propio de cada empresa, por lo que usualmente se realiza una encuesta sobre los hábitos de movilización de todos sus trabajadores.

Se solicitó al trabajador que para llenar la encuesta sólo tome en cuenta el viaje más frecuente realizado, donde el viaje habitual engloba la ruta tomada y los medios de transporte utilizados. Con la finalidad de simplificar la encuesta, se asume que los recorridos de ida y vuelta son iguales.

Para elaborar la encuesta se identificó previamente los datos y factores de emisión serían utilizados, y dependiendo de ello se solicitó la información específica. En la encuesta se solicitó la siguiente información:

- a) Distancia total de la ruta habitual entre el hogar y centro de labores,
- b) Medios de transporte frecuentemente empleados (vehículo propio, taxi, bus, etc.),
- c) Las distancias parciales o tramos recorridos habituales en cada medio de transporte; la suma de estas distancias parciales debe ser igual o menor a la distancia total de la ruta dependiendo si se incluye o no información acerca de medios de transporte que no generen emisiones de GEI (bicicleta, caminata, etc.),
- d) En el caso de vehículos propios, es posible solicitar mayor información como el tipo de vehículo (auto compacto, auto de lujo, camioneta, etc.), el tipo de combustible utilizado por el vehículo, la capacidad del motor y el número de pasajeros. La (Tabla 9) presenta factores de emisión de algunos medios de transporte públicos.

Las emisiones se evalúan de forma individual para cada trabajador. Para el caso de vehículos propios, los factores de emisión presentan generalmente unidades $\text{CO}_2\text{e/vkm}$; por tanto para un trabajador cualquiera y un medio de transporte

específico, las emisiones se calculan dividiendo la distancia recorrida en el medio de transporte entre el número de pasajeros en dicho medio y multiplicando el resultado por un factor de emisión relativo también al mismo medio de transporte.

Por otro lado en el caso del transporte público los factores de emisión presentan generalmente unidades CO₂e/pkm, entonces las emisiones asociadas se obtienen de la misma manera, sólo que al número de pasajeros se le otorga el valor de 1. La siguiente ecuación describe lo explicado:

$$\begin{aligned}
 \text{Emisiones}_{\text{Movilización de trabajadores}} (\text{CO}_2\text{e}) = & \\
 & \sum_{i=\text{Cada trabajador}} \sum_{j=\text{Cada medio de transporte empleado por } i} \frac{\text{Distancia Recorrida}_j}{\# \text{ de pasajeros}} \times \text{Factor de emisión}_j \left(\frac{\text{CO}_2\text{e}}{\text{vkm}} \right) \\
 + & \sum_{i=\text{Cada trabajador}} \sum_{j=\text{Cada medio de transporte empleado por } i} \text{Distancia Recorrida}_j \times \text{Factor de emisión}_j \left(\frac{\text{CO}_2\text{e}}{\text{pkm}} \right)
 \end{aligned}$$

3.5 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Previa la autorización para realizar la investigación en la EPMAPS, se solicitó la información a los jefes departamentales de las diferentes instancias donde se genera los datos. Los datos se obtuvieron personalmente, mediante correo electrónico, Intranet, página web de la EPMAPS y entrevistas a los responsables directos de los procesos de la EPMAPS. Se estructuró un formulario, con la finalidad de que se especifique la información requerida para la investigación. En el formulario se obtuvo la información que se detalla a continuación:

- Datos Generales: Ingresos Económicos, Personal
- Materias Primas y Bienes: Materiales y bienes, Obras de Construcción, Recursos Agropecuarios, Pesqueros y Recursos Forestales
- Servicios
- Electricidad: Consumo eléctrico
- Combustibles
- Viajes de Negocios/Capacitación

- Infraestructura
- Embalses o reservorios para hidroelectricidad
- Agua: Producción de agua potable, Comercialización de agua potable, Calidad del agua y Zonas de captación
- Descargas Líquidas: Calidad de agua, descarga al alcantarillado o cauce natural.

El proceso de obtención de información duró aproximadamente tres meses, período en el cual se coordinó con los Jefes Departamentales del Sistema Mica Quito Sur, Contabilidad, Capacitación y Transportes de la EPMAPS (Tabla 11).

Tabla 11 Ubicación de la información

Información General	Información Especifica	Ubicación de la información	Gerencia/Departamento/Unidad
Datos Generales	Fuerza Laboral (Personal)	Base de Datos de Nómina	Gerencia de Gestión de Talento Humano
Combustibles	Consumo de Combustibles	Sistema de Base de Datos AS/400	Gerencia de Administración y Logística /Departamento de Servicios Generales /Unidad de Transporte
Embalses	Embalses y Reservorios para Hidroelectricidad: (Caudales y Capacidad)	Base de Datos	Gerencia de Operaciones/SubGerencia de Agua Potable/ Unidad Captaciones y Conducciones Gerencia de Administración y Logística /Departamento de Administración de Bienes/Unidad de Activos Fijos
Electricidad	Consumo Eléctrico	Base de Datos	Dirección de Hidroelectricidad
Materiales y bienes	Adquisición de Bienes	Plan Anual de Contrataciones PAC	Gerencia de Planificación y Desarrollo
	Obras de Construcción	Plan Anual de Contrataciones PAC	Gerencia de Planificación y Desarrollo
	Recursos Agropecuarios y Pesqueros	Plan Anual de Contrataciones PAC	Gerencia de Planificación y Desarrollo

	Recursos Forestales	Plan Anual de Contrataciones PAC	Gerencia de Planificación y Desarrollo
Servicios	Servicios	Plan Anual de Contrataciones PAC	Gerencia de Planificación y Desarrollo
Viajes y Transporte	Viajes de Negocios/Capacitación	Sistema de Base de Datos AS/400	Gerencia de Gestión del Talento Humano/ Departamento de Gestión del Desarrollo
Agua	Calidad del agua cruda	Base de Datos	Gerencia de Ambiente, Seguridad y Responsabilidad/Departamento Gestión integral del agua.
Caracterización de Descargas Líquidas	Descargas	Base de Datos de Caracterizaciones	Gerencia Ambiente, Seguridad y Responsabilidad /Departamento de Gestión Ambiental Empresarial/ Unidad de Ingeniería Ambiental y Control.
Información Complementaria	Encuestas de Movilización del Personal	Formularios	Raquel Romero

Fuente: EPMAPS-adaptación.

3.5.1 Materiales y Servicios

El listado de materiales es muy extenso, existen aproximadamente 2000 productos que se consumen además de contratos y servicios, estos han sido clasificados en materiales y bienes, productos agropecuarios, productos forestales, obras de construcción y servicios

En la (Tabla 12) presentan los resultados anuales, donde se reportan los gastos en dólares durante el período de investigación, los mismos que fueron suministrados por la EPMAPS.

Tabla 12 Gastos totales del Sistema Mica Quito Sur, período de estudio (2009-2012)

	Valor Total Año 2009	Valor Total Año 2010	Valor Total Año 2011	Valor Total Año 2012
Descripción	(USD \$)	(USD \$)	(USD \$)	(USD \$)
Materiales y Bienes	226.463,30	352.283,87	335.582,64	727.831,42
Productos Agropecuarios y Pesqueros	4.644,59	8.105,34	8.864,55	10.479,70
Productos Forestales	80,42	848,96	407,31	284,30
Obras de Construcción	14.000,00	97.821,18	1.145.816,35	1.440.759,86
Servicios	107.901,57	115.162,58	37.205,00	74.014,97

3.5.2 Consumo Eléctrico

El consumo eléctrico, se obtuvo a partir de las facturas mensuales emitidas por la Empresa Eléctrica de Quito (EEQ) (Tabla 13). A continuación se muestra el consumo eléctrico, para distintas categorías.

Tabla 13 Consumo eléctrico según dependencias de la EPMAPS.

	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012
DEPENDENCIAS	Kwh	Kwh	Kwh	Kwh
Unidad de Conducciones Sistema Mica Quito Sur	19.742	17.303	17.246	19.530
Sistema El Troje	231.122	236.717	235.101	220.670

3.5.3 Combustibles

Respecto al consumo de combustibles, del año 2009 al 2012 se consumió un total de 32.339,63 galones de diesel y gasolina (Tabla 14) este es usado en vehículos y maquinaria del Sistema Mica Quito Sur.

Tabla 14 Consumo de combustibles según el tipo.

Combustible	Consumo (gal)			
	2009	2010	2011	2012
Diesel	660,00	660,00	770,00	776,11
Gasolina	6.205,39	5.949,90	5.368,95	3.907,28
Total	6.865,39	6.609,90	6.138,95	4.683,39

3.5.4 Infraestructura

El Sistema La Mica está ubicado en el Páramo Andino en las haciendas Antisana, Mudadero y Contadero, que fueron adquiridas por la EPMAPS (Tabla 15), el área del embalse es de 3.865.588 m² y el área de las tierras adquiridas de la hacienda Antisana, Mudadero y Contadero es de 137.894.000 m².

Tabla 15 Área del embalse y del páramo

Terrenos	Tipo	Área (m ²)	Comentario
La Mica	Embalse	3.865.588	Construido en la laguna Micacocha.
Páramo andino	Terreno	137.894.000	Haciendas Antisana, Mudadero y Contadero.

3.5.5 Embalses o Reservorios para Hidroelectricidad

El embalse La Mica suministra el agua para la operación de la central hidroeléctrica El Carmen que tiene una capacidad inicial de 9.400.000 W y se ha considerado para la evaluación la capacidad final igual que la inicial. El área inicial del embalse es de 3.865.588 m² y el área final es igual debido a que no se ha ejecutado obras en el área de embalse.

3.5.6 Producción de Agua Potable

Los valores de consumos de agua durante en el proceso de tratamiento y la cantidad que sale para la distribución, figuran en la (Tabla16).

Tabla 16. Promedio mensual del año 2012

	Agua	Agua	Floculación	Filtración	Consumo	Purga de	Filtros	Distribución
Sitio	Cruda	Tratada		directa	interno	Lodos		
	(m ³)							
El Troje	1.290.471	1.290.471	1.290.471	0	150	11.160	5.950	1.273.211
Planta Tesalia	527.040	527.040	0	527.040	50	0	0	526.990
Filtro Pichincha Sur	175.910	175.910	0	175.910	20	0	0	175.890

3.6 RESULTADO DE HUELLA DE CARBONO

3.6.1 Emisiones Directas (Alcance 1)

Las emisiones por la quema de combustible se desagregaron según el consumo de diesel y gasolina en el Sistema Mica Quito Sur, en estos resultados se engloban el consumo de fuentes móviles y fuentes estacionarias.

En el alcance 1 respecto a las emisiones directas debidas a la quema de combustibles, la gasolina ha generado mayor cantidad de emisiones al aire siendo 187.740,20 tCO₂e desde el año 2009 hasta el 2012. En total por el consumo de los dos tipos de combustible tanto diesel como gasolina el Sistema Mica Quito Sur ha emitido al aire 224.821,82 tCO₂e de la (Tabla 17), estas se debieron a la quema de combustible por el uso de vehículos (fuentes móviles) y en la generación eléctrica o generación de fuerza motriz (fuentes estacionarias).

Tabla 17 Emisiones directas totales de Alcance 1 del año 2009 al 2012

Combustible	Emisiones tCO ₂ e				Total /Tipo combustible
	2009	2010	2011	2012	
Diesel	6.687,16	6.687,16	7.801,69	7.863,60	29.039,62
Gasolina	54.359,24	52.121,15	47.032,02	34.227,79	187.740,20
Total Anual	63.055,41	60.818,31	56.844,71	44.103,39	224.821,82

En el año 2009 el consumo de gasolina emitió 54.359,2 tCO₂e al aire, siendo mayor que las emisiones gaseosas de diesel.

En el año 2010 el consumo de gasolina emitió 52.121,1 tCO₂e al aire, siendo mayor que las emisiones gaseosas de diesel, pero muestran una ligera disminución respecto al año anterior.

En el año 2011 el consumo de gasolina emitió 47.032,0 tCO₂e al aire, pero muestran disminución respecto al año anterior, aunque continúan siendo mayor que las emisiones gaseosas de diesel. Las emisiones al aire por el consumo de diesel han aumentado respecto a los años 2009 y 2010

En el año 2012 el consumo de gasolina emitió 34.227,8 tCO₂e al aire, pero muestran disminución significativa respecto a los años anteriores aunque continúan siendo mayores que las emisiones gaseosas de diesel. Las emisiones al aire por el consumo de diesel han aumentado respecto a los años anteriores.

Del consumo total de combustible e generó mayor cantidad de emisiones al aire durante el año 2009, siendo la huella de carbono de 63.055,41 tCO₂e. En los demás años existe una tendencia a la disminución de emisiones hasta 44.103,39 tCO₂e en el año 2012.

En el alcance 1 también se debe contabilizar las emisiones debidas a grandes embalses o reservorios, cuya construcción requiere inundar un terreno, y debido a ello la materia orgánica en descomposición genera metano. Sin embargo, debido a que el embalse evaluado (La Mica) entró en operación en el año 2000 y su capacidad no ha sido incrementada durante el período de estudio, entonces se asume que no existen emisiones en concordancia con la metodología desarrollada en la sección de “Obras de Construcción”.

3.6.2 Emisiones Indirectas (Alcance 2)

Las emisiones indirectas del alcance 2, corresponden al consumo de energía eléctrica, que es suministrada por el Sistema Nacional Interconectado (SNI) de Ecuador, en la (Figura 2) se identifica que la mayor cantidad de emisiones gaseosas se produjo en el año 2010 siendo de 140.498,46 tCO₂e, y la menor cantidad es de 132.854,62 tCO₂e en el año 2012. Desde el año 2009 hasta el 2012 se generó una huella de carbono total de 551.679,09 toneladas de dióxido de carbono tCO₂e.

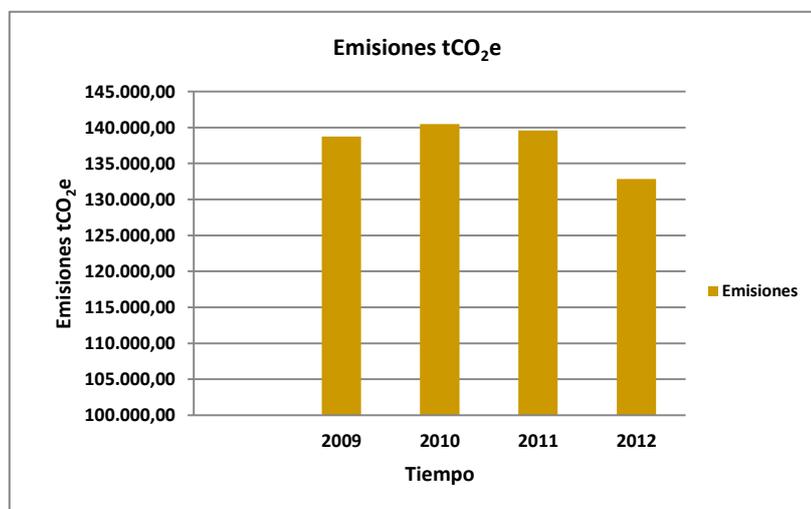


Figura 2 Emisiones indirectas de Alcance 2 para el año (2009-2012)

En el año 2012 el SMQS cambia se equipos por otros de mayor eficiencia para iniciar el proceso de eficiencia energética, con la finalidad de reducir los consumos de energía. Además desde junio de 2013 la producción de energía eléctrica generada en la Central Hidroeléctrica El Carmen, se está utilizando como autoconsumo en las actividades del Sistema Mica Quito Sur, esta es energía limpia. Anteriormente la energía generada en la Central El Carmen se entregaba al Sistema Nacional interconectado, y para el consumo del SMQS se compraba energía eléctrica a la Empresa Eléctrica Quito (EEQ), se debe acotar que la EEQ suministra energía de hidroeléctrica y termoeléctrica.

3.6.3 Otras emisiones indirectas (Alcance 3)

Las emisiones indirectas del alcance 3 correspondiente a la cadena de suministros del Sistema Mica Quito Sur, se desagregaron en las siguientes categorías:

- Materiales y Bienes: maquinarias eléctricas, químicos, plásticos, resinas, útiles manuales, maderas, metales, otros.
- Productos Agropecuarios y Pesqueros: pantalón, camisa, ternos, chompas y botas
- Productos Forestales: libretas, papel membretado, papel sin membrete, otros.

- Obras de Construcción: carreteras, zanjas, obras de hormigón, diques y puentes
- Servicios: limpieza, salud, asociación, educación, otros.
- Viajes de Negocios y de Capacitación: aéreos y terrestres.
- Movilización del Personal: tiempo y distancia recorrida.

Como se muestra en la (Tabla 18) de los gastos indirectos del alcance 3 la categoría correspondiente a Obras de Construcción produce un gasto en el año 2012 de \$1.440.759,86 que es el mayor rubro de este alcance.

Tabla 18 Gastos de alcance 3 del 2009 al 2012

Alcance 3	Gasto/Recorrido				
	Unidad	2009	2010	2011	2012
Materiales y Bienes	USD \$	226.463,30	352.283,87	335.582,64	727.831,42
Productos Agropecuarios y Pesqueros	USD \$	4.644,59	8.105,34	8.864,55	10.479,70
Productos Forestales	USD \$	80,42	848,96	407,31	284,30
Obras de Construcción	USD \$	14.000,00	97.821,18	1.145.816,35	1.440.759,86
Servicios	USD \$	107.901,57	115.162,58	37.205,00	74.014,97
Viajes de Negocios y de Capacitación	pkm	579,70	73,80	194,00	62,00
Movilización del personal	pkm	114,00	114,00	114,00	114,00
Total		353.783,58	574.409,73	1.528.183,85	2.253.546,25

Las emisiones indirectas de alcance 3 desde el año 2009 hasta el 2012 generan un total de emisiones al aire de 4.170,6 tCO₂e. En la (Figura 3) se muestra que en el año 2009 se generó 152,10 tCO₂e se muestra que en el año 2012 la huella de carbono fue de 2.117,12 tCO₂e y se ha incrementado 14 veces referente al año 2009.

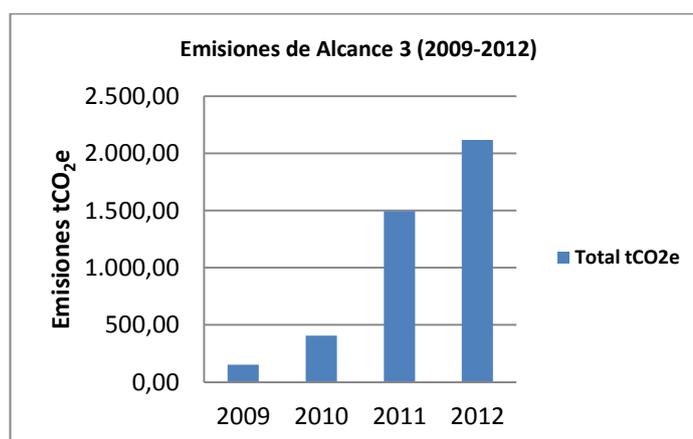


Figura 3 Emisiones indirectas de alcance 3 (2009-2012)

Productos Agropecuarios y Pesqueros

Las emisiones indirectas de alcance 3 relativas a Productos Agropecuarios y Pesqueros suman un total de 6.7 tCO₂e correspondiente al año 2009 al 2012, como se observa en la (Figura 4) se ha generado mayor cantidad de emisiones gaseosas en el año 2012 siendo de 2 tCO₂e, aunque en los tres últimos años se mantienen las emisiones en condiciones casi constantes, pero en nivel bajo.

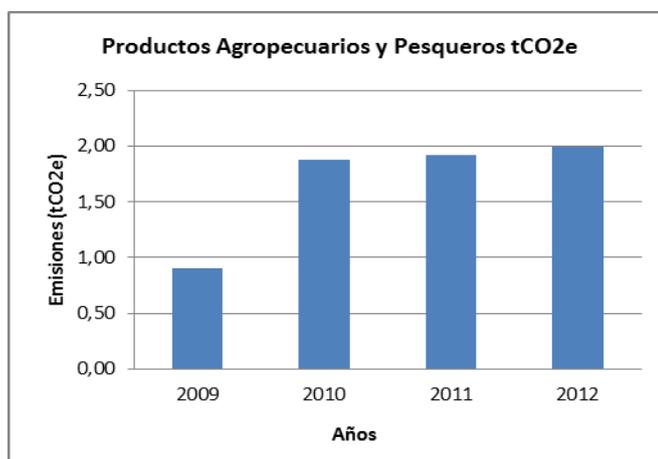


Figura 4 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría Productos agropecuarios y pesqueros

Productos Forestales

Las emisiones indirectas de alcance 3 relativas a Productos Forestales suman un total de 0,9 tCO₂e desde el año 2009 al 2012, como se observa en la (Tabla 5). En el año 2010 se han generado mayor cantidad de emisiones gaseosas siendo de 0,4 tCO₂e, se nota que durante los años que se han considerado para la investigación se mantienen las emisiones en condiciones similares pero con tendencia a disminuir los niveles de huella de carbono. Los productos de mayor consumo han sido papel higiénico, papel membretado INEN A4, papel para copiadora de 75g., sobre de papel bond, vale de caja chica y hoja de permiso.

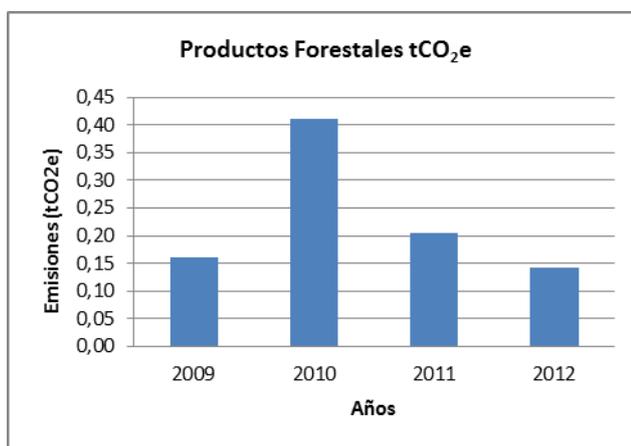


Figura 5 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría productos forestales

Servicios

Las emisiones indirectas de alcance 3 relativas a Servicios suman un total de 23,7 tCO₂e correspondiente al año 2009 al 2012 como se observa en la (Figura 6). En el año 2009 se han generado mayor cantidad de emisiones gaseosas siendo de 8,4 tCO₂e, se nota que durante los años que se han considerado para la investigación no se han contratado servicios que hayan aumentado considerablemente las emisiones gaseosas, existe tendencia a disminuir los niveles de la huella de carbono.

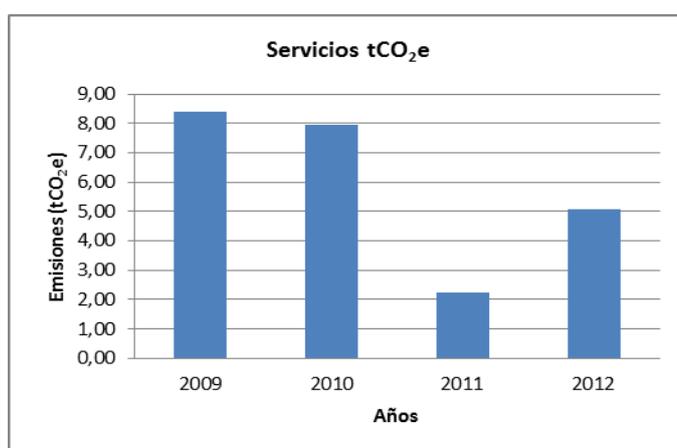


Figura 6 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría servicios

Viajes de Negocio o Capacitación

Las emisiones indirectas de alcance 3 relativas a viajes de negocios suman un total de 0,1 tCO₂e correspondiente a los años 2009 al 2012 como se observa en la (Figura 7). Se nota que durante los años que se han considerado para la investigación los viajes de negocios y de capacitación han generado emisiones muy bajas.

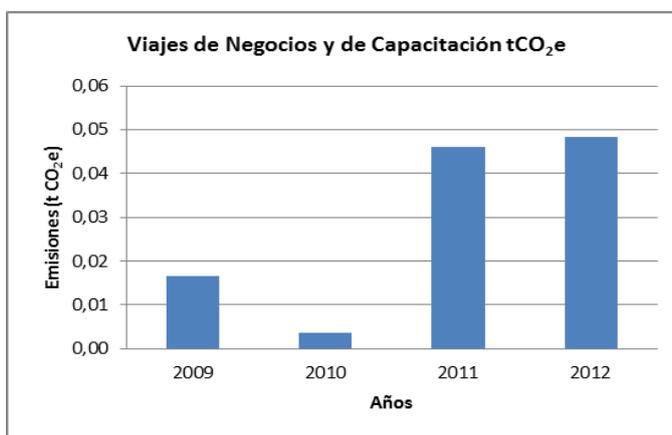


Figura 7 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría viajes y capacitación

Movilización del Personal de Trabajo

Las emisiones indirectas de alcance 3 relativas a movilización del personal al sitio de trabajo suman un total de 2,1 tCO₂e correspondiente al años 2009 al 2012 como se observa en la (Figura 8). Se observa que durante los años que se han considerado para la investigación los recorridos diarios son cortos, obteniéndose resultados constantemente bajos. Los recorridos largos son mensuales y lo realizan los operadores desde su domicilio en otras provincias hasta el embalse pero esto es una vez al mes.

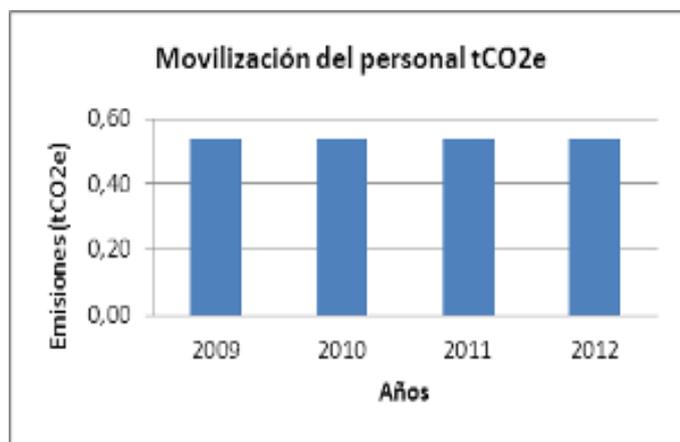


Figura 8 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría movilización del personal

Obras de Construcción

Las emisiones indirectas de alcance 3 relativas a obras de construcción suman un total de 2.922,6 tCO₂e correspondiente al año 2009 al 2012, esta categoría aporta mayor cantidad de emisiones gaseosas a la huella de carbono dentro de este alcance.

Como se observa en la (Figura9) en el año 2012 se ha generado mayor cantidad de emisiones gaseosas siendo de 1.560,4 tCO₂e, se nota que del año 2011 al 2012 ha aumentado considerablemente las emisiones gaseosas debido a la construcción de las captaciones de agua cruda denominadas “I” y “J”, también en el año 2012 se construyó la base para la torre de comunicaciones y protección de rayos. En esta categoría la tendencia es a aumentar la huella de carbono en los años siguientes



Figura 9 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría obras de construcción

Materiales y Bienes

Las emisiones indirectas de alcance 3, relativas a materiales y bienes suman un total de 1.214,5 tCO₂e correspondiente al año 2009 al 2012, siendo la segunda categoría de este alcance que aporta mayor cantidad de emisiones gaseosas a la huella de carbono. Como se observa en la (Figura10) en el año 2012 se han generado 548,9 tCO₂e siendo la mayor cantidad de emisiones gaseosas y con tendencia a un aumento progresivo.

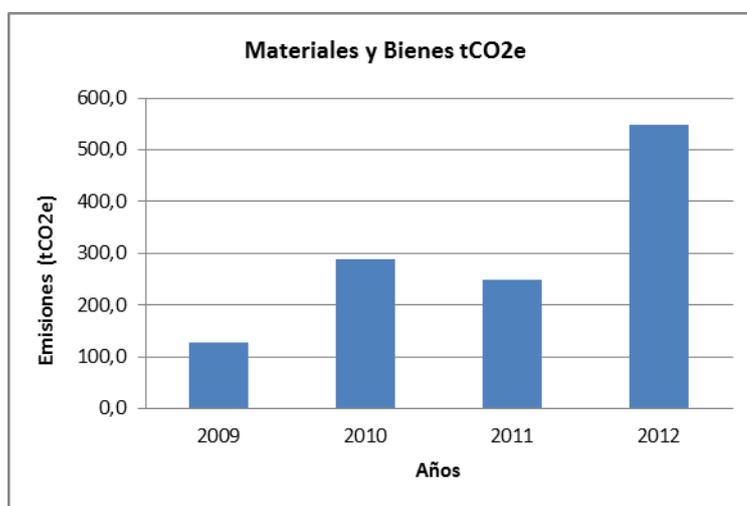


Figura 10 Emisiones del 2009 al 2012 de la categoría de materiales y bienes

3.7 INVENTARIO DE EMISIONES

Emisiones del año 2009

En el año 2009 el Sistema Mica Quito Sur generó 35,19 toneladas de dióxido de carbono (tCO₂e) de las cuales el 17,3% corresponden a emisiones del alcance 1, es decir emisiones producidas bajo el control directo del sistema.

Los componentes más relevantes de la huella de carbono del sistema con un 39,4% corresponden a emisiones indirectas del alcance 2 originadas por la adquisición de energía y el 43,2% del alcance 3 corresponden a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas por la adquisición de materiales y por las obras que se han construido en el sistema, (Tabla 6 del Anexo A)

Emisiones del año 2010

En el año 2010 el Sistema Mica Quito Sur generó 605,5 toneladas de dióxido de carbono (tCO₂e) de las cuales el 9,7% corresponden a emisiones del alcance 1, es decir emisiones producidas bajo el control directo del sistema.

El alcance 2 genera una relevancia del 23,2% de huella de carbono, originada por la adquisición de energía.

El componente más relevantes de la huella de carbono del sistema con un 67,1% corresponde a emisiones indirectas del alcance 3 de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas por la adquisición de materiales y por las obras que se han construido en el sistema, (Tabla 7 del Anexo A).

Emisiones del año 2011

En el año 2011 el Sistema Mica Quito Sur generó 1.689,7 toneladas de dióxido de carbono (tCO₂e), de las cuales el 3,2% corresponden a emisiones del alcance 1, es decir emisiones producidas bajo el control directo del sistema.

El alcance 2 genera una relevancia el 8,3% de huella de carbono las que se originan por la adquisición de energía.

El componente más relevantes de la huella de carbono del sistema con un 88.1% corresponde a emisiones indirectas del alcance 3, de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas por la adquisición de materiales y principalmente por las obras que se han construido en el Sistema, (Tabla 8 del Anexo A).

Emisiones del año 2012

En el año 2011 el Sistema Mica Quito Sur generó 2.292,1 toneladas de dióxido de carbono (tCO₂e), de las cuales el 1,8% corresponden a emisiones del alcance 1, es decir emisiones producidas bajo el control directo del sistema.

El alcance 2 genera una relevancia el 5,8% de huella de carbono las que se originan por la adquisición de energía.

El componente más relevantes de la huella de carbono del sistema con un 92,4% corresponde a emisiones indirectas del alcance 3, de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas por la adquisición de materiales y principalmente por las obras que se han construido en el sistema, (Tabla 9 del Anexo A).

3.8 DISCUSIÓN

Uno de los objetivos planteados en el estudio fue la identificación y cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero, generadas con las actividades del sistema para lo cual se utilizó procedimientos internacionales como la metodología del Protocolo de Gases Efecto Invernadero GEI, Guías de Cuantificación y Reporte de emisiones DEFRA, la misma que clasifica a las emisiones en directas e indirectas y considera tres alcances. Los datos utilizados fueron proporcionados de acuerdo al enfoque de control financiero por la Gerencia Financiera de la EPMAPS y el Plan Anual de contrataciones PAC.

Se identificó varias fuentes de emisiones de dióxido de carbono como el consumo de combustible por uso de los vehículos, generadores de energía eléctrica y transporte aéreo, la represa de agua del embalse La Mica, consumo de electricidad del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador SNI, consumos de materiales de oficina, uniformes institucionales, adquisición de bienes, materiales de construcción usados en captaciones y servicios contratados.

De la cuantificación de las emisiones gaseosas se obtuvo que en el año 2009 fue de 351,9 toneladas de dióxido de carbono tCO_{2e}, en el año 2010 fue de 605,46 toneladas de dióxido de carbono tCO_{2e}, en el 2011 de 1.689,69 toneladas de dióxido de carbono tCO_{2e} y en el 2012 fue de 2.117,12 toneladas de dióxido de carbono tCO_{2e}, (Tabla 19).

Tabla 19 Inventario de huella de carbono del Sistema Mica Quito Sur, del 2009 al 2012

Toneladas de dióxido de carbono (tCO ₂ e)					
ALCANCE	2009	2010	2011	2012	Emisiones Totales (tCO ₂ e)
ALCANCE 1	61.053,05	58.814,71	54.839,68	42.095,97	216.803,40
ALCANCE 2	138.752,88	140.498,46	139.573,13	132.854,62	551.679,09
ALCANCE 3	152.095,20	406.146,71	1.495.279,91	2.117.115,79	4.170.637,62
TOTAL	351.901,13	605.459,88	1.689.692,72	2.292.066,38	4.939.120,11

De los tres alcances estudiados, presenta una incidencia determinante el alcance 3 (Figura11), principalmente en las originadas en las categorías de materiales y bienes y obras de construcción.

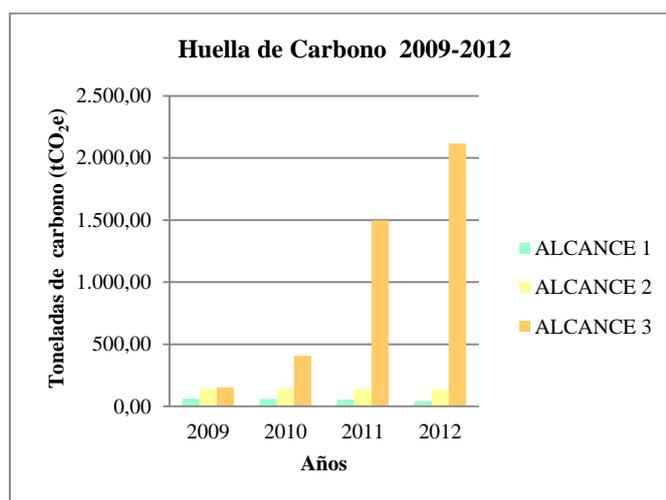


Figura 11 Huella de carbono por año en el período del 2009-2012

Un aspecto bastante interesante del resultado de la huella de carbono, es que se debe considerar que debido al uso de factores de emisión internacionales puede

existir una considerable incertidumbre dependiendo de la fuente donde se han obtenido los datos, en este caso como son de la contabilidad de la empresa y del PAC la incertidumbre puede reducirse hasta un 5%.

La huella de carbono de toda la empresa EPMAPS en el año 2012 asciende a 119.943,4 toneladas de dióxido de carbono CO₂e, de ello el más representativo es el alcance 3 con un 88,3%, seguido del alcance 2 con un 2,7% y finalmente el alcance 1 con un 9%, (Línea Base EPMAPS, 2013).

De acuerdo a los resultados del presente estudio, en el año 2012 el Sistema Mica Quito Sur (SMQS) emitió al ambiente 2.292,1 (tCO₂e) de lo cual el 88,49% corresponden a las emisiones indirectas del Alcance 3 el 5,80% corresponden a las emisiones indirectas del Alcance 2 y el 1,84% corresponden a las emisiones directas del Alcance 1.

Resulta bastante complejo obtener datos del Sistema Mica Quito Sur, debido a que estos se encuentran en una base general de datos de la EPMAPS y clasificarlos específicamente para cada sistema, demora más tiempo que si se obtienen los datos para calcular la huella de carbono para toda la empresa. Sin embargo conocer la huella por sistema permite comparaciones por procesos, que aunque son de la misma empresa operan de forma independiente, lo cual puede plantearse como nuevos temas de estudio.

3.9 CONCLUSIONES SOBRE LA DEFINICIÓN DE HUELLA DE CARBONO

De la hipótesis propuesta respecto a “La dinámica de emisiones de CO₂ producidas por el Sistema de Tratamiento de Agua Potable Mica Quito Sur es el factor que tiene mayor incidencia en los gases de efecto invernadero GEI”, se determinó que el alcance 3 es el que tienen mayor porcentaje de relevancia, respecto a los demás alcances.

Se logró identificar las fuentes de emisiones gaseosas y se cuantificó que la Huella de Carbono en el Sistema Mica Quito Sur es de 4.939,12 toneladas de dióxido

de carbono tCO₂e que han sido emitidas al aire, se calculó a partir de la suma de las emisiones de las fuentes de los alcances 1, 2 y 3. En los resultados ha influido la construcción de las dos nuevas captaciones “I” y “J”, esta no es una actividad rutinaria.

El componente más representativo fue la adquisición de materiales bienes, productos y obras de construcción ejecutadas en el SMQS, el cual representa el 73% de la huella de carbono.

Por otro lado, según las publicaciones del CONELEC, en el 2011 el consumo eléctrico mensual promedio en Pichincha fue de 146,85 Kwh por cliente y 145,17 Kwh por vivienda, con lo cual la totalidad de emisiones de GEI generadas por el SMQS durante el año 2012 equivale al consumo eléctrico de 915 viviendas de esta provincia.

La Electricidad no tiene una preponderancia substancial en la curva de emisiones y el factor de emisión es bastante bajo por el tipo de generación eléctrica usada mayormente es de fuente renovable.

Cuantificar las emisiones de CO₂ permite al sistema establecer controles operativos sobre las fuentes que generan una mayor Huella de Carbono HC, para reducir sus emisiones. Conocer el valor de la HC de un proceso de tratamiento de agua potable, sitúa al sistema como un referente para otras empresa públicas o privadas con procesos iguales o similares.

Con esta información se podrá evaluar la presión existente en el capital natural del Sistema Mica Quito Sur y que actividades son las que aportan en mayor medida a la huella de carbono. Algunas actividades que presentan potencial para la disminución de emisiones las cuales podrían ser discutidas internamente.

3.10 RECOMENDACIONES SOBRE LA DEFINICIÓN DE HUELLA DE CARBONO

Debido a la dificultad de obtener los datos validados, se recomienda establecer en la EPMAPS una Base de Datos vinculada a los otros sistemas informáticos de la empresa, principalmente a los Departamentos de: Contabilidad, Hidroelectricidad y Servicios Generales, con la finalidad de obtener todos los datos requeridos para el cálculo de la huella, automáticamente de la fuente y de manera eficiente.

En lo concerniente a la huella de carbono como objetivo fundamental, las emisiones indirectas del alcance 3 presentan un evidente desafío institucional, lograr un claro compromiso entre la Gerencia Operativa y Gerencia General, sobre qué tipos de acciones se ejecutarán que permitirá consolidar la huella de carbono del sistema y tener una mejor visión para mantener la senda hacia la carbono neutralidad.

CAPÍTULO 4

IDENTIFICACIÓN DE SUMIDEROS INSTITUCIONALES Y REMOCIONES DE CARBONO DEL SMQS.

4.1 INTRODUCCIÓN

El concepto de sumidero de carbono fue difundido en el Protocolo de Kioto, creado para reducir la elevada y creciente concentración de CO₂ del aire y así luchar contra el calentamiento global. Se están explorando diversas formas de mejorar la retención natural de carbono, y se trata de desarrollar técnicas (naturales o artificial) para capturar y almacenar el carbono. Un sumidero de carbono no tiene por objeto reducir las emisiones de CO₂, sino de disminuir su concentración en la atmósfera, (Wikipedia, 2013).

En el capítulo anterior se diseñó una categorización con base a las principales fuentes de emisiones generadas en el Sistema Mica Quito Sur SMQS, en el capítulo siguiente se diseñará una senda hacia el logro de la Carbono Neutralidad, para buscar opciones y factores que pueden compensar un determinado nivel de emisiones. Cuando existe capital natural involucrado, como es el caso del sistema en estudio en el cual gran parte se encuentra dentro de la Reserva Ecológica Antisana (REA), se debe definir las áreas de remoción que sustentan un determinado nivel de emisión a través del servicio ecosistémico de regulación, en función de una serie temporal.

La dinámica de los ecosistemas terrenos depende de las interacciones entre diversos ciclos biogeoquímicos, particularmente el ciclo del carbono, los ciclos de nutrientes y el ciclo hidrológico, todos los cuales pueden resultar modificados por las actividades humanas. Los sistemas ecológicos de la Tierra, por medio de los cuales el carbono queda retenido en la biomasa viva, en la materia orgánica en descomposición y en el suelo, desempeñan un papel importante en el ciclo del carbono mundial. El carbono es intercambiado de manera natural entre estos sistemas y la atmósfera mediante los procesos de fotosíntesis, respiración, descomposición y combustión. Las actividades humanas alteran el carbono almacenado en esos

reservorios y los intercambios entre éstos y la atmósfera mediante el uso de las tierras, el cambio de uso de las tierras y las actividades forestales (UTCUTS), entre otras actividades. En los últimos siglos se han liberado cantidades sustanciales de carbono como consecuencia de la tala de bosques en latitudes altas y medias, y en los trópicos durante la última parte del siglo XX (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2000).

El SMQS utiliza aproximadamente 10.041 hectáreas de terreno para sus instalaciones. La EPMAAPS ha adquirido las haciendas Antisana de 7.121,58 hectáreas y El Contadero de 427,98 hectáreas de terreno que forman el capital natural adquirido, lo que se puede considerar como un potencial para la remoción de carbono. El mapa nos permite identificar los usos del suelo en el área del Sistema Mica Quito Sur (Figura 12).

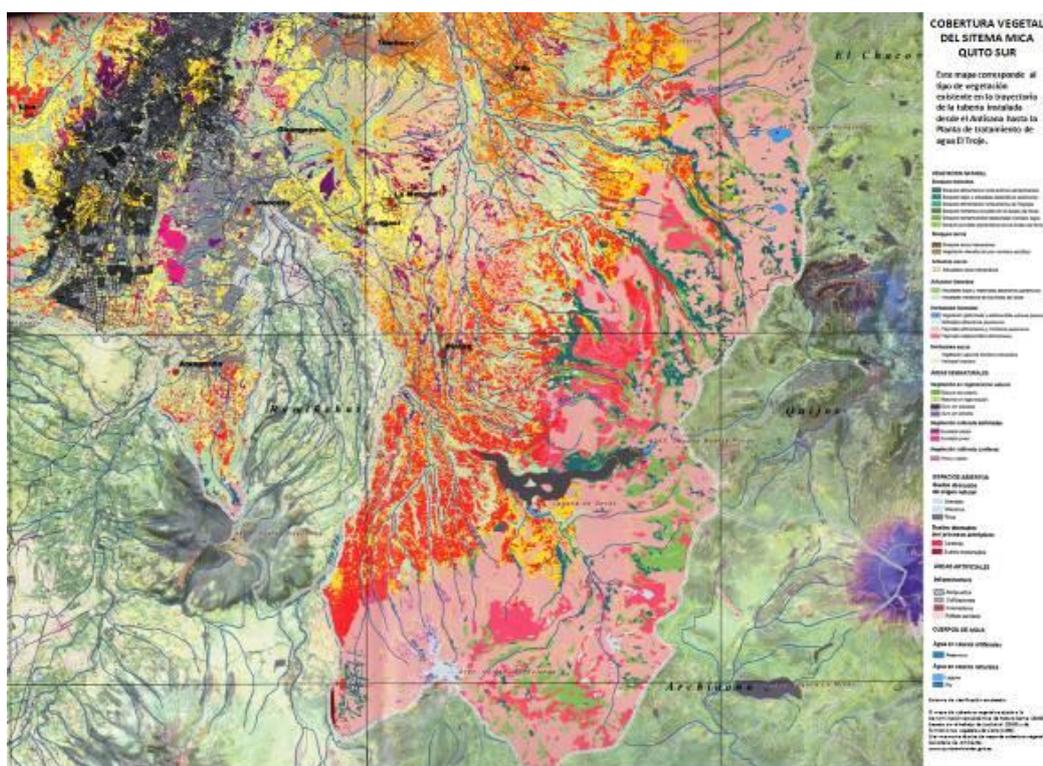


Figura 12 Mapa de la cobertura vegetal del Distrito Metropolitano de Quito, área de influencia del SMQS. Fuente: mapa de cobertura vegetal, DMQ, 2011

Planteamiento del objetivo

Identificar los sumideros para la remoción de GEI que posee en la actualidad el Sistema Mica Quito Sur, a través de modelos de simulación de crecimiento de biomasa y la aplicación de sistemas de información geográfica SMQS.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE TASAS DE REMOCIÓN

Para cuantificar las tasas de variación de remociones en los distintos usos de suelo se utilizaron tres herramientas:

- a.- Revisión de literatura científica
- b.- Muestreo de campo
- c.- Mapa de la cobertura vegetal
- d.- El software CO₂Fix3.1 para la modelación de carbono en el tiempo.

La revisión de literatura se basó principalmente en estudios desarrollados para inventarios de carbón en ecosistemas. La unidad de muestreo que se emplea es una parcela de 10m de ancho por 10m de largo, se realiza un inventario de la vegetación, se mide el diámetro del árbol a la altura del pecho DAP con cinta métrica y se mide la altura. Se utiliza el mapa de la cobertura vegetal del Distrito Metropolitano de Quito donde se limita la zona de investigación y el tipo de vegetación, en el cual se identifica las coberturas vegetales de Bosques húmedos, Arbustos húmedos, Herbazales Húmedos y Composición florística. Para medir las variaciones y contenidos de carbono según el uso de suelo se utilizó el software CO₂Fix3.1 para la modelación de carbono en el tiempo, esta herramienta cuantifica las cantidades y flujos de carbono.

Aunque la vegetación existente en el ecosistema páramo no es uniforme, el término páramo hace referencia una vegetación abierta, es decir, al pajonal, ocasionalmente con Espeletia y arbustos esparcidos. En el Ecuador, el páramo se

extiende a todo lo largo del país, en las zonas altas de la Cordillera de los Andes. El límite inferior varía mucho, dependiendo de factores locales como el clima, el suelo y el grado de intervención humana (Páramo, 2000).

Para la vegetación de pajonal se utilizó la modelación con el software CO₂Fix3.1, la cuantificación de carbono se evaluó respecto a las hectáreas ocupadas por la vegetación.

4.3 RESULTADOS DE LA REMOCIÓN EN LA VEGETACIÓN

La EPMAPS ha adquirido un total de 7.549,56 Ha de terreno correspondientes a las Haciendas Antisana y Contadero las que están cubierta de vegetación nativa de páramo andino. En la cobertura vegetal predomina el pajonal en aproximadamente un 85%, el 10% corresponde a almohadilla y el 5% a otras especies. Para estimar el porcentaje de cobertura se realizó por conteo de muestras representativas de vegetación en el campo, para lo cual se trazó transectos de 10m de ancho por 10m de largo (Bastienne Schlegel, 2001), mediante la cual se determinó los porcentajes de la vegetación.

En el análisis del predominio de la vegetación, se ha considerado para la investigación al pajonal como un referente en la cuantificación de carbono mediante el software CO₂Fix3.1

El promedio de Incremento Corriente Anual (CIA) es de 364,15 metros cúbicos por hectáreas para los años de crecimiento de la vegetación (m³/ha/años) y se ha asumido para el presente estudio una edad promedio de 180 años del pajonal existente en los terrenos adquiridos por la EPMAPS considerando una relación entre el promedio de crecimiento de 0,59cm por año y se midió la altura de varias plantas dando un promedio de 107cm. Se obtuvo que el área de investigación remueve un promedio de 1.967,58 tC/ha durante los años estimados. Pero es importante mencionar que durante los 10 primeros años la remoción es de 72 tC/ha a partir del año 11 el incremento es de aproximadamente el 80% del carbono acumulado.

De acuerdo a lo observado en la (Figura 13), el aumento es progresivo durante los años de vida del pajonal, asumiendo que las quemadas son poco probables, debido a que su ubicación es área de reserva, existe mucho cuidado por parte del Ministerio del Ambiente y guardaparques de la EPMAPS, dedicados al monitoreo permanente. En caso de que hubiera quemadas fortuitas esta vegetación se recupera en un tiempo estimado de 1,5 años, las condiciones climáticas ayudan a su revegetación.

El análisis muestra la remoción en promedio durante los 10 primeros años de 7.214,45 tCO₂/ha en la vegetación en forma progresiva, con menor crecimiento y clara tendencia de estabilización en los últimos años.

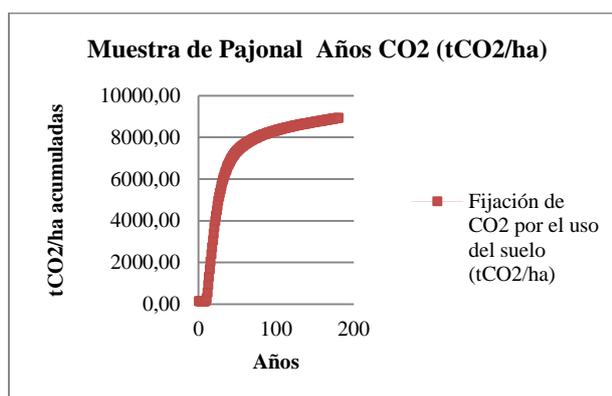


Figura 13 Remociones anuales de plantaciones forestales

4.4 DISCUSIÓN

Del objetivo planteado respecto a la identificación de los sumideros para la remoción de los gases efecto invernadero, que posee en la actualidad el Sistema Mica Quito Sur, se identificó que los terrenos de las haciendas Antisana y Contadero, adquiridos por la EPMAPS tienen alta capacidad de remoción de CO₂ debido a las variables climatológicas favorables que son propias del páramo andino y la capacidad de estratificación del suelo.

Se ha evaluado el uso del suelo con características específicas para el pajonal, no se ha evaluado otro tipo de vegetación como la almohadilla y otras especies. Del muestreo realizado en campo se determinó que el 85% de la vegetación existente es pajonal, aproximadamente el 10% es de almohadilla y el 5% de otras especies.

De los cálculos realizados se obtuvo que la capacidad que tiene el suelo de almacenar el carbono es elevada, un promedio de 1.967,58 tC/ha durante los años estudiados, (Figura 14) debido a que los terrenos adquiridos por la EPMAPS se encuentra ubicados en la zona de páramo donde la precipitación, la humedad y la temperatura favorecen la retención de nutrientes en el bioma.

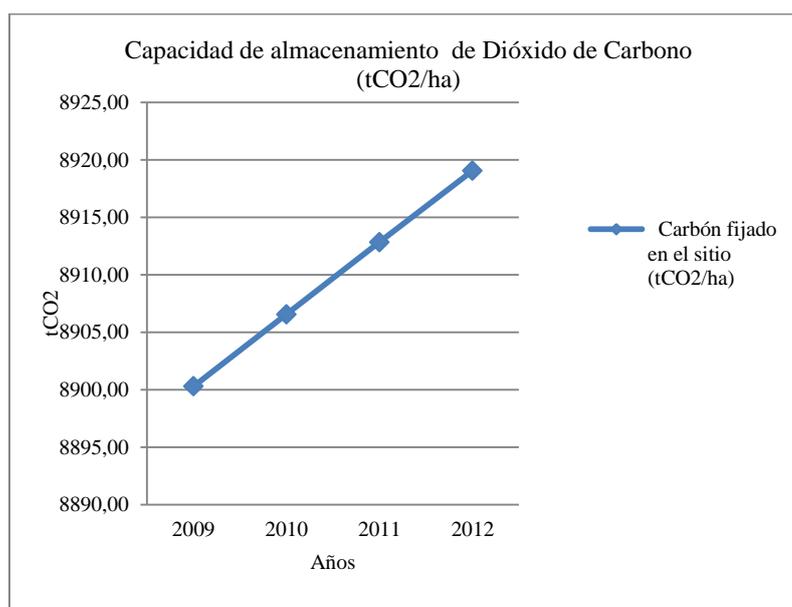


Figura 14 Capacidad de almacenaje de carbono

De la (Figura 15) las remociones anuales respecto a la de capacidad de almacenamiento de carbono no se observa una diferencia significativa, debido a que las emisiones del Sistema Mica Quito Sur son mínimas.

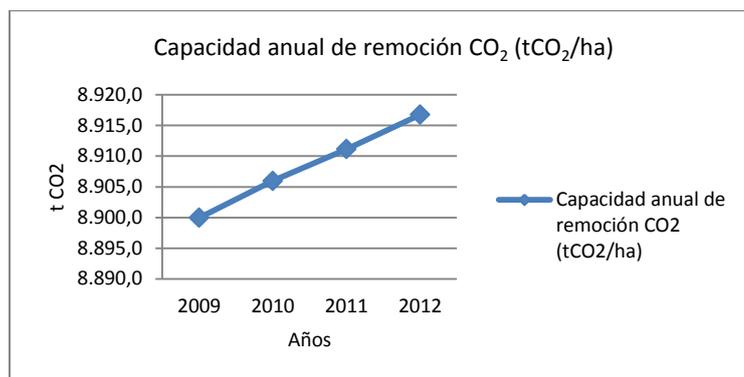


Figura 15 Remociones anuales de carbono.

Sin embargo, a partir de los datos obtenidos se puede establecer una aproximación respecto a la capacidad que tiene el suelo de remover el carbono institucional emitido como GEI.

La limitante del estudio es que no se evaluó toda la vegetación existente por lo que se estima, esto nos sitúa en un escenario con una incertidumbre de aproximadamente el 15%, pero que se puede considerar en nuevos estudios.

Para efectos de este estudio se ha considerado la capacidad de remoción de los sumideros Antisana y Mudadero para el Sistema Mica Quito Sur, sin embargo la Empresa de Agua Potable, también cuenta con otros sistemas y edificios administrativos que producen sus propias emisiones, que no son objetivo del presente estudio.

La infraestructura del SMQS, ocupa aproximadamente 10.041Ha. de terreno considerando desde el embalse hasta la Planta de Tratamiento el Troje, captaciones, conducciones, campamentos, estación de válvulas Central El Carmen, Planta Tesalia y Filtro Pichincha. Los terrenos adquiridos son de 7.549,56 Ha.

4.5 CONCLUSIONES SOBRE DEFINICIÓN DE SUMIDEROS

Se ha confirmado que el Sistema Mica Quito Sur SMQS cuenta con sumideros para la remoción de carbono y éstos son suficientes para fijar las emisiones que produce el SMQS con sus actividades.

El estudio ha identificado y cuantificado la cantidad que remueve de carbono en el pajonal mediante el software CO₂Fix3.1. Conocer datos concretos sobre la capacidad de remover el CO₂ sitúa al Sistema como un referente de desarrollo sostenible. La gestión puede ser demostrada mediante la cuantificación de las emisiones y capacidad de remoción.

4.6 RECOMENDACIONES SOBRE DEFINICIÓN DE SUMIDEROS

Realizar estudios de comparación de la capacidad de remoción de los terrenos del Antisana y Mudadero en relación con las emisiones gaseosas emitidas en los demás sistemas de tratamiento de agua de la EPMAPS, con la finalidad de verificar si los terrenos adquiridos son suficiente para remover todas las emisiones generadas por la empresa en la actualidad y realizar una modelación para conocer hasta cuantos años se puede mantener el Carbono Neutral.

CAPÍTULO 5

HACIA EL LOGRO DEL CARBONO NEUTRALIDAD EN EL SMQS

5.1 INTRODUCCIÓN

El carbono neutro se refiere a la práctica de balancear los equivalentes de emisiones de dióxido de carbono con prácticas de reducción y compensación (Universidad EARTH, 2012).

Considerando fundamentalmente que la EPMAPS el hecho fundamental es propietaria de un capital natural en el Antisana y Contadero, la senda de carbono neutralidad institucional va a estar inherentemente relacionada con el manejo que se haga respecto este capital, desde la perspectiva de una fuente de remoción y almacenamiento de carbono asociado a la vegetación.

Objetivos

- a. Generar información actualizada respecto a la huella de carbono, balances de emisiones de GEI y carbono neutralidad para generar lecciones aprendidas en un nuevo quehacer institucional.
- b. Presentar lineamientos para la concepción de una estrategia de carbono neutralidad.

5.2 BALANCE GENERAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Para la (Figura 16) solo se ha considerado el CO₂ removido en el último año de la modelación con el software CO₂Fix3.1 y el dato del CO₂ emitido el año 2012 que corresponde al último año de la investigación.

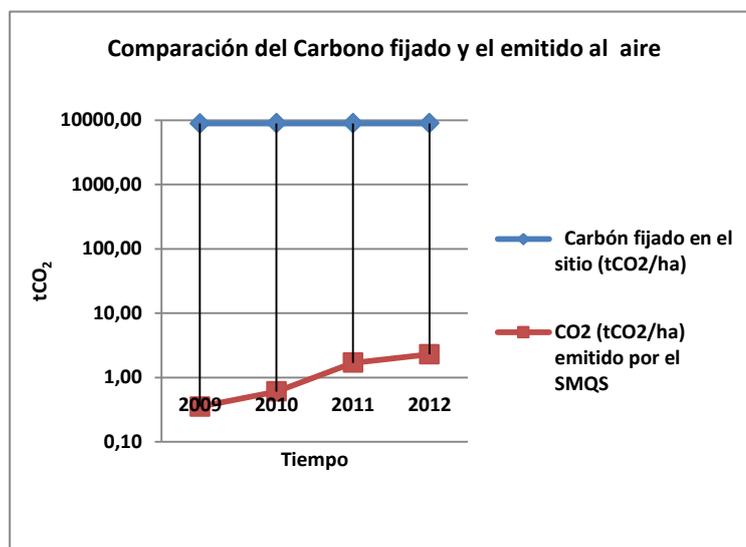


Figura 16 Emisiones de CO₂ y fijación de CO₂

La huella de carbono representada como toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera son mínimas comparadas con la capacidad de remover el carbono que poseen los terrenos adquiridos por la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Alcantarillado de Quito.

La diferencia entre el dióxido de carbono fijado en el suelo por la vegetación y el dióxido de carbono emitido como Huella de Carbono, entrega resultados del balance neto de CO₂ que son positivos, donde se nota que la tendencia aumenta en referencia al inicio del estudio.

Es preciso acotar que la EPMAPS ha adquirido la hacienda El Mudadero y tiene planificado adquirir otros terrenos, pero para el estudio solo se consideró los terrenos ubicados en el área de influencia del SMQS, para la compensación de la huella de carbono.

El balance de la institución indica que el SMQS a partir de los límites establecidos respecto a la huella de carbono definida en esta investigación, y la modelación del capital natural realizado para el sistema, removió mayor cantidad de GEI de los que emite en el periodo estudiado. Sin embargo, el servicio ecosistémico

de regulación climática es vulnerable y cambiante a las condiciones de clima, suelo y manejo.

5.3 LINEAMIENTOS PARA UNA ESTRATEGIA DE CARBONO NEUTRALIDAD.

El compromiso del Sistema Mica debe plasmarse mediante una Estrategia Institucional de Cambio Climático, para mantenerse como un sistema de carbono neutral hasta el año 2024, de manera que su modelo puede ser replicable en los demás sistemas de las EPMAP como son Papallacta Integrado, Paluguillo, Occidentales, Pita-Tambo y El Placer, de tal manera que incida en la agenda climática de la Empresa y sea considerado como un referente entre las instituciones públicas. Este compromiso es consecuentemente con el artículo 66 numeral 27 de la Constitución de la República del Ecuador, en la cual indica “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.”

La Estrategia, orientada a la acción, se definió en torno a los siguientes componentes estratégicos principales consistentes en la Mitigación y Adaptación. Además se manejan otros componentes que son transversales: Medición, Desarrollo de capacidades y transferencia tecnológica, Sensibilización, educación y cambio cultural, y Financiamiento (NINAET, 2009).

5.3.1 Mitigación

La mitigación debe implementarse en tres sub-ejes estratégicos: reducción de emisiones de gases por fuentes principalmente las del Alcance 3.

El planteamiento de trabajo propuesto es la reducción de las emisiones de GEI por fuente.

Las principales actividades identificadas como fuente de emisiones requieren una intervención prioritaria como son: materiales y bienes, productos agropecuarios y

pesqueros, productos forestales, obras de construcción, servicios, viajes de negocios y de capacitación y movilización del personal.

También debe considerarse de importancia el manejo del turismo en las áreas de influencia del Sistema Mica Quito Sur y el cambio uso del suelo,

En lo referente al **uso de suelo** el pajonal es un importante sumidero de carbono que coadyuva a compensar aquellas emisiones de GEI que, una vez aplicados todos los esfuerzos posibles, no se pudieron reducir, sin embargo se debe controlar las actividades como ganadería foránea o turismo.

Captura y almacenamiento de CO₂ durante el proceso de crecimiento, los árboles capturan gran cantidad de carbono que se transforman en materia orgánica. El estímulo a la absorción incrementa en sumideros esto es clave hacia la senda de carbono neutralidad. Se propone las acciones estratégicas como estímulo a la forestación y reforestación. Estas actividades puede realizar la empresa directa o indirectamente en áreas intervenidas, que han sido deforestadas o degradadas por el sobrepastoreo, previamente realizar estudios técnicos especializados para la zona.

5.3.2 Adaptación

La adaptación es el ajuste en los sistemas naturales y humanos como respuesta a estímulos climáticos actuales y esperados o sus efectos, los cuales moderan los daños o sacan ventaja de las oportunidades (IPCC, 2007).

Previo a la definición de estrategias de adaptación es conveniente mantener reuniones con los actores principales como Ministerio del Ambiente y FONAG.

Para definir las acciones que se adopten a la adaptación al cambio climático es necesario realizar un diagnóstico que determine las debilidades o fragilidades del sistema, en espacios estratégicos de tiempo, antes que se produzcan los impactos, se debe incluir caracterización de la vulnerabilidad es básica para que las estrategias con la finalidad de contar con una línea base y proyección pluviométricas. De lo

contrario, existe el riesgo de invertir recursos en momentos y zonas que no son prioritarios.

5.3.3 Medición

Es necesario incorporar en la estrategia, un eje de medida donde se plasme una metodología, estructura organizativa y normativa para la generación de información que permita establecer indicadores de mitigación, vulnerabilidad y adaptación, desarrollo de capacidades y transferencia de tecnología, sensibilización y educación, (NINAET, 2009) .

5.3.4 Desarrollo de capacidades y transferencia tecnológica

El objetivo es desarrollar procesos de fortalecimiento y mejoramiento de capacidades en el sistema, para facilitar la aplicación operativa de políticas de mitigación y adaptación al cambio climático, así como la identificación e incorporación de tecnologías en estos campos.

Los lineamientos se enmarcan dentro de las siguientes acciones:

Capacidades humanas: en la formación de recursos humanos, se deberán incorporar un grupo interdisciplinario, para el desarrollo del conocimiento en los distintos profesionales en el tema de cambio climático.

Capacidades financieras: se debe asignar recursos económicos provenientes de la Empresa para que el sistema implemente acciones de manejo eficiente de recursos.

Capacidades tecnológicas: cambiar en el proceso equipos o actividades por nuevas aplicaciones tecnológicas respetuosas con el medio ambiente, que permitan mejorar la disposición y el acceso a la información especializada así como crear entornos propicios, fortalecer la capacidad y establecer mecanismos de transferencia tecnológica que sirvan como herramienta para adaptarse a los efectos del cambio climático y aumentar la capacidad de recuperación. Esta transferencia tecnológica se establecerá con la participación principalmente de los proveedores debido a que las

emisiones más altas son las de obras de construcción y estas son contratadas (EPMAPS-PAC), para esto es necesario potenciar las fuentes de carbono neutral.

5.3.5 Sensibilización, educación y cambio cultural.

Se plantea acciones como, educación, formación, sensibilización y participación pública.

Educación: Impulsar estudios sobre el cambio climático. Elaborar y distribuir materiales didácticos para el personal sobre el cambio climático y sus efectos en el entorno. Capacitar directivos, administrativos y operativos sobre temas inherentes al cambio climático.

Formación: Impulsar la formación de profesionales en temas de cambio climático. Promover el desarrollo de investigaciones en temas de cambio climático de relevancia para la institución.

Sensibilización: Promover campañas divulgativas, charlas, foros, celebraciones especiales y otras actividades de sensibilización en el tema de cambio climático, con el fin de que conozcan e internalicen la dimensión de esta problemática global, sus impactos y sus oportunidades.

Participación Pública: Impulsar convenios de cooperación con organismos de investigaciones, universidades, organizaciones públicas y privadas y medios de comunicación para la divulgación de información técnica y científica relacionada con el cambio climático

Acceso a la Información: Promover la difusión de publicaciones sobre cambio climático, para que sean accesibles al público. Diseñar y mantener actualizada una página web con información de datos validados.

Cooperación Internacional: Promover y fomentar programas y proyectos que respalden el desarrollo de acciones de carbono neutral y promuevan el intercambio de experiencias entre las instituciones. Fomentar y apoyar la ejecución de talleres

para promover el intercambio de experiencias y la transferencia de conocimientos con otras instituciones.

5.3.6 Financiamiento.

Se propone que la institución asigne un presupuesto plurianual durante 10 años para la elaboración e implementación de acciones de desarrollo en el tema de Cambio Climático, con el fin de cubrir los gastos relacionados con los proyectos de desarrollo económico, técnico y social en el tema.

5.4 DISCUSIÓN

De acuerdo al objetivo planteado realizó el balance neto y se observa que existen más de 8.900.000 kgCO₂ excedentes, aún después de remover la totalidad del carbono emitido por el SMQS.

Se han presentado los lineamientos para la concepción de una estrategia de mantener el carbono neutralidad, se manera sostenible en el tiempo sin comprometer los recursos de las futuras generaciones.

5.5 CONCLUSIONES SOBRE ESTRATEGIAS DE CARBONO NEUTRALIDAD

Con la información obtenida se realizó el balance obteniéndose que la fijación de CO₂ en los terrenos adquiridos por la EPMAPS, tienen la capacidad de remover el 100% de las emisiones de carbono emitidas por el SMQS.

Es importante destacar que hasta los resultados del presente estudio no es necesario recurrir al mecanismo de compra de bonos de carbono debido a que si se logra el carbono neutralidad para las actividades del SMQS.

El estudio confirma la hipótesis que la Huella de Carbono es totalmente neutralizada, con el poder de remoción que tiene las propiedades de la EPMAPS. El páramo ha sido considerado como una fuente de agua pero se demuestra en el estudio que también son sumideros de CO₂, en cuyo caso la empresa de agua

tiene el privilegio de captar agua del páramo y compensar a la naturaleza manteniendo en buen estado sus propios sumideros, lo que servirá de referente para para otras empresas que no cuentan con estos servicios ecosistémicos, pero que pueden invertir en estos proyectos.

5.6 RECOMENDACIONES SOBRE ESTRATEGIAS DE CARBONO NEUTRALIDAD

Para mantener el logro del carbono neutralidad se requiere de un aprendizaje continuo, el cual debe ser liderado por un estratega, la dirección de la institución es la encargada de implantar procesos que permitan que la información fluya de manera efectiva y automática desde la fuente, para que los resultados sean continuos. La implantación debe ser de acuerdo a una política interna a partir de un ente con poder de decisión, quien represente los valores institucionales, lo que permite establecer un compromiso de largo plazo que este en concordancia a la senda de carbono neutralidad.

El estratega debe tener información actualizada y la potestad de tomar decisiones a todo nivel, con el objeto de mantener el logro del carbono neutralidad, y que sea sustentable en el tiempo.

6 CONCLUSIONES GENERALES

Las conclusiones parciales han quedado establecidas de manera específica en cada uno de los capítulos 3,4 y 5, pero de manera general podemos mencionar lo que se ha obtenido con el desarrollo de esta tesis.

Se logró identificar y cuantificar las fuentes de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, en el Capítulo 3, siendo las principales fuentes el consumo de combustible, la represa de agua del embalse, el uso de materiales de construcción y la contratación de servicios. La Huella de Carbono en el Sistema Mica Quito Sur es de 4.939,12 toneladas de dióxido de carbono tCO₂e que han sido emitidas al aire, la misma que se calculó utilizando la metodología del Protocolo de Gases Efecto Invernadero GEI, Guías de Cuantificación y Reporte de emisiones DEFRA.

En el Capítulo 4 se identificó como sumideros a los terrenos de las haciendas Antisana y Contadero, adquiridos por la EPMAPS, debido a que tienen alta capacidad de remoción de CO₂. El suelo de estos terrenos tiene una alta capacidad de almacenar carbono.

En el Capítulo 5 se realiza un balance de las emisiones de GEI, donde el potencial de remoción de GEI es del 100% y aún queda excedente.

Se ha logrado conocer que la Huella de Carbono producida en el Sistema Mica Quito Sur ha sido totalmente neutralizada. Para que el proceso de tratamiento de agua sea sustentable en el tiempo se han definido estrategias que constan en el Capítulo 5.

GLOSARIO

GWP: Potencial de calentamiento.

vk_m: Vehículo-Kilómetro, refiere a la distancia recorrida por un vehículo.

pk_m= Pasajero-Kilómetro

ppm: Partes por millón.

tCO₂: Toneladas de dióxido de carbono. Utilizadas en los cálculos matemáticos (Misión Neutral. 2013).

KgCO₂: Kilogramos de dióxido de carbono. Utilizadas en los cálculos matemáticos.

HC: Huella de carbono. Es la expresión utilizada cuando nos referimos al total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) como resultado de la actividad de una organización, un acto o un producto. En general se expresa como una determinada cantidad de dióxido de carbono, o su equivalente (Misión Neutral. 2013).

CO₂: Dióxido de carbono. Compuesto químico, gas que existe en la atmósfera y uno de los gases de efecto invernadero más abundantes. El CO₂ también se genera como subproducto de la combustión de combustibles fósiles o cambios de uso del suelo. (Misión Neutral. 2013).

CO₂e: Dióxido de carbono equivalente. La unidad utilizada en el Protocolo de Kioto. Es la concentración de CO₂ que generaría las mismas repercusiones en el medio ambiente que otros gases de efecto invernadero, como el metano o el óxido nitroso. La cantidad de CO₂e. de cualquier gas de efecto invernadero es la cantidad de dióxido de carbono que produciría el potencial equivalente de calentamiento global. (Misión Neutral. 2013).

GEI: Gases Efecto Invernadero. Gases como el CO₂ que absorben y emiten radiación, atrapando el calor en la atmosfera y contribuyendo al efecto invernadero (Misión Neutral. 2013).

Kwh: Kilovatios hora.

SMQS: Sistema Mica Quito Sur.

EPMAPS: Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.

IPCC: Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

CMCC: Convención Marco sobre el Cambio Climático.

OCDE: Organización para la cooperación y Desarrollo Económico

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

HC: Huella de Carbono.

CDS: Comisión de Desarrollo Sustentable de las Naciones Unidas

DEFRA: Department for Environment, Food and Rural Affairs

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade Rivadeneira, A. K., & Défaz Vizuete, G. S. (Octubre de 2012). Cálculo de la Huella Ecológica de la Empresa Pública Metropolitano de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS)-Edificio Matriz A y B, y la Unidad de Operaciones Norte de Saneamiento. *Tesis*, 257. Quito.
- Balvanera, P., & Cotler Avalos, H. (2007). Acercamientos al estudio de los servicios ecosistémicos. *Gaceta Ecológica*(84-85), 8-15.
- Balvanera, P., & Cotler, H. (2009). Estados y tendencias de los servicios ecosistémicos. En *Capital Natural México* (Vol. 2, págs. 185-245). México: CONABIO.
- Briceño, S. (abril de 2013). *Sesión de Vida Sostenible*. Recuperado el enero de 2014, de Sure: <http://sureplanet.com/blog/author/sandra/>
- Carbon Neutral Planet. (s.f.). *Neutralizar*. Obtenido de Carbon Neutral Planet: <http://www.carbonneutralplanet.org/glossary.php?idi=Esp%E2%80%8E>
- CarbonZero*. (s.f.). Obtenido de <http://www.carbonzero.co.nz/EmissionsCalc/FlightCalc.aspx>
- Carcavilla Urquí, L., López Martínez, J., & Durán Valsero, J. J. (2007). Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. *Cuadernos del Museo Geominero*(7), 363.
- Carson, R. (2007). *La pluma contra el veneno*.
- Castro, E. (2012). *Cómo lograr la carbono neutralidad: obstáculos y oportunidades*.
- CONELEC. (2011). *Boletín estadístico sector electrónico ecuatoriano*.

- Conservación Internacional. (2013). *Manual de Metodologías REDD VCS para Desarrolladores de Proyectos*.
- COSTECAM CIA LTDA. (2006). *Dianóstico de la cuenca y subcuenca hidrográficas de captación para el Sistema La Mica*. Quito.
- DEFRA. (2012). *2012 guidelines to Defra/DECC's GHG conversion factors for company reporting: Methodology paper for emission factors*. Department for Environment, Food & Rural Affairs.
- Doménech Quesada, J. L. (2006). *Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa*. Centro Argentino de Estudios Internacionales, Programas Recursos Naturales & Desarrollo, Málaga.
- Doménech Quesada, J. L. (2009). *Huella ecológica y desarrollo sostenible* (Segunda ed.). Madrid, España: Asociación Española de Normalización y Certificación.
- Doménech Quesada, J. L., & González Arenales, M. (2008). Huella del carbono corporativa: una herramienta de gestión empresarial contra el cambio climático. *Congreso Nacional del Medio Ambiente. Cumbre del Desarrollo Sostenible*, (págs. 1-23).
- Doménech Quesada, J. L., Carballo Penela, A., Jiménez Herrero, L., & De la Cruz Leiva, J. L. (2010). Estándares 2010 de Huella de Carbono MC3. *CONAMA10 Congreso Nacional del Medio Ambiente, XI*, págs. 1-28.
- ECOLAP & MAE. (2007). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador*. Quito: IGM.
- EPMAPS. (2007). *Auditoria ambiental inicial de cumplimiento sistema La Mica (Cuenca Hidrográfica) y planta de tratamiento El Troje-Biófera*.
- Ferrer , G., La Roca, F., & Gual, M. (febrero de 2012). Servicios ecosistémicos: ¿Una herramienta útil para la protección o para la mercantilización de la

naturaleza? *XII Jornadas de Economía Crítica: los costes de la crisis y alternativas en construcción*, 281-294.

Fuertes-Calva, E. (enero-abril de 2013). Características limnológicas de los embalses Alto Andinos. *Revista Cubana de Química*, XXV(1), 26-31.

Fundación Antisana. (2002). *Plan de Manejo de la Reserva Ecológica Antisana*. Empresa Municipal de Alcantarillado y Agua Potable de Quito (EMAAP-Q) y Proyecto Bioreserva del Cóndor, Quito.

Fundación Proteger. (9 de mayo de 2007). *Con Mosca*. Recuperado el 1 de mayo de 2013, de El 4% del calentamiento global se debe a gases generados en las represas:

<http://www.conmosca.com/modules.php?name=News&file=article&sid=198>

4

García Sánchez, I. J. (enero de 2013). *El IPCC en la cuenta atrás para el 5º informe de evaluación*. Recuperado el 25 de mayo de 2013, de Instituto Español de Estudios Estratégicos: <http://www.ieee.es/>

González Martuneaux, S. G. (2013). *Inventarios de gases efecto invernadero según el IPCC*.

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2000). *Informe especial IPCC: Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura*. PNUMA.

Henao S., P. A. (2010). *Servicios Ecosistémicos*.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). *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*. Quito.

- IPCC. (1997). Estabilización de los gases atmosféricos de efecto invernadero implicaciones físicas, biológicas y socioeconómicas. En J. T. Houghton, L. Gylvan Meira Filho, D. J. Giggs, & K. Maskell (Ed.), (pág. 63).
- IPCC. (2004). *Introducción IPCC*. Recuperado el 25 de mayo de 2013, de Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático: www.ipcc.ch/pdf/ipcc-faq/ipcc-introduction-sp.pdf
- IPCC. (2007). Cambio climático 2007: Informe de síntesis. En R. K. Pachauri, & A. Reisinger (Ed.), *Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (pág. 104). Ginebra: Cambridge University Press.
- IPCC. (22 de Febrero de 2013). *Intergovernmental panel on climate change*. Obtenido de <http://www.ipcc.ch/organization/organization.shtml#.USffiqVGdJI>
- Josse, C., Mena, P. A., & Medina, G. (2000). *La Biodiversidad de los Páramos* (Vol. 7). Quito: Abya Yala.
- La huella de carbono y su mitigación*. (s.f.). Obtenido de UPAHUELLA: www.upahuella.com/huella.php
- Latterra, P., Jobbagy, E. G., & Paruelo, J. M. (2011). *Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires.
- López Álvarez, N., & Blanco Heras, D. (2008). Metodología para el Cálculo de la huella ecológica en universidades. *Congreso Nacional de Medio Ambiente. Cumbre del Desarrollo Sostenible*, (págs. 1-24). Madrid.
- Lovelock, J. E. (1985). *GAIA, Una nueva visión de la vida sobre la Tierra*. (A. J. Rioja, Trad.) Barcelona: Ediciones Orbis.
- Martínez Fernández, J., Laguna Monroy, I., Leal Hernández, K., Sheinbaum Pardo, C., Briceño Vilorio, S., Benjamin Ordoñez Díaz, J. A., . . . Peña Rodríguez,

É. (2012). *Guía de metodologías y medidas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero para la elaboración de Programas Estatales de Acción ante el Cambio Climático*. México DF.

NCYT. (9 de septiembre de 2011). *La emisión de gases de efecto invernadero en embalses hidroeléctricos es menor de lo creído*. Recuperado el 1 de febrero de 2013, de Noticias de Ciencia y Tecnología: Ecología: http://noticiasdelaciencia.com/not/2157/la_emision_de_gases_de_efecto_invernadero_en_embalses_hidroelectricos_es_menor_de_lo_creido

NESTA. (2008). *Que es Carbón Neutral*. Recuperado el 2013, de Windos2universe: <http://www.windows2universe.org/earth/climate/neutral.html&lang=sp%E2%80%8E>

(2007). *Nuestro Futuro Común*.

Observatorio de la Sostenibilidad de España. (2010). *Enfoques metodológicos para el cálculo de la Huella de Carbono*. Observatorio de la Sostenibilidad de España. Recuperado el 21 de Febrero de 2013, de Observatorio de la Sostenibilidad de España: http://www.sostenibilidad-es.org/sites/default/files/_Documentos/herramientas.pdf

Odum, E. P. (18 de April de 1969). The Strategy of Ecosystem Development. *Science*, 164(3877), 262-270.

OECD. (1993). OECD Core set of indicators for environmental performance reviews. *Environmental Monographs*(83).

Oficina Catalana de Cambio Climático. (2013). *Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)*. Cataluña.

Ortega Carreño, A. (24 de mayo de 2010). El avance de Chile en la huella de carbono. *Revista del Campo*, 1-3.

- Ortega, J. (22 de Diciembre de 2013). *¿Catástrofe climática o revolución energética? El camino del 5 informe de IPCC*. Recuperado el 25 de mayo de 2013, de La vanguardia.com Blogs: <http://blogs.lavanguardia.com/diario-de-futuro/>
- Peña Yaguache, J. P., & Játiva Ibarra, J. (2010). *Análisis técnico-comercial de las centrales hidroeléctricas Recuperadora y El Carmen de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento bajo el marco regulatorio derivado del Mandato Constituyente No. 15*. Tesis, Escuela Politécnica Salesiana, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito.
- Queris. (2011). *Procedimiento para el Diseño de consultas*. EPMAPS.
- Quétier, F., Tapella, E., Conti, G., Cáceres, D., & Díaz, S. (2007). Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. *Gaceta ecológica*(84), 17-26.
- Quiroga Martínez, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. (C. N. Unidad, Ed.)
- SAGRAPA. (s.f.). *Indicadores del Cambio Climático*. Obtenido de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/Indicadores%20agroambientales.pdf>
- SECHE ENVIRONNEMENT, SUEZ ENVIRONNEMENT & VEOLIA ENVIRONMENTAL SERVICES. (2010). *Protocolo para la cuantificación de emisiones de gases de efecto invernadero en actividades de gestión de residuos*. Madrid.
- Secretaría del Ambiente-. (2011). *Mapa de Cobertura Vegetal de DMQ-Memoria Técnica*. Quito.
- Sierra, R. (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador Continental*.

Stop CO2 Euskadi. (21 de enero de 2009). *resumen del cuarto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático*. Recuperado el 26 de mayo de 2013, de Stop CO2 Euskadi: en acción contra el cambio climático:
http://www.stopco2euskadi.com/Pags/AP/Ap_Inicio/Index.asp?cod=05E28BAD-9FA0-4AC7-B7C8-3E51103FBCCB

Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth* (Vol. 9). Canadá: New Society Publisher.

WWF. (2012). *Planeta Vivo Informe 2012: Biodiversidad, biocapacidad y propuestas de futuro*.