

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

**INVENTARIO DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE LA CONSTRUCCIÓN  
DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA APLICANDO LA  
METODOLOGÍA DEL PROTOCOLO GEI**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERA AMBIENTAL**

**CECILIA SALOMÉ AZANZA TORRES**  
salome141@hotmail.com

**DIRECTOR: ING. CÉSAR ALFONSO NARVÁEZ RIVERA MSC.**  
cesar.narvaez@epn.edu.ec

**Quito, mayo 2019**

## DECLARACIÓN

Yo, Cecilia Salomé Azanza Torres, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

**CECILIA SALOMÉ AZANZA TORRES**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Cecilia Salomé Azanza Torres, bajo mi supervisión.

---

**ING. CÉSAR ALFONSO NARVÁEZ RIVERA MSC.**

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por permitirme cumplir esta meta, por haber puesto en mi camino las gracias y recursos para finalizar este trabajo.

Gracias a toda mi familia, especialmente a mi papá por su paciencia y cariño incondicional, por su oración y su incansable apoyo.

Gracias a Agustín por acompañarme y animarme a seguir.

Gracias a mis amigas Sofía y Diana.

Agradezco también, al Ingeniero César Narváez por su guía y direccionamiento.

## DEDICATORIA

A Dios y a mi familia.

## CONTENIDO

<b>DECLARACIÓN</b> .....	<b>II</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>V</b>
<b>CONTENIDO</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>XIV</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>XVI</b>
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>XVII</b>
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>XVIII</b>
<b>ABREVIATURAS Y SIGLAS</b> .....	<b>XIX</b>
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.3 OBJETIVOS .....	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	6
1.4 HIPÓTESIS .....	6
<b>CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO Y LEGAL</b> .....	<b>7</b>
2.1 MARCO LEGAL .....	7
2.1.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR .....	7
2.1.2 CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE .....	7
2.1.3 REFORMA Y CODIFICACIÓN A LA ORDENANZA PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL OCASIONADA POR LAS ACTIVIDADES AGROINDUSTRIALES, INDUSTRIALES, ARTESANALES, DOMÉSTICAS Y DE SERVICIOS EN EL CANTÓN AMBATO .....	8
2.1.4 GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN MENOR O IGUAL A VEINTE MIL METROS .....	9

2.1.5	ORDENANZA PARA MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN AMBATO .....	10
2.1.6	TRATADOS Y CONVENIOS INTERNACIONALES .....	10
2.1.6.1	CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	10
2.1.6.2	PROTOCOLO DE KIOTO .....	11
2.1.6.3	CONFERENCIA DE PARÍS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO.....	12
2.2	EL CAMBIO CLIMÁTICO .....	13
2.2.1	EL CLIMA EN LA TIERRA .....	14
2.2.2	EL EFECTO INVERNADERO .....	14
2.2.2.1	LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO .....	16
2.2.2.1.1	DIÓXIDO DE CARBONO (CO <sub>2</sub> ).....	17
2.2.2.1.2	METANO (CH <sub>4</sub> ).....	17
2.2.2.1.3	ÓXIDO NITROSO (N <sub>2</sub> O) .....	18
2.2.2.1.4	GASES FLUORADOS (HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> ).....	18
2.3	EL PROTOCOLO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	18
2.3.1	ENFOQUES DE CONSOLIDACIÓN DE EMISIONES .....	20
2.3.2	LÍMITES OPERACIONALES DEL INVENTARIO DE EMISIONES.....	20
2.3.3	INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI .....	21
2.3.3.1	ECUACIÓN BASE PARA EL CÁLCULO.....	21
2.3.3.2	INCERTIDUMBRE DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI.....	22
2.3.3.3	INVENTARIO DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	23
2.4	EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO .....	23
2.4.1	EMISIONES DE GEI A NIVEL GLOBAL .....	24
2.4.2	EMISIONES DE GEI A NIVEL REGIONAL .....	25
2.4.3	EMISIONES DE GEI A NIVEL LOCAL.....	29
	<b>CAPÍTULO 3 METODOLOGÍA.....</b>	<b>32</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDIO .....	32
3.1.1	EL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA.....	32
3.1.1.1	ESTRATIFICACIÓN SOCIOECONÓMICA .....	33

3.2	LÍMITES DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	34
3.2.1	SELECCIÓN DEL ENFOQUE DE CONSOLIDACIÓN DE EMISIONES ...	34
3.2.2	LÍMITES OPERACIONALES.....	35
3.2.3	ALCANCES DE CONTABILIDAD DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	36
3.3	CÁLCULO DE EMISIONES .....	37
3.3.1	CÁLCULO DE EMISIONES DEL ALCANCE 1.....	37
3.3.2	CÁLCULO DE EMISIONES DE ALCANCE 2.....	39
3.3.3	CÁLCULO DE EMISIONES DEL ALCANCE 3.....	40
3.3.3.1	CÁLCULO DE EMISIONES DE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN .....	41
3.3.3.2	CÁLCULO DE EMISIONES DE LA ETAPA DE OPERACIÓN .....	42
3.3.3.2.1	EMISIONES POR CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	42
3.3.3.2.1.1	CONSUMO DE ELECTRICIDAD DE LAS FAMILIAS QUE VIVEN EN EL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA.....	42
3.3.3.2.1.2	DETERMINACIÓN DEL DATO DE ACTIVIDAD .....	44
3.3.3.2.1.3	FACTOR DE EMISIÓN .....	44
3.3.3.2.1.4	CÁLCULO DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	44
3.3.3.2.1.5	ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES .....	45
3.3.3.2.2	EMISIONES POR CONSUMO DE AGUA POTABLE .....	45
3.3.3.2.2.1	VOLUMEN DE GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	45
3.3.3.2.2.2	EMISIONES DE GEI DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL CONJUNTO LA TOSCANA PARA UN PERÍODO DE 25 AÑOS .....	46
3.3.3.2.2.2.1	CÁLCULO DE EMISIONES DE METANO CH <sub>4</sub> .....	47
3.3.3.2.2.2.1.1	DATO DE ACTIVIDAD .....	47
3.3.3.2.2.2.1.2	FACTOR DE EMISIÓN CH <sub>4</sub> .....	48
3.3.3.2.2.2.1.3	EMISIONES DE CH <sub>4</sub> .....	49
3.3.3.2.2.2.2	CÁLCULO DE EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO N <sub>2</sub> O .....	50
3.3.3.2.2.2.2.1	DATO DE ACTIVIDAD .....	50
3.3.3.2.2.2.2.2	EMISIONES DE N <sub>2</sub> O.....	51
3.3.3.2.2.3	ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES .....	52

3.3.3.2.3	EMISIONES POR LA GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS .....	52
3.3.3.2.3.1	GENERACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....	53
3.3.3.2.3.2	CÁLCULO DE EMISIONES .....	54
3.3.3.2.3.3	ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES .....	58
3.3.3.2.4	EMISIONES DE FUENTES MÓVILES.....	58
3.3.3.2.4.1	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> PRODUCIDAS POR LA UTILIZACIÓN DE AUTOMOTORES .....	59
3.3.3.2.4.1.1	DATO DE ACTIVIDAD (DA).....	59
3.3.3.2.4.1.2	FACTOR DE EMISIÓN (FE) .....	63
3.3.3.2.4.1.3	CÁLCULO DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	63
3.3.3.2.4.2	ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES .....	63
3.3.4	ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE .....	64
	<b>CAPÍTULO 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>66</b>
4.1	INVENTARIO DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> .....	66
	<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>69</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	69
5.2	RECOMENDACIONES .....	72
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>73</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>80</b>
	<b>ANEXO NO. 1 .....</b>	<b>81</b>
	<b>REGISTRO DE ADQUISICIÓN DE COMBUSTIBLES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....</b>	<b>81</b>
	<b>ANEXO NO. 2 .....</b>	<b>85</b>
	<b>REGISTRO DE ADQUISICIÓN DE ELECTRICIDAD DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....</b>	<b>85</b>
	<b>ANEXO NO. 3 .....</b>	<b>89</b>
	<b>REGISTRO DE ADQUISICIÓN DE CEMENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....</b>	<b>89</b>
	<b>ANEXO NO. 4 .....</b>	<b>93</b>

<b>REGISTRO DE ADQUISICIÓN DE CEMENTO EN HORMIGONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO NO. 5 .....</b>	<b>96</b>
<b>REGISTRO DE ADQUISICIÓN DE ACERO EN VARILLAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO NO. 6 .....</b>	<b>99</b>
<b>ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES: SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA.....</b>	<b>99</b>
<b>ANEXO NO. 7 .....</b>	<b>111</b>
<b>HOJA TÉCNICA DEL PANEL SOLAR.....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO NO. 8 .....</b>	<b>113</b>
<b>HOJA TÉCNICA DEL INVERSOR.....</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO NO. 9 .....</b>	<b>116</b>
<b>ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES: MONTAJE DE UNA PLANTA PAQUETE DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS .....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXO NO. 10 .....</b>	<b>129</b>
<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y COTIZACIÓN DE LA PLANTA PAQUETE DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS OFERTADA POR LA COMPAÑÍA INGENIERÍA Y SERVICIOS AMBIENTALES .....</b>	<b>129</b>
<b>ANEXO NO. 11 .....</b>	<b>140</b>
<b>ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES: PROGRAMA DE RECICLAJE .....</b>	<b>140</b>
<b>ANEXO NO. 12 .....</b>	<b>149</b>
<b>ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES: SISTEMA DE PICO Y PLACA DE VECINOS .....</b>	<b>149</b>
<b>ANEXO NO. 13 .....</b>	<b>155</b>
<b>RELACIÓN SUSTENTABLE CON LA COMUNIDAD .....</b>	<b>155</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 2.1.</b> ÍNDICE GWP DE LOS GEI REGULADOS POR EL PROTOCOLO DE KIOTO .....	17
TABLA 2.2. OBJETIVOS DEL ECCR DEL PROTOCOLO GEI.....	19
TABLA 2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ENFOQUES DE CONSOLIDACIÓN DE EMISIONES DEL PROTOCOLO GEI.....	20
TABLA 2. 4. DESCRIPCIÓN DE LOS ALCANCES 1, 2 Y 3 .....	21
TABLA 2.5. SISTEMA CUALITATIVO DE ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE .....	23
<b>TABLA 3.1.</b> CRITERIOS DE LA CLASIFICACIÓN DE EMISIONES DIRECTAS E INDIRECTAS .....	35
<b>TABLA 3.2.</b> FUENTES DE EMISIONES DIRECTAS E INDIRECTAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....	36
<b>TABLA 3.3.</b> IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE EMISIONES SEGÚN SU ALCANCE .....	36
<b>TABLA 3.4.</b> ALCANCES DE LAS FUENTES DE EMISIONES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....	37
<b>TABLA 3.5.</b> CANTIDAD DE GASOLINA Y DIÉSEL UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....	38
<b>TABLA 3.6.</b> FACTORES DE EMISIÓN DE LOS COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA.....	38
<b>TABLA 3.7.</b> EMISIONES DE CO <sub>2</sub> DEL ALCANCE 1 EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....	39
<b>TABLA 3.8.</b> CANTIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA CONSUMIDA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....	40
<b>TABLA 3.9.</b> EMISIONES DE CO <sub>2</sub> CALCULADAS DEL ALCANCE 2 .....	40
<b>TABLA 3.10.</b> CANTIDADES DE CEMENTO Y HIERRO UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....	41

<b>TABLA 3.11.</b> FACTORES DE EMISIÓN GENÉRICOS DE LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO Y DE ACERO EN VARILLAS .....	41
<b>TABLA 3.12.</b> EMISIONES DE CO <sub>2</sub> DEL CEMENTO Y EL ACERO EN VARILLAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....	42
<b>TABLA 3.13.</b> CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE CADA FAMILIA DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA.....	43
<b>TABLA 3.14.</b> CÁLCULO DEL CONSUMO TOTAL DE ELECTRICIDAD DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA PARA UN PERÍODO DE 25 AÑOS .....	44
<b>TABLA 3.15.</b> CONSIDERACIONES A CERCA DEL CONSUMO DE AGUA DE LAS FAMILIAS DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA.....	45
<b>TABLA 3.16.</b> PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL TOTAL DE DESECHOS SÓLIDOS A SER GENERADOS EN EL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA PARA UN PERÍODO DE 25 AÑOS .....	53
<b>TABLA 3.17.</b> CANTIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS A SER GENERADOS EN EL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA PARA UN PERÍODO DE 25 AÑOS .....	53
<b>TABLA 3.18.</b> VALORES POR DEFECTO (IPCC, 2006) PARA AMÉRICA DEL SUR SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES .....	55
<b>TABLA 3.19.</b> CANTIDAD DE DESECHOS A GENERARSE EN EL CONJUNTO LA TOSCANA DURANTE 25 AÑOS, POR TIPO DE DESECHO ....	56
<b>TABLA 3.20.</b> PROMEDIO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.....	62
<b>TABLA 3.21.</b> CALIFICACIONES DE LOS DATOS PARA EL ANÁLISIS CUALITATIVO DE LA INCERTIDUMBRE.....	64
<b>TABLA 3.22.</b> ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DE LAS ESTIMACIONES DE EMISIONES REALIZADAS .....	65

<b>TABLA 4.1.</b> INVENTARIO DE EMISIONES DE CO <sub>2</sub> DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA .....	66
<b>TABLA 4.2.</b> INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI DE LA ETAPA DE OPERACIÓN (25 AÑOS) DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 2.1.</b> ESCENARIOS DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA GLOBAL PROMEDIO (°C) PROYECTADO PARA EL AÑO 2100 .....	13
<b>FIGURA 2.2.</b> MECANISMO DEL EFECTO INVERNADERO .....	16
<b>FIGURA 2.3.</b> GRÁFICO DE DESCRIPCIÓN DE LOS ALCANCES 1,2 Y 3.....	21
<b>FIGURA 2.4.</b> EMISIONES TOTALES DE GEI A NIVEL GLOBAL (KT EQUIVALENTES DE CO <sub>2</sub> ) ENTRE 1970 Y 2014.....	25
<b>FIGURA 2.5.</b> EMISIONES TOTALES DE GEI EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (KT EQUIVALENTES DE CO <sub>2</sub> ) ENTRE 1970 Y 2012.....	26
<b>FIGURA 2.6.</b> EMISIONES TOTALES DE GEI PARA ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA DEL SUR (KT EQUIVALENTES DE CO <sub>2</sub> ) ENTRE 1970 Y 2012 .....	27
<b>FIGURA 2.7.</b> EMISIONES TOTALES DE GEI PARA ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA DEL SUR (KT EQUIVALENTES DE CO <sub>2</sub> ) ENTRE 1970 Y 2012 .....	28
<b>FIGURA 3.1.</b> UBICACIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA ....	32
<b>FIGURA 3.2.</b> UBICACIÓN GEOGRÁFICA PARROQUIA ATAHUALPA .....	59
<b>FIGURA 3.3.</b> DISTANCIA RECORRIDA ATAHUALPA – AMBATO.....	61
<b>FIGURA 3.4.</b> DISTANCIA RECORRIDA AMBATO - ATAHUALPA.....	61

## RESUMEN

Se realizó el inventario de emisiones de CO<sub>2</sub> para la etapa de construcción del Conjunto Habitacional La Toscana, aplicando la metodología establecida por el Protocolo GEI para la determinación de los límites del inventario. Para el cálculo de las concentraciones de CO<sub>2</sub> que se emitieron, se siguieron los lineamientos de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Se obtuvo un total de 596,57 toneladas de CO<sub>2</sub>. También se estimaron las emisiones de la etapa de operación (habitabilidad) del Conjunto La Toscana, para un período de 25 años. Las emisiones estimadas por el consumo de electricidad alcanzaron 1'451.472,7 toneladas de CO<sub>2</sub>, ante lo cual, se propuso la alternativa de reducción de dichas emisiones, mediante la instalación de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red. Las emisiones estimadas por el uso de fuentes móviles (vehículos) alcanzaron las 875,36 toneladas de CO<sub>2</sub>, para la reducción de estas emisiones se propuso la aplicación de un sistema de pico y placa de vecinos. Las emisiones estimadas por el consumo de agua potable y consiguiente generación de aguas residuales domésticas, no se componen de CO<sub>2</sub>, por ser éste de origen biogénico<sup>1</sup>, sino que se componen de CH<sub>4</sub> y de N<sub>2</sub>O, cuyas emisiones estimadas fueron de 2,37 toneladas y 0,78 toneladas respectivamente, para la reducción de las emisiones producto de la generación de aguas residuales domésticas, se propuso la instalación de una planta paquete de tratamiento de aguas residuales domésticas. Además, se estimaron las emisiones de CH<sub>4</sub> producto de la generación de residuos sólidos, que alcanzaron las 6,56 x 10<sup>-7</sup> toneladas, ya que, en este caso, las emisiones de CO<sub>2</sub> son biogénicas, para la reducción de dichas emisiones se propuso la aplicación de un programa de reciclaje. Finalmente, se propuso la participación de los vecinos del Conjunto La Toscana en el equipo de fútbol barrial del área de influencia del proyecto, para alcanzar una relación sustentable con la comunidad.

---

<sup>1</sup> CO<sub>2</sub> biogénico es el que resulta de la actividad de organismos vivos, y no es considerado un gas de efecto invernadero (GEI) al provenir de carbono que ya estaba en la atmósfera en un pasado reciente.

## ABSTRACT

The inventory of CO<sub>2</sub> emissions was carried out for the construction phase of the Conjunto Habitacional La Toscana, applying the methodology established by the GHG Protocol for the determination of inventory limits. For the calculation of CO<sub>2</sub> concentrations that were issued, the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories were followed. It was obtained a total of 596.57 tons of CO<sub>2</sub>. The emissions of the operation phase (habitability) of the Conjunto La Toscana were estimated for a period of 25 years. The emissions estimated by the electricity consumption reached 1'451,472.7 tons of CO<sub>2</sub>, to reduce these emissions, it was proposed the installation of a photovoltaic solar system connected to the grid. The estimated emissions from the use of mobile sources (vehicles) reached 875.36 tons of CO<sub>2</sub>. For the reduction of these emissions, the application of a peak and neighbor plate system was proposed. The emissions estimated by drinking water consumption and consequent generation of domestic wastewater are not composed of CO<sub>2</sub>, as this is of biogenic origin<sup>2</sup>, but are composed of CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O, whose estimated emissions were 2.37 tons and 0.78 tons respectively. For the reduction of emissions resulting from the generation of domestic wastewater, the installation of a domestic wastewater treatment plant was proposed. In addition, the CH<sub>4</sub> emissions from the generation of solid waste were estimated, which reached  $6,56 \times 10^{-7}$  tons, since, in this case, CO<sub>2</sub> emissions are also biogenic, for the reduction of these emissions the application of a recycling program was proposed. Finally, the participation of the residents of the Conjunto La Toscana in the neighborhood soccer team of the area of influence of the project was proposed, in order to achieve a sustainable relationship with the community.

---

<sup>2</sup> Biogenic CO<sub>2</sub> is that which results from the activity of living organisms, and is not considered a greenhouse gas (GHG) when it comes from carbon that was already in the atmosphere in the recent past.

## PRESENTACIÓN

El objetivo del presente trabajo es elaborar un inventario de emisiones de CO<sub>2</sub> de la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana, ubicado en la parroquia Atahualpa, periférica a la ciudad de Ambato. Se compone de cinco capítulos, que se desarrollaron de la siguiente manera:

En el primer capítulo, se introduce al problema de investigación, y se presenta el alcance, la justificación y los objetivos.

El segundo capítulo conforma el marco normativo y teórico del trabajo, proporcionando información de sustento de la metodología aplicada para el desarrollo del inventario de emisiones.

En el tercer capítulo, se aplica la metodología para la elaboración del inventario de emisiones de las etapas de construcción y de operación (habitabilidad) del Conjunto Habitacional La Toscana.

En el cuarto capítulo, se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología para elaboración del inventario de emisiones.

En el quinto capítulo, se presenta las conclusiones y recomendaciones obtenidas a través de la realización de este trabajo.

Dentro de los anexos se encuentran las propuestas para la reducción de las emisiones que potencialmente se producirán durante la etapa de operación del Conjunto Habitacional La Toscana.

## GLOSARIO

<b>Antropogénico</b>	De origen humano, o derivado de la actividad del hombre.
<b>CO<sub>2</sub> Biogénico</b>	CO <sub>2</sub> biogénico es el que resulta de la actividad de organismos vivos, y no es considerado un gas de efecto invernadero (GEI) al provenir de carbono que ya estaba en la atmósfera en un pasado reciente.
<b>Clínker</b>	“Sustancia que se obtiene de la calcinación en horno, de mezclas de calizas arcillosas preparadas artificialmente con adición eventual de otras materias, (...), es el producto principal del cemento común (construmática.com; 2017)”.
<b>Consolidación</b>	Acción de conseguir que una cosa inmaterial adquiera firmeza o solidez.
<b>Era preindustrial</b>	Período de tiempo entre 1720-1800, tomado como línea base, posterior al cual las actividades humanas comenzaron a influenciar en el clima, debido a las emisiones de GEI que generan (Hawkins, 2017).
<b>Sostenibilidad</b>	“Capacidad de obtener, utilizar, mantener y preservar los recursos que nos proporciona el medio ambiente y legarlo a las generaciones futuras en condiciones de calidad (Mercader, 2010, p. 3)”

## ABREVIATURAS Y SIGLAS

<b>CHLT</b>	Conjunto Habitacional La Toscana
<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono.
<b>CODA</b>	Código Orgánico del Ambiente.
<b>ECCR</b>	Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte del Protocolo de GEI.
<b>GEI</b>	Gases de Efecto Invernadero.
<b>GHG PI</b>	Greenhouse Gases Protocol Initiative – Iniciativa del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero.
<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change – Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático.
<b>Kt</b>	Kilotoneladas.
<b>ONG</b>	Organización no Gubernamental.
<b>SEMARNAT</b>	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México.
<b>SUIA</b>	Sistema Único de Información Ambiental del Ministerio del Ambiente.
<b>WBCSD</b>	World Business Council on Sustainable Development. En español: Consejo mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable.
<b>WRI</b>	World Resources Institute. En español: Instituto de Recursos Mundiales.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“La construcción es uno de los sectores de mayor importancia dentro de la economía nacional” (Mundo Constructor, 2016), de tal manera, que fue el que más incrementó (2,4 puntos) su participación en el PIB durante la década 2004-2014 (Ekos, 2015). En el año 2015, representó el 10,10% del PIB nacional, ocupando el cuarto puesto más destacado luego de las industrias manufacturera, petrolera, y el comercio (Mundo Constructor, 2016). “Tanto la dinámica de las empresas constructoras, como su influencia en la generación de empleo, permiten señalar al sector de la construcción como eje transversal para el crecimiento y desarrollo económico del país” (Mundo Constructor, 2016).

Como toda actividad industrial, la construcción genera impactos al ambiente. La utilización de materiales como arcillas y calizas (para la fabricación de cemento), el consumo de grandes cantidades de energía para la producción de insumos empleados en las construcciones (varillas de acero, cerámica, etc.); y la instalación y operación de la obra misma, abarcan la generación de Gases de Efecto Invernadero (en adelante GEI) (Ramírez, 2002; Güereca, 2012).

“El progresivo aumento en las concentraciones de GEI en la atmósfera (WBCSD, WRI & SEMARNAT, 2005, p.i)”, provocado por ésta y otras actividades antropogénicas, han determinado “múltiples y cada vez más evidentes transformaciones en el sistema climático (WBCSD et. al., 2005, p.i)”.

“La construcción es uno de los sectores que más influye en el cambio climático, entre otras razones, porque la fabricación de cemento Portland supone el 5% del balance total de las emisiones a nivel mundial” (Domoterra, 2016). El hormigón, fabricado con cemento, agua y áridos, es el producto más consumido en el planeta

después del agua, y el material de construcción más empleado a nivel global. Producir una tonelada de cemento conlleva un coste ambiental de aproximadamente una tonelada de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera (Domoterra, 2016).

Para el sector empresarial privado y público, el incorporar en sus procesos y operaciones a la variable ambiental, ha cobrado alta importancia (Santillán, 2014). En el Ecuador, éste ámbito acaba de inaugurar un nuevo capítulo, a partir de la reciente publicación en el Registro Oficial, del nuevo Código Orgánico del Ambiente (12 de abril del presente año, 2017). Este instrumento normativo, entrará en vigencia en abril de 2018 y contempla “la cuantificación de la emisión de gases de efecto invernadero” dentro de las medidas de “Adaptación y Mitigación del Cambio Climático” (Art. 261).

Dentro de los límites de este trabajo; el objeto de estudio es el Conjunto Habitacional La Toscana (en adelante CHLT), que fue desarrollado por la Compañía Ing. Nicolás Azanza y Asociados Constructores Cía. Ltda. Este proyecto, se construyó sobre un predio de 3500 m<sup>2</sup>, ubicado en la parroquia Atahualpa, perteneciente al cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Se compone de 27 casas de tres plantas cada una; 13 de ellas de 103,5 m<sup>2</sup> y las otras 14 de 112,2 m<sup>2</sup>. La construcción inició en 2014 y finalizó en 2016.

El presente trabajo consiste en la elaboración de un inventario de emisiones de CO<sub>2</sub>, de la construcción del CHLT, aplicando la metodología del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (en adelante Protocolo GEI); instrumento emitido en conjunto, por el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD, por sus siglas en inglés), y El Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés), para proporcionar una guía que facilite “el levantamiento de contabilidad y reportes de GEI, creíbles, eficaces y robustos (WBCSD et. al., 2005)”. La versión en español del *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte (edición revisada)*, fue publicada en 2005, y cuenta con el aporte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT).

A través del Inventario de Emisiones del CHLT que se desarrollará, se pretende sentar un precedente para el uso de ésta útil herramienta, en proyectos futuros del sector de la construcción.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

La generación de inventarios de emisiones de GEI, “nace con la necesidad de cuantificar (...) el impacto de una actividad o proceso, sobre el cambio climático (Jara, 2015, p.3)”

Reconociendo que, la industria de la construcción en el Ecuador representa más del 10% del PIB (Mundo Constructor, 2016), y que “los materiales utilizados para la construcción de viviendas originan impactos, consecuencia de un alto consumo energético y de la liberación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros gases contaminantes (Mercader, 2010, p. 4)”, se realizará un inventario de emisiones de CO<sub>2</sub> de un proyecto de construcción, con la finalidad de cuantificar el impacto que representa esta actividad, sobre el cambio climático.

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) conforma casi el 76% de las emisiones de GEI que mayoritariamente se generan por la quema de combustibles fósiles, acción relacionada con la industria en general, también de la construcción (Santillán, 2014).

El Protocolo GEI (2005), propone calcular emisiones de GEI mediante la aplicación de “factores de emisión documentados (p. 48)”, y afirma que “los datos exactos de emisiones pueden ser calculados a partir de información del uso de combustibles (p. 48)”.

“Para crear una contabilidad exacta de emisiones (WBCSD et. al., 2005, p. 47)”, el Protocolo GEI “ha encontrado útil dividir el total de las emisiones (WBCSD et. al., 2005, p. 47)” de un sistema, en tres categorías específicas, a las cuales llama *alcances*. Para definir los *alcances*, se requiere determinar los límites del sistema, cuyas emisiones se van a cuantificar.

Las emisiones de *alcance 1*, son aquellas que, dentro de los límites de contabilidad definidos, corresponden a toda actividad que se haya llevado a cabo bajo el control de la empresa que realiza el proyecto, y “se calculan en base a las cantidades adquiridas de combustibles comerciales (gas natural, diésel, gasolina, etc.) utilizando los factores de emisión publicados (WBCSD et. al., 2005, p. 48)”.

Las emisiones de *alcance 2*, corresponden al consumo de electricidad de la empresa que realiza el proyecto, “se calculan primordialmente a partir del consumo medio de electricidad y de factores de emisión publicados por los proveedores de electricidad (WBCSD et. al., 2005, p. 48)”.

Las emisiones de *alcance 3*, corresponden a aquellas que han sido generadas por procesos que intervienen en la actividad de la empresa que realiza el proyecto, pero no se encuentran bajo su control (por ejemplo, la producción de cemento, que se consume en una construcción, pero su fabricación no está bajo el control del constructor), “se calculan primordialmente a partir de datos de las actividades de la empresa, y factores de emisión publicados por terceras partes, son preferibles factores de emisión más genéricos o generales (WBCSD et. al., 2005, p. 48)”.

La documentación correspondiente a la metodología del Protocolo GEI, está disponible sin costo en internet y su aplicación es económica. Adicionalmente, cuenta con el aval de grandes empresas, a nivel mundial, que la han aplicado, como General Motors, Ikea, IBM, etc. (WBCSD et. al., 2005).

La elaboración de un inventario de emisiones de CO<sub>2</sub> de una obra de construcción, como una estrategia ambiental preventiva, contribuye al sector de la construcción, permitiendo identificar soluciones de reducción de emisiones a corto, mediano y largo plazo.

La cuantificación de CO<sub>2</sub> emitido en la construcción del CHLT, permitirá a la compañía constructora identificar oportunidades de reducción de emisiones en

proyectos futuros, promoviendo el aprovechamiento de los recursos de forma más eficiente, tendiendo a la innovación en los sistemas de diseño y producción. También aumenta la probabilidad de que esta compañía se involucre en programas de compensación de emisiones de GEI en el futuro (Protocolo GEI, 2005).

El desarrollo de un inventario de emisiones de CO<sub>2</sub>, pasará a formar parte de las prácticas de responsabilidad ambiental de la Compañía Azanza y Asociados, con una metodología aplicable a proyectos futuros, generando una ventaja competitiva frente a otras empresas.

Adicionalmente, a través de este trabajo, se presentan directrices para tomar “acciones (...) tendientes a reducir emisiones de gases de efecto invernadero (CODA, 2017, p. 85).

El presente trabajo propende al cumplimiento de la Constitución de la República del Ecuador, 2008; que en su Art. 14, promueve el derecho de los ciudadanos a “vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir” (p. 24), de igual manera los Derechos de la Naturaleza, recogidos en los Arts. 71, 72, 73 y 74; que abarcan “el respeto integral a su existencia y al mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos (...)” (p. 52).

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

- Elaborar un inventario de emisiones de CO<sub>2</sub>, de la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana, mediante la aplicación de la metodología del Protocolo GEI, para cuantificar el impacto que este proceso de construcción tuvo sobre el cambio climático.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Cuantificar el uso de combustibles, energía eléctrica, cemento y varillas de hierro, utilizados durante la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana, a partir del archivo de compras del proyecto La Toscana, para determinar los niveles de emisiones de CO<sub>2</sub>, que estas cantidades de insumos generaron, partiendo de la aplicación de factores de emisión documentados.
  
- Calcular la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas al ambiente en la operación (etapa de habitabilidad) del Conjunto Habitacional La Toscana, mediante la estimación de consumo de agua, energía eléctrica y generación de desechos sólidos de las familias que habitan en el CHLT, utilizando factores de emisión documentados.
  
- Proponer alternativas para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, durante la etapa de habitabilidad del Conjunto La Toscana, a través de: tratamiento de aguas residuales domésticas, gestión de desechos sólidos, y generación de electricidad en base a un sistema de paneles solares; con la finalidad de reducir el impacto del proyecto La Toscana sobre el cambio climático.

### **1.4 HIPÓTESIS**

La aplicación de la metodología propuesta por la iniciativa del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Protocolo GEI), permitirá la elaboración del Inventario de Emisiones de CO<sub>2</sub> de la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO Y LEGAL**

#### **2.1 MARCO LEGAL**

A continuación, se presenta el marco legal relacionado al presente trabajo.

##### **2.1.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR**

La Constitución de la República del Ecuador, 2008, reconoce en su Art. 14, “el derecho de la población de vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, (...) (p.24)”.

Y por primera vez en la historia, a nivel mundial, reconoce los Derechos de la Naturaleza, recogidos en los Arts. 71, 72, 73 y 74. Los Derechos de la Naturaleza abarcan: “el respeto integral a su existencia, al mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos; y su derecho a la restauración (p. 52)”.

##### **2.1.2 CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE**

Publicado en el Registro Oficial el 12 de abril de 2017, entrará en vigencia al cumplirse un año de su publicación. Deroga la Ley de Gestión Ambiental, y la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental.

Este nuevo instrumento normativo, en sus Arts. 257, 258, 259, 260 y 261, reconoce la “Adaptación y Mitigación del Cambio Climático (p. 85)”

Específicamente, en el Art. 261, referente a las “medidas mínimas para la adaptación y mitigación (del Cambio Climático), (p. 86)”, contempla en el numeral seis (6), “la cuantificación de la emisión de gases de efecto invernadero, según los sectores priorizados y la promoción de medidas de mitigación (p. 87)”.

### **2.1.3 REFORMA Y CODIFICACIÓN A LA ORDENANZA PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL OCASIONADA POR LAS ACTIVIDADES AGROINDUSTRIALES, INDUSTRIALES, ARTESANALES, DOMÉSTICAS Y DE SERVICIOS EN EL CANTÓN AMBATO**

Este instrumento normativo fue aprobado por el Concejo Municipal de Ambato el 24 de abril de 2015, entrando en vigencia desde su promulgación.

Los objetivos de la presente Ordenanza (Art. 3) se detallan a continuación:

- Establecer mecanismos tendientes a prevenir y controlar la contaminación o el riesgo de producirla, por medio de las actividades de los establecimientos agroindustriales, industriales, artesanales y de servicios.
- Regular la calidad del aire ambiental del Cantón afectada por las emisiones a la atmósfera emitidas tanto por fuentes fijas como móviles que circulan y preserva en particular el elemento aire y sus respectivos componentes en procura de salvaguardar la salud de la comunidad del Cantón Ambato.
- Regular la cantidad del agua y suelo del Cantón afectada por las emisiones de efluentes tanto líquidos y sólidos emitidas por fuentes fijas, y preservar en particular los elementos agua, suelo y sus respectivos componentes en procura de salvaguardar la salud de la comunidad del Cantón Ambato.
- Controlar a las personas naturales y jurídicas, públicas o privadas cuyas actividades produzcan u originen contaminación al aire por ruido, olores, partículas gaseosas o sólidas y gases tóxicos en forma directa o indirectamente provenientes de dichas fuentes.
- Controlar a las personas naturales y jurídicas, públicas o privadas cuyas actividades produzcan u originen contaminación al agua y suelo por sus descargas de efluentes tanto líquidas como sólidas en forma directa o indirectamente provenientes de dichas fuentes.

En el Título III, Capítulo II Calidad del Aire, Niveles de Contaminación, Emisiones Contaminantes, Art. 34, enumera las clases de contaminantes del aire, entre los cuales menciona al CO<sub>2</sub>.

#### **2.1.4 GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES PARA EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN MENOR O IGUAL A VEINTE MIL METROS**

Esta guía de Buenas Prácticas Ambientales fue elaborada por especialistas ambientales del Ministerio del Ambiente, y aprobada por la Secretaría de Calidad Ambiental de dicha entidad, y por la Dirección Nacional de Prevención de la Contaminación, el 14 de mayo de 2014. Se encuentra publicada en la página oficial del Sistema Único de Información Ambiental del Ministerio del Ambiente (SUIA), correspondiendo a las Guías Metodológicas para Licenciamiento Ambiental de Categoría I (Impactos ambientales no significativos).

La Guía “está dirigida a las personas naturales y jurídicas cuyas actividades se enmarquen dentro de la construcción y operación de conjuntos residenciales, urbanizaciones y edificios con menor o igual a 20.000 m<sup>2</sup> de área bruta de construcción”. Dentro de esta Guía se afirma que:

A través de la implementación de la Guía de Buenas Prácticas Ambientales (GBPA), se tiene la posibilidad de reducir el impacto ambiental negativo generado por las actividades de cada uno de los trabajadores de manera individual, sin necesidad de sustituir o realizar cambios profundos en los procesos; aunque el impacto generado pudiera percibirse como no significativo, la suma de cientos de malas prácticas individuales puede generar resultados globales adversos, por lo cual se pueden llevar a cabo pequeñas acciones encaminadas a su prevención o su reducción.

En el Numeral tres (3) de la Guía, se presentan recomendaciones para la fase de diseño de los proyectos, y recomendaciones para la fase de construcción en el ámbito referente a reducir las emisiones a la atmósfera (entre otros). La recomendación para reducir emisiones a la atmósfera, relacionada con la prevención de emisiones de GEI, que proporciona la guía es la siguiente:

- Garantizar mediante el mantenimiento de los vehículos la perfecta combustión de los motores, el ajuste de los componentes mecánicos y el balanceo de las llantas.

### **2.1.5 ORDENANZA PARA MANEJO INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN AMBATO**

Resolución de Concejo 460 – 2017, aprobada el 29 de agosto de 2017.

Esta Ordenanza tiene como objetivo la regulación y control de residuos sólidos en el cantón Ambato; mediante la implementación de un sistema de manejo integral se busca reducir la generación de residuos sólidos, además mejorar las condiciones de salubridad y protección del ambiente. De esta ordenanza se tomaron Título I. De las generalidades, Título II. Residuos sólidos – Capítulo II. Componentes funcionales del Manejo Integral de Residuos Sólidos.

### **2.1.6 TRATADOS Y CONVENIOS INTERNACIONALES**

#### **2.1.6.1 Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático**

Fue aprobada en el Ecuador mediante resolución legislativa el 22 de agosto de 1994, con publicación en el Registro Oficial No. 532 del 22 de septiembre de 1994, y ratificación en el Registro Oficial No. 562 del 07 de noviembre de 1994.

El objetivo último de la presente Convención, (...), es lograr, (...), la estabilización de las concentraciones de GEI en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible. (CMNUCC, 1992)

En virtud de la Convención, los gobiernos recogen y comparten información sobre las emisiones de gases de efecto invernadero, las políticas nacionales y las prácticas óptimas, (...), se pide el establecimiento de

inventarios precisos y periódicamente actualizados de las emisiones de gases de efecto invernadero de los países industrializados. Se alienta también a los países en desarrollo a que elaboren inventarios. (UNFCCC-portal en español, 2014)

Así mismo, “las naciones industrializadas se comprometen a respaldar actividades relacionadas con el cambio climático en los países en desarrollo, ofreciéndoles entre otros, apoyo financiero, (...), los países industrializados han acordado también compartir las tecnologías con las naciones menos avanzadas”. (UNFCCC-portal en español, 2014)

#### **2.1.6.2 Protocolo de Kioto**

Fue ratificado en el Ecuador mediante Decreto Ejecutivo No. 1588, con publicación en el Registro Oficial No. 342 del 20 de diciembre de 1999.

“A mediados de los años 90, los países firmantes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) se dieron cuenta de que hacían falta normas más estrictas para reducir emisiones, y en 1997 aprobaron el Protocolo de Kioto (CUE, 2016)”.

“El Protocolo de Kioto fue firmado por 84 países. Los países firmantes se comprometieron a lograr objetivos individuales y jurídicamente vinculantes para limitar o reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Solo los países que lo ratifiquen estarán obligados a su cumplimiento. Se puso en marcha en 2005 gracias a la ratificación de un número de países equivalente al 55% de la generación de CO<sub>2</sub> del mundo. Su objetivo es reducir las emisiones de seis gases relacionados con el calentamiento de la atmósfera a partir del efecto invernadero y detener el cambio climático que aumentará en este siglo entre 1,4 y 5,8°C la temperatura de la superficie de la Tierra”. (Mercader, 2010, p. 13).

“El segundo período de compromiso del Protocolo de Kioto comenzó en enero de 2013 y finalizará en 2020. Participan en él 38 países desarrollados, incluida la UE y sus 28 Estados miembros. A este segundo período se aplica la *enmienda de Doha*, con arreglo a la cual los países participantes se han comprometido a reducir las emisiones en un 18% como mínimo con respecto a los niveles de 1990. La UE se ha comprometido a reducir las emisiones en este período en un 20% por debajo de los niveles de 1990”. (CUE, 2016)

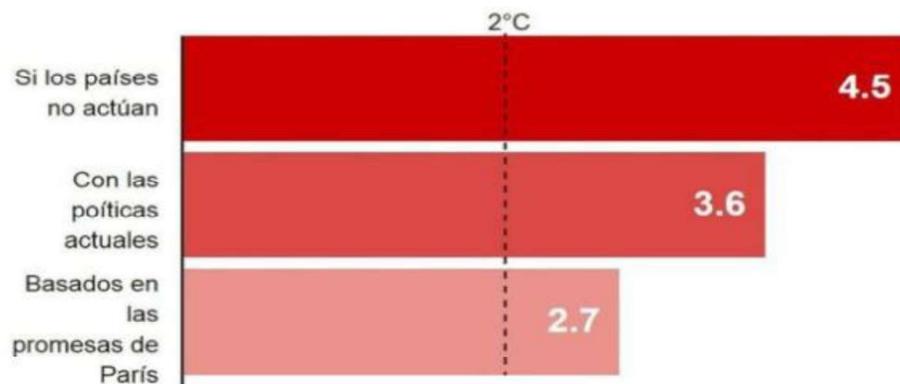
“La principal carencia del Protocolo de Kioto, radica en que únicamente obliga a actuar a los países desarrollados (CUE, 2016)”.

### **2.1.6.3 Conferencia de París sobre el Cambio Climático**

La Conferencia sobre el Cambio Climático de París, fue aprobada el 12 de diciembre de 2015 (CUE, 2016); 195 de los 197 países de la CMNUCC firmaron el acuerdo (BBC Mundo, 2017a), cuyo “objetivo a largo plazo (...), es mantener el incremento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a la era preindustrial (CUE, 2017)”.

El Acuerdo de París “señala que los países ricos deben dar apoyo financiero a los demás, ayudar a reducir emisiones y a la adaptación a los efectos del cambio climático (BBC Mundo, 2017a)”, de modo que “los gases de efecto invernadero emitidos por la actividad humana deban equipararse con los niveles que los árboles, el suelo y los océanos puedan absorber naturalmente (BBC Mundo, 2017a)”. Se estableció evaluar los progresos de los países en 2018, y sucesivamente cada cinco años (BBC Mundo, 2017a). Habiéndose alcanzado, en 2016, niveles record de emisiones de CO<sub>2</sub>, los expertos afirmaron que aquello fue una “prueba irrefutable” de la responsabilidad de los seres humanos en el cambio climático, y la apremiante necesidad de tomar acciones para revertirlo, pues de no hacerlo, se corre el peligro de alcanzar un punto de no retorno (BBC Mundo, 2017b), como se muestra en el esquema presentado en la Figura 2.1.

**FIGURA 2.1. ESCENARIOS DEL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA GLOBAL PROMEDIO (°C) PROYECTADO PARA EL AÑO 2100**



FUENTE: Climate Action Tracker citado por BBC Mundo, 2017b.

Solamente tres países del CMNUCC se negaron a formar parte del Acuerdo de París: Nicaragua, Siria y Estados Unidos (BBC Mundo, 2017b). Éste último, debido a que su presidente, Donald Trump (2017), ha argumentado que el tratado ambiental es injusto y perjudicial para la economía de EEUU. Este evento impacta negativamente en la consecución de los objetivos del Acuerdo, pues EEUU es “responsable de cerca del 15% del total de las emisiones globales (Lissandri, 2017)”.

“El Acuerdo de París fue suscrito por Ecuador el 26 de junio de 2016”, “la Asamblea Nacional aprobó su aplicación el 22 de junio de 2017”, y fue ratificado por el poder Ejecutivo el 29 de julio de 2017 (Jaramillo, 2017).

## 2.2 EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático “se refiere a los cambios en las características climáticas, incluida la temperatura, la humedad, la precipitación, el viento y los fenómenos meteorológicos severos durante períodos de largo plazo (UN CC: Learn, 2013)”.

### **2.2.1 EL CLIMA EN LA TIERRA**

El clima se define comúnmente a partir de la variabilidad de temperatura, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento, etc., en un determinado intervalo de tiempo. Si bien el componente atmosférico es el que más obviamente caracteriza el clima, el sistema climático es un sistema complejo conformado por la atmósfera, la superficie terrestre, la nieve y el hielo, los océanos y otros cuerpos de agua, y los organismos vivos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y debido a cambios en los factores externos que afectan el clima. Estos factores externos incluyen fenómenos naturales como erupciones volcánicas, y cambios inducidos por el ser humano como variaciones en la composición de la atmósfera debido a las emisiones de gases de efecto invernadero (Le Treut, et. al., 2007).

### **2.2.2 EL EFECTO INVERNADERO**

Aproximadamente el 30% de la luz solar que alcanza la parte superior de la atmósfera es reflejada de vuelta hacia el espacio. Alrededor de dos tercios de esta reflectividad es debido a las nubes y a pequeñas partículas presentes en la atmósfera conocidas como "aerosoles". El tercio de la luz restante la reflejan las áreas de color claro de la superficie de la tierra, principalmente la nieve, hielo y desiertos (Le Treut, et. al., 2007).

La energía que no se refleja de vuelta al espacio, es absorbida por la superficie y la atmósfera terrestres. Esta cantidad es aproximadamente 240 vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ). Para equilibrar la energía que ingresa, la Tierra debe irradiar, en promedio, la misma cantidad de energía de vuelta al espacio. La Tierra hace esto emitiendo radiación de onda larga saliente. Todo en la tierra emite radiación de onda larga continuamente. Esa es la energía calórica que irradia el fuego; mientras más caliente está un objeto, más energía calórica irradia. Para emitir  $240 W/m^2$ , una superficie debería tener una temperatura de  $-19^{\circ}C$ . Esto es mucho más frío que las condiciones actuales de la Tierra (la temperatura promedio de la superficie de la Tierra es de  $14^{\circ}C$ ). En cambio, los  $-19^{\circ}C$  necesarios se presentan

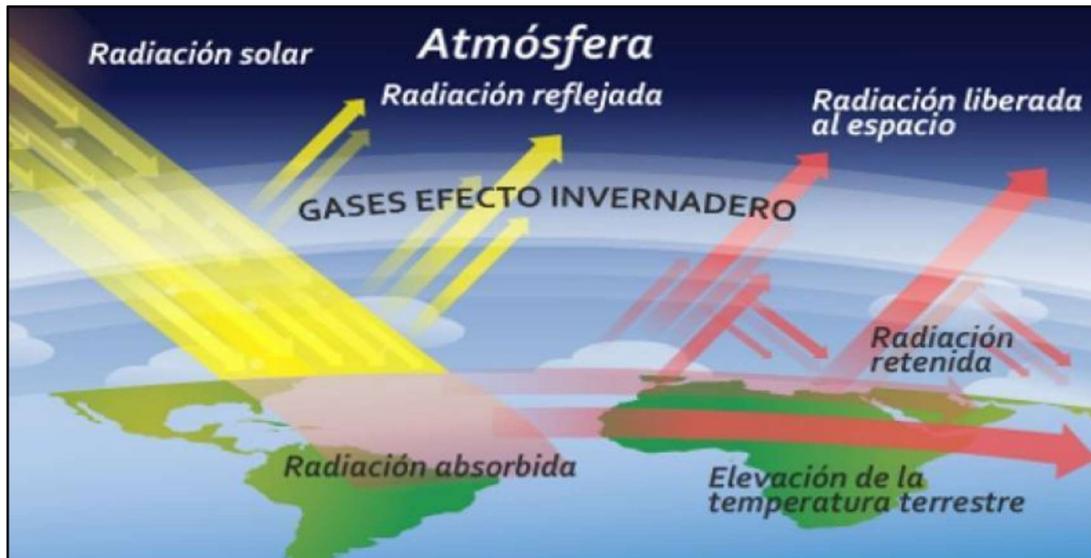
a una altitud de aproximadamente 5 Km sobre la superficie (Le Treut, et. al., 2007).

La razón por la cual la superficie de la Tierra es así de cálida es la presencia de gases de efecto invernadero, los cuales actúan como una barrera parcial para la radiación de onda larga proveniente de la superficie. El efecto de esta capa delgada, formada por los gases de efecto invernadero que cubren la Tierra, es conocido como el efecto invernadero (ver Figura 2.2). Los gases de efecto invernadero más importantes son el vapor de agua y el dióxido de carbono. Los dos componentes más abundantes de la atmósfera, nitrógeno y oxígeno, no generan ese efecto (Le Treut, et. al., 2007).

La mayor liberación de gases de efecto invernadero intensifica el efecto de capa delgada alrededor de la Tierra. La cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado aproximadamente un 35% en la era industrial, y este incremento se conoce que se debe a las actividades humanas, principalmente a la quema de combustibles fósiles y a la deforestación. Por lo tanto, la humanidad ha alterado dramáticamente la composición de la atmósfera de la Tierra con implicaciones sustanciales en el clima (Le Treut, et. al., 2007).

Existen muchos mecanismos de retroalimentación en el sistema climático que pueden amplificar (retroalimentación positiva) o disminuir (retroalimentación negativa) los efectos de un cambio en los factores externos que afectan el clima. Por ejemplo, mientras las crecientes concentraciones de GEI van calentando el clima de la Tierra, la nieve y el hielo se comienzan a derretir. Este derretimiento revela superficies oscuras de suelo y agua que estaban por debajo de la nieve y el hielo, y estas superficies oscuras absorben más calor del Sol, causando más calentamiento, lo que causa más derretimiento, y así sucesivamente en un ciclo que se autoreforza. Este ciclo de retroalimentación, amplifica el calentamiento inicial causado por el incremento en los niveles de GEI (Le Treut, et. al., 2007).

**FIGURA 2.2. MECANISMO DEL EFECTO INVERNADERO**



FUENTE: <http://ecologiaymedioambientecr.blogspot.com/2016/09/en-que-consiste.html>, 2017

### 2.2.2.1 Los gases de efecto invernadero

Los GEI se caracterizan por su capacidad de absorber la energía que emite la superficie de la tierra, promoviendo el incremento de la temperatura terrestre (IPCC, 2007, citado por Vega, 2015).

En la Tabla 2.1 se enlista los GEI más importantes, que son regulados por el Protocolo de Kioto con su respectivo "índice GWP (Global Warming Potential) que es una medida relativa de cuanto calor puede retener un determinado GEI, en un intervalo de tiempo definido. El índice GWP del CO<sub>2</sub> es la línea base a partir de la cual se compara a los demás GEI para determinar el Índice GWP de los mismos, es por esta razón que el índice GWP del CO<sub>2</sub> es exactamente igual a 1 (UN CC: Learn, 2013)".

**TABLA 2.1.** ÍNDICE GWP DE LOS GEI REGULADOS POR EL PROTOCOLO DE KIOTO

GEI	Índice GWP (en 100 años)
Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> )	1
Metano (CH <sub>4</sub> )	25
Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O)	298
Hidrofluorocarbonados (HFCs)	124-14,800
Perfluorocarbonados (PFCs)	7,390-12,200
Hexafluoruro de Azufre (SF <sub>6</sub> )	22,8
Trifluoruro de Nitrógeno (NF <sub>3</sub> )	17,2

FUENTE: (UN CC: Learn, 2013)

Todos estos GEI son químicamente estables y persisten en la atmósfera entre una década hasta cientos de años, por lo que sus emisiones influyen en el clima a largo plazo (UN CC: Learn, 2013).

#### **2.2.2.1.1 Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)**

“El CO<sub>2</sub> es producto de la combustión completa de combustibles que contengan carbono. Entre las fuentes de CO<sub>2</sub> se incluye a la generación de energía eléctrica, vehículos, procesos industriales, quema de biomasa y descomposición de la materia orgánica (IPCC, 2007 citado por Vega, 2015)”. Constituye aproximadamente el 76% del total de las emisiones antropogénicas de GEI. Desde 1750 la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha aumentado en un 40 %. (UN CC: Learn, 2013).

#### **2.2.2.1.2 Metano (CH<sub>4</sub>)**

El CH<sub>4</sub> es producido principalmente en procesos anaeróbicos. Alrededor del 40 % de las emisiones de CH<sub>4</sub> son de origen natural (humedales, bosques, océanos), el otro 60 % viene de actividades humanas (cultivo de arroz, quema de combustibles

fósiles, quema de biomasa, rellenos sanitarios, ganadería). Conforma aproximadamente el 16 % del total de las emisiones antropogénicas de GEI. Desde 1750 la concentración de CH<sub>4</sub> en la atmósfera ha aumentado un 150 % (IPCC, 2007 citado por Vega, 2015; UN CC: Learn, 2013).

#### **2.2.2.1.3 Óxido nítrico (N<sub>2</sub>O)**

“El N<sub>2</sub>O es emitido aproximadamente en igual proporción por fuentes naturales y antropogénicas (IPCC, 2007 citado por Vega, 2015). Las fuentes naturales son los océanos, la oxidación del amoníaco en la atmósfera y los suelos. Las principales actividades humanas que emiten N<sub>2</sub>O son los fertilizantes de nitrógeno usados en agricultura, la quema de biomasa, la cría de animales, el tráfico y la industria (Vega, 2015)”. Conforma aproximadamente el 6 % del total de emisiones antropogénicas de GEI. Desde 1750 la concentración de N<sub>2</sub>O en la atmósfera ha aumentado un 20% (UN CC: Learn, 2013)”.

#### **2.2.2.1.4 Gases Fluorados (HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>)**

“Los gases fluorados son una familia de gases artificiales utilizados en una amplia gama de aplicaciones industriales. Las fuentes incluyen refrigerantes, aire acondicionado, solventes, producción de aluminio y magnesio, etc. Muchos gases fluorados tienen un índice GWP muy alto en relación con otros GEI, eso significa que pequeñas concentraciones atmosféricas pueden tener grandes efectos en las temperaturas globales. También pueden tener una larga vida atmosférica, en algunos casos, que dura miles de años. Los gases fluorados se eliminan de la atmósfera solo cuando son destruidos por la luz solar en la atmósfera superior. Hay tres categorías principales de gases fluorados: hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) (UN CC: Learn, 2013)”.

### **2.3 EL PROTOCOLO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (Protocolo GEI), es un instrumento que facilita “el levantamiento de contabilidad y reportes de GEI, creíbles, eficaces y robustos (WBCSD et. al., 2005)”. Fue emitido en conjunto, por el Consejo

Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD por sus siglas en inglés), y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI, por sus siglas en inglés), quienes en 1998 lanzaron la Iniciativa del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero, convocando a “empresas, organizaciones no gubernamentales (ONGs), gobiernos y otras entidades (p. 2)”, “con la misión de desarrollar estándares de contabilidad y reporte para empresas, aceptados internacionalmente, y promover su amplia adopción (p. 2)” (WBCSD et. al., 2005). Industrias, ONGs y programas gubernamentales de GEI, han utilizado este estándar como base para desarrollar sus sistemas de contabilidad y reporte. La adopción generalizada del estándar se debe, en buena medida, a la participación e inclusión de muchas partes durante su discusión, formulación y diseño, y al hecho de ser robusto y práctico, y de fundamentarse en la experiencia acumulada por numerosos expertos. (WBCSD et. al., 2005, p. 3)

La versión en español del *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte (en adelante ECCR)*, fue publicada en 2005, y cuenta con el aporte de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT). Los objetivos del ECCR de la Iniciativa Protocolo GEI se presentan en la Tabla 2.2.

**TABLA 2.2. OBJETIVOS DEL ECCR DEL PROTOCOLO GEI**

Ayudar a las empresas a preparar un inventario de GEI representativo de sus emisiones reales, mediante la utilización de enfoques y principios estandarizados
Simplificar y reducir los costos de compilar y desarrollar un inventario de GEI
Ofrecer a las empresas información que pueda ser utilizada para plantear una estrategia efectiva de gestión y reducción de emisiones de GEI
Ofrecer información que facilite la participación de las empresas en programas obligatorios y voluntarios de GEI
Incrementar la consistencia y transparencia de los sistemas de contabilidad y reporte de GEI entre distintas empresas y programas

FUENTE: (WBCSD et. al., 2005)

### 2.3.1 ENFOQUES DE CONSOLIDACIÓN DE EMISIONES

Los enfoques de consolidación de emisiones propuestos por el Protocolo GEI, se encargan de definir los límites del inventario, tomando como referencia la empresa que las genera, propone dos enfoques de consolidación: control y participación accionaria, cuyas particularidades se detallan en la Tabla 2.3.

**TABLA 2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ENFOQUES DE CONSOLIDACIÓN DE EMISIONES DEL PROTOCOLO GEI**

<b>Participación Accionaria</b>	Bajo este enfoque “una empresa contabiliza las emisiones (...) de acuerdo a la proporción que posee en una estructura accionaria, (...) este enfoque refleja directamente un interés económico (p. 18)”.
<b>Control</b>	Bajo este enfoque “una empresa contabiliza aquellas emisiones (...) atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce control (p. 18)”. El enfoque de control se deriva en dos sub enfoques: control financiero y control operacional.

FUENTE: (WBCSD et. al., 2005)

### 2.3.2 LÍMITES OPERACIONALES DEL INVENTARIO DE EMISIONES

La determinación de los límites operacionales, depende, en primera instancia, del enfoque de consolidación que se haya asignado al inventario. Después se debe clasificar a las emisiones en directas e indirectas (WBCSD et. al., 2005).

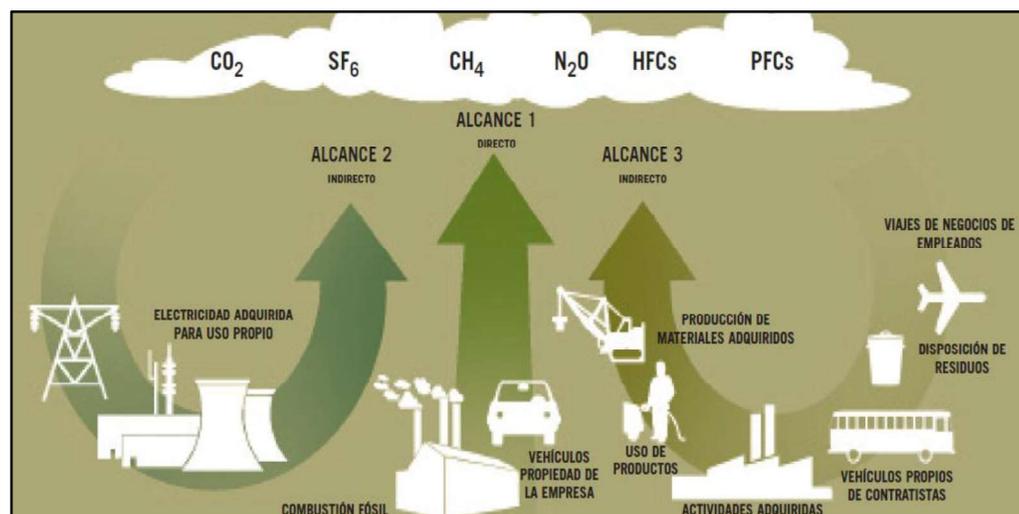
“Las emisiones directas de GEI son emisiones de fuentes que son propiedad de, o están controladas por la empresa. Las emisiones indirectas son emisiones consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de, o están controladas por otra u otras empresas. Para ayudar a delinear las fuentes de emisiones directas e indirectas, (...), se definen tres *alcances* para propósitos de reporte y contabilidad.” (WBCSD et. al., 2005, p. 29)

Las emisiones que se contabilizan en los alcances 1, 2 y 3, se describen en la Tabla 2.4.y en la Figura 2.3.

**TABLA 2. 4. DESCRIPCIÓN DE LOS ALCANCES 1, 2 Y 3**

<b>Alcance 1</b>	Contabiliza “las emisiones directas (...), que son propiedad de, o están controladas por la empresa (p. 29)”.
<b>Alcance 2</b>	Contabiliza las “emisiones indirectas de GEI asociadas a la electricidad (p. 29)”. “Este alcance incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa (...), estas emisiones ocurren físicamente en el lugar donde la electricidad es generada (p. 29)”.
<b>Alcance 3</b>	Este alcance contabiliza “otras emisiones indirectas (p. 47)” y es de “categoría opcional (p. 29)”. Incluye el resto de emisiones indirectas que “son consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que no son propiedad o no están controladas (p. 29)” por la misma. Un ejemplo de estas emisiones es la producción de materiales adquiridos.

FUENTE: (WBCSD et. al., 2005).

**FIGURA 2.3. GRÁFICO DE DESCRIPCIÓN DE LOS ALCANCES 1,2 Y 3**

FUENTE: (WBCSD et. al., 2005)

Se debe “contabilizar y reportar de manera separada los alcances 1 y 2, como mínimo (WBCSD et. al., 2005, p.29)”. El alcance 3 es de carácter opcional.

### 2.3.3 INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI

#### 2.3.3.1 Ecuación Base para el Cálculo

La siguiente ecuación constituye el modelo básico para estimar las emisiones atmosféricas desde una fuente específica (MAE, 2014).

$$E_{i,j} = A_{i,j} * FE_{i,j}$$

Ecuación 2.1

Donde:

$E_{i,j}$ : Emisiones del contaminante  $j$ , originado en la actividad  $i$ .

$A_{i,j}$ : Nivel de la actividad  $i$ , que produce la emisión del contaminante  $j$ .

$FE_{i,j}$ : Factor de emisión del contaminante  $j$ , originado en la actividad  $i$ .

“El factor de emisión es un valor representativo de la cantidad de sustancia contaminante que se libera hacia la atmósfera con relación a la actividad asociada que la produce (MAE, 2014)”

### 2.3.3.2 Incertidumbre del Inventario de Emisiones de GEI

“El análisis de incertidumbre “tiene como objetivo caracterizar la variabilidad de los resultados a causa de aspectos como la falta de precisión en la medida de las actividades de emisión, la representatividad de los factores de emisión, la propia dinámica de los procesos de emisión, las asunciones o simplificaciones de los modelos de cálculo, los criterios o variables utilizadas en los cálculos, el análisis de incertidumbre puede ser de tipo cualitativo o cuantitativo (MAE, 2014)”.

En el presente trabajo se aplica un análisis cualitativo de la incertidumbre basado en el *Data Attribute Ratings System* (USEPA, 2004 citado por MAE, 2014), mismo que ha sido antes empleado en el *Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro* realizado por el Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2014.

El sistema utiliza calificación alfabético-colorimétrica, aplicada a una matriz como se muestra en la Tabla 2.5. Se evalúa la fiabilidad tanto del factor de emisión, como del dato de actividad, asignándoles una calificación acorde a como han sido obtenidos o estructurados. Si se han generado a partir de un número importante de mediciones, proporcionan mayor fiabilidad. Aquellos factores de emisión

establecidos en base a criterios de expertos (factores de emisión por defecto), obtendrán una calificación más baja, debido a su falta de especificidad (MAE, 2014).

**TABLA 2.5. SISTEMA CUALITATIVO DE ANÁLISIS DE LA INCERTIDUMBRE**

Actividad	Factor de Emisión				
	A	B	C	D	E
A	A	A	B	C	C
B	A	B	B	C	D
C	B	B	C	C	D
D	C	C	C	D	D
E	C	D	D	D	E

<b>A</b>	Calidad muy alta, la estimación es muy fiable.
<b>B</b>	Calidad alta, la estimación es fiable pero se puede tomar acciones para mejorarla.
<b>C</b>	Calidad media, la estimación es medianamente fiable.
<b>D</b>	Calidad baja, la estimación es poco fiable, se recomienda mejorarla.
<b>E</b>	Calidad muy baja, la estimación es muy poco fiable.

FUENTE: (USEPA, 2004 citado por MAE, 2014)

### 2.3.3.3 Inventario de Emisiones de CO<sub>2</sub>

Se compone de la cuantificación del CO<sub>2</sub> emitido de forma directa e indirecta por una fuente. El Protocolo GEI (2005), propone “calcular emisiones de GEI mediante la aplicación de factores de emisión documentados (p. 48)”, y datos de actividad del proceso que se desee contabilizar y reportar, y afirma que “los datos exactos de emisiones pueden ser calculados a partir de información del uso de combustibles (p. 48)”.

## 2.4 EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

A continuación, se muestran datos cuantitativos de emisiones de GEI, a nivel global, regional y local, y su incremento a través del tiempo.

### 2.4.1 EMISIONES DE GEI A NIVEL GLOBAL

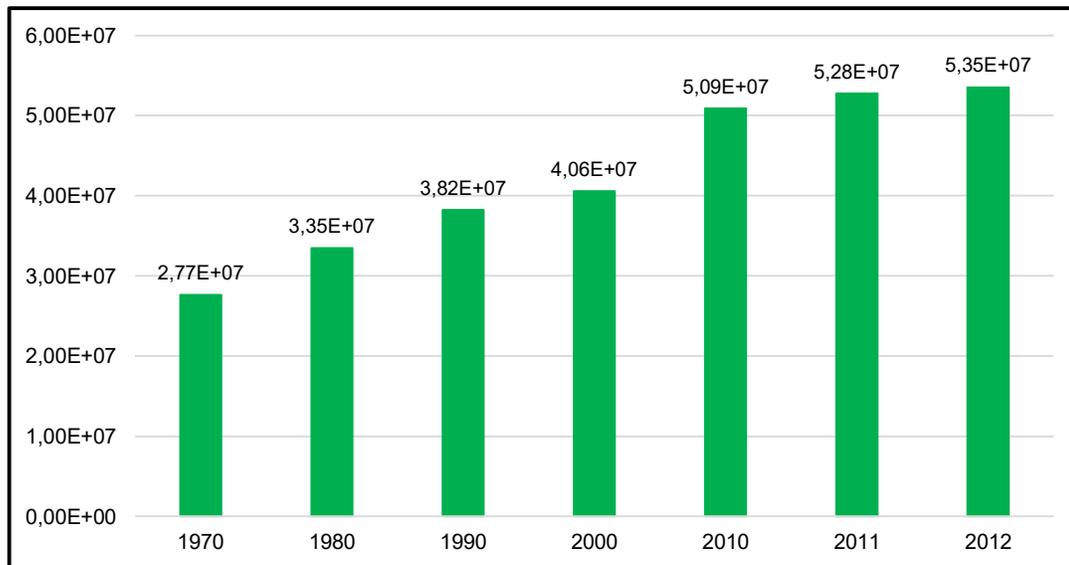
Las emisiones de gases de efecto invernadero han tenido un progresivo incremento a nivel mundial debido al uso de combustibles fósiles y sus derivados, de gas y de carbón, con una demanda que va en aumento.

Aprovechando la información disponible en la sección *Datos* de la página web oficial del Banco Mundial, se ha generado la FIGURA 2.4, en la cual se presentan los niveles de *Emisiones totales de gases de efecto invernadero, en kilotoneladas equivalentes de CO<sub>2</sub><sup>3</sup>* a nivel global, cada decenio, a partir de 1970 hasta el año 2010. También se han considerado las emisiones de GEI totales de los años 2011 y 2012, últimos años de los cuales se dispone de información. Las *Emisiones totales de gases de efecto invernadero, en kilotoneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>*, están compuestas por las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, excluyendo la quema de biomasa de ciclo corto (como residuos de la agricultura), e incluyendo otros procesos de quema de biomasa (como incendios forestales), todas las fuentes antropogénicas de CH<sub>4</sub>, fuentes de N<sub>2</sub>O y gases fluorados (HFC, PFC y SF<sub>6</sub>); toda esta información ha sido desarrollada por la Comisión Europea, Centro Común de Investigación (JRC)/Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos (PBL)-Base de Datos de Emisiones para la Investigación Atmosférica Global (EDGAR), EDGARv4.2 FT2012: <http://edgar.jrc.ec.europa.eu/>. En la FIGURA 2.4 se observa el incremento de los niveles de emisiones de GEI ente 1970 y 2012.

---

<sup>3</sup> Los gases de efecto invernadero (GEI) distintos del dióxido de carbono son convertidos a su valor de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq) multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global.

**FIGURA 2.4.** EMISIONES TOTALES DE GEI A NIVEL GLOBAL (KT EQUIVALENTES DE CO<sub>2</sub>) ENTRE 1970 Y 2014

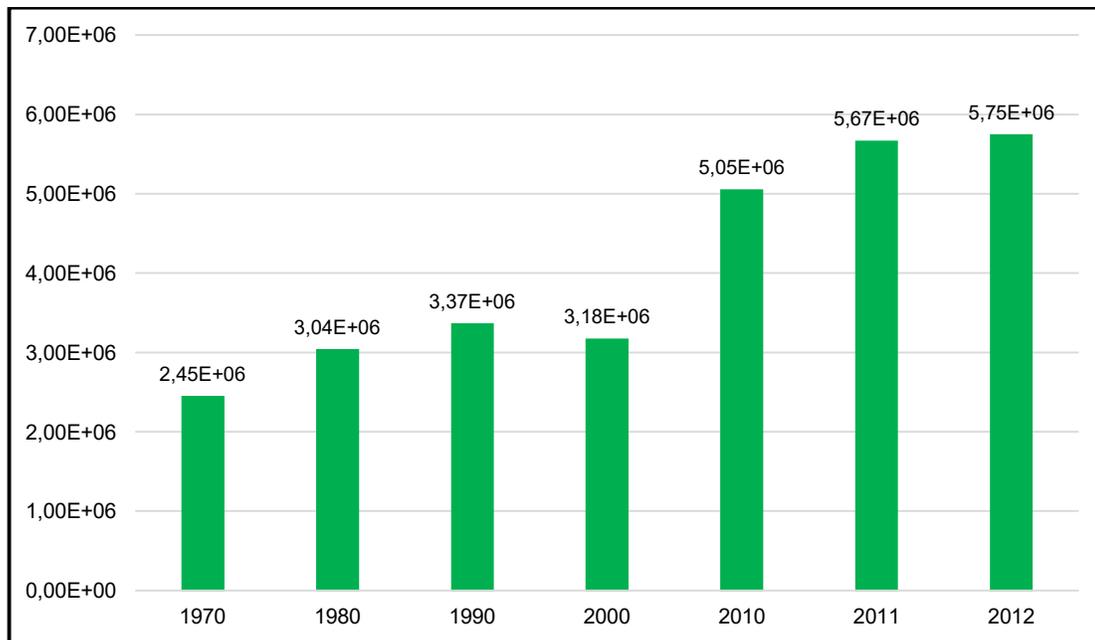


FUENTE: datos.bancomundial.org, 2018

#### 2.4.2 EMISIONES DE GEI A NIVEL REGIONAL

La FIGURA 2.5 a continuación, se ha generado a partir de la base de datos de *Emisiones totales de gases de efecto invernadero, en kilotoneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>* de la página web oficial del Banco Mundial. En esta se presenta el progreso a través del tiempo, de las emisiones de GEI en la región de América Latina y el Caribe, para cada decenio, a partir de 1970 hasta el año 2010. También se han considerado las emisiones de GEI totales de los años 2011 y 2012, últimos años de los cuales se tiene información.

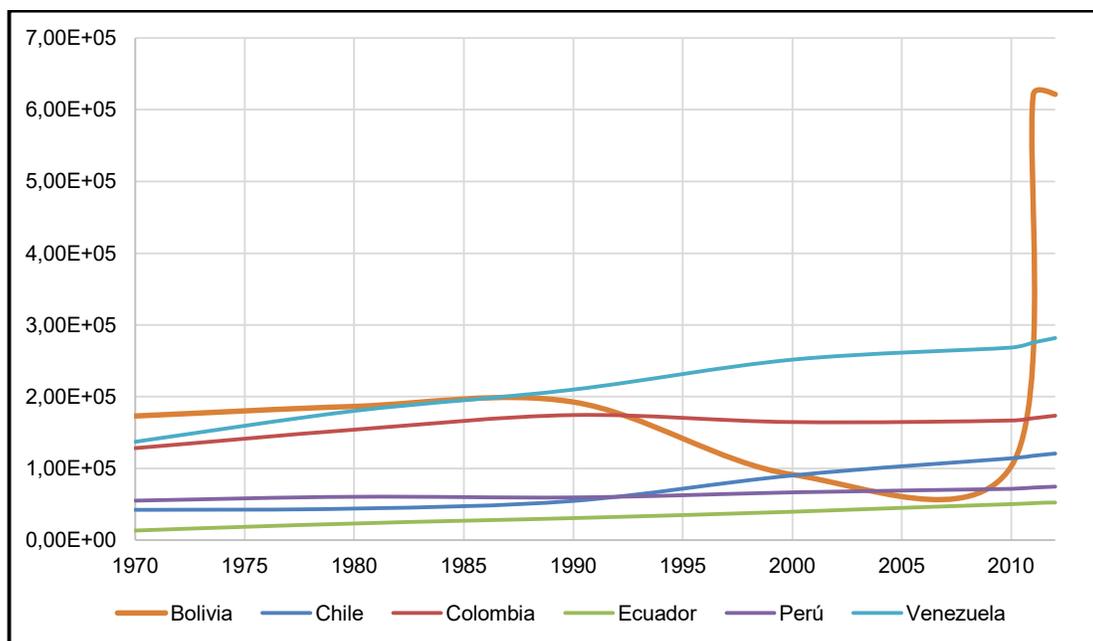
**FIGURA 2.5.** EMISIONES TOTALES DE GEI EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (KT EQUIVALENTES DE CO<sub>2</sub>) ENTRE 1970 Y 2012



FUENTE: datos.bancomundial.org, 2018

Como se observa en la FIGURA 2.5 en la Región de América Latina y el Caribe, la tendencia de los niveles de emisiones de GEI, es hacia el incremento. Para poder visualizar de manera más específica el comportamiento de los niveles de emisiones de GEI a nivel regional, se ha generado la FIGURA 2.6 en la cual se puede visualizar los niveles de emisiones de GEI de los siguientes países de América del Sur: Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela; se muestran los niveles de emisiones de GEI para cada decenio, a partir de 1970 hasta el año 2010, y adicionalmente se han considerado los datos de los años 2011 y 2012, últimos años de los cuales se dispone información.

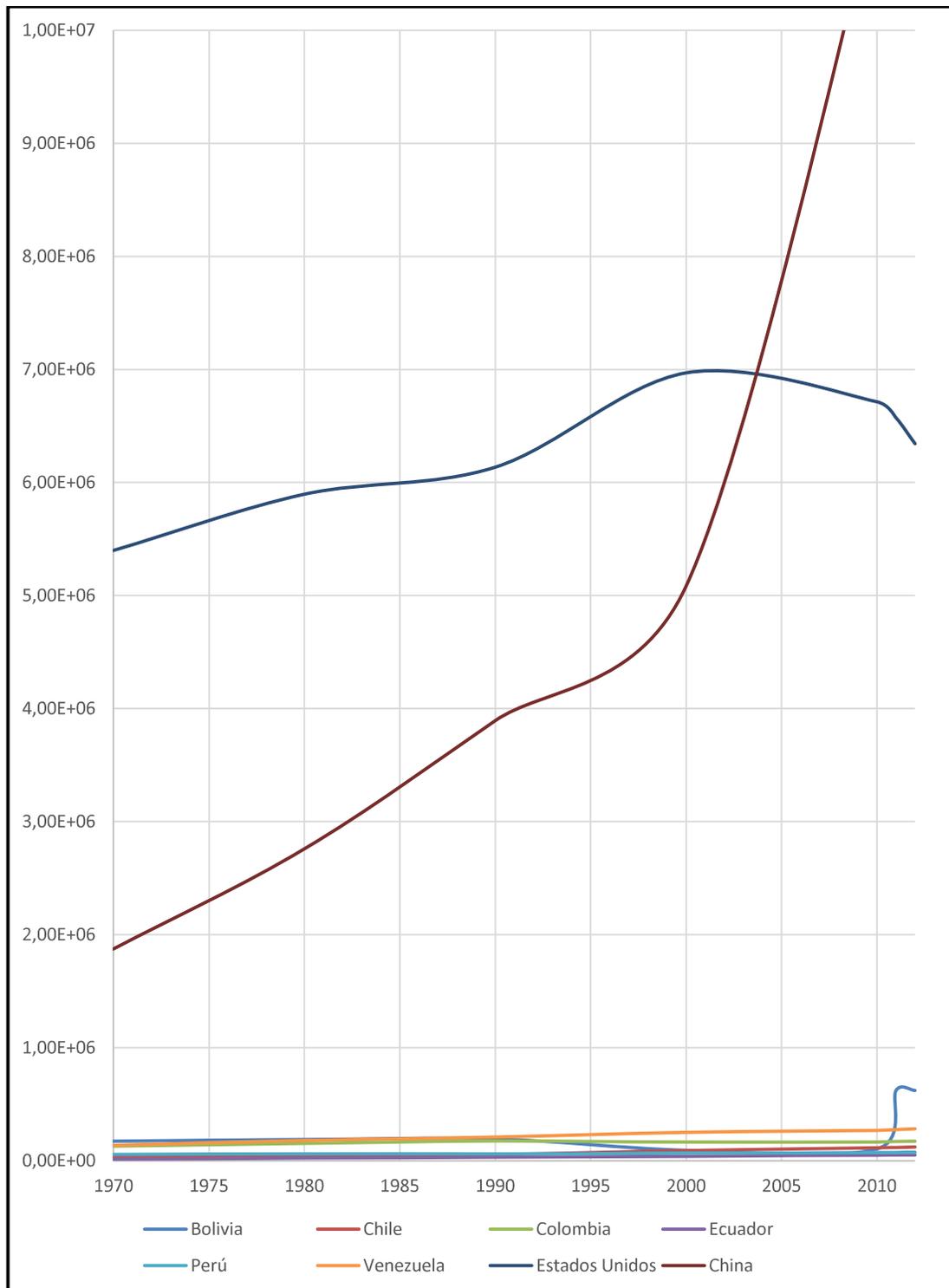
**FIGURA 2.6.** EMISIONES TOTALES DE GEI PARA ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA DEL SUR (KT EQUIVALENTES DE CO<sub>2</sub>) ENTRE 1970 Y 2012



FUENTE: datos.bancomundial.org, 2018

En la FIGURA 2.6 se observa como el Ecuador, produce menores niveles de emisiones de GEI, en comparación con los demás países América del Sur que se consideraron para generar esta gráfica (Bolivia, Chile, Colombia, Perú y Venezuela). De forma adicional, se generó la FIGURA 2.7 en la cual se puede observar el contraste entre los niveles de emisiones de GEI de los países considerados en la FIGURA 2.6 (Ecuador, Bolivia, Chile, Colombia, Perú y Venezuela), y dos grandes generadores de emisiones de GEI a nivel global: China y los Estados Unidos. Acorde a lo mostrado en la FIGURA 2.7 las emisiones de GEI de los países de América del Sur considerados en la FIGURA 2.6, son significativamente inferiores a las emisiones de GEI de China y Estados Unidos. Es observable también, la tendencia que presentan las emisiones: mientras Ecuador, Bolivia, Chile, Colombia, Perú y Venezuela incrementan sus emisiones lentamente, y Estados Unidos las reduce, China aumenta dramáticamente sus emisiones de GEI.

**FIGURA 2.7. EMISIONES TOTALES DE GEI PARA ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA DEL SUR (KT EQUIVALENTES DE CO<sub>2</sub>) ENTRE 1970 Y 2012**



FUENTE: datos.bancomundial.org, 2018

### 2.4.3 EMISIONES DE GEI A NIVEL LOCAL

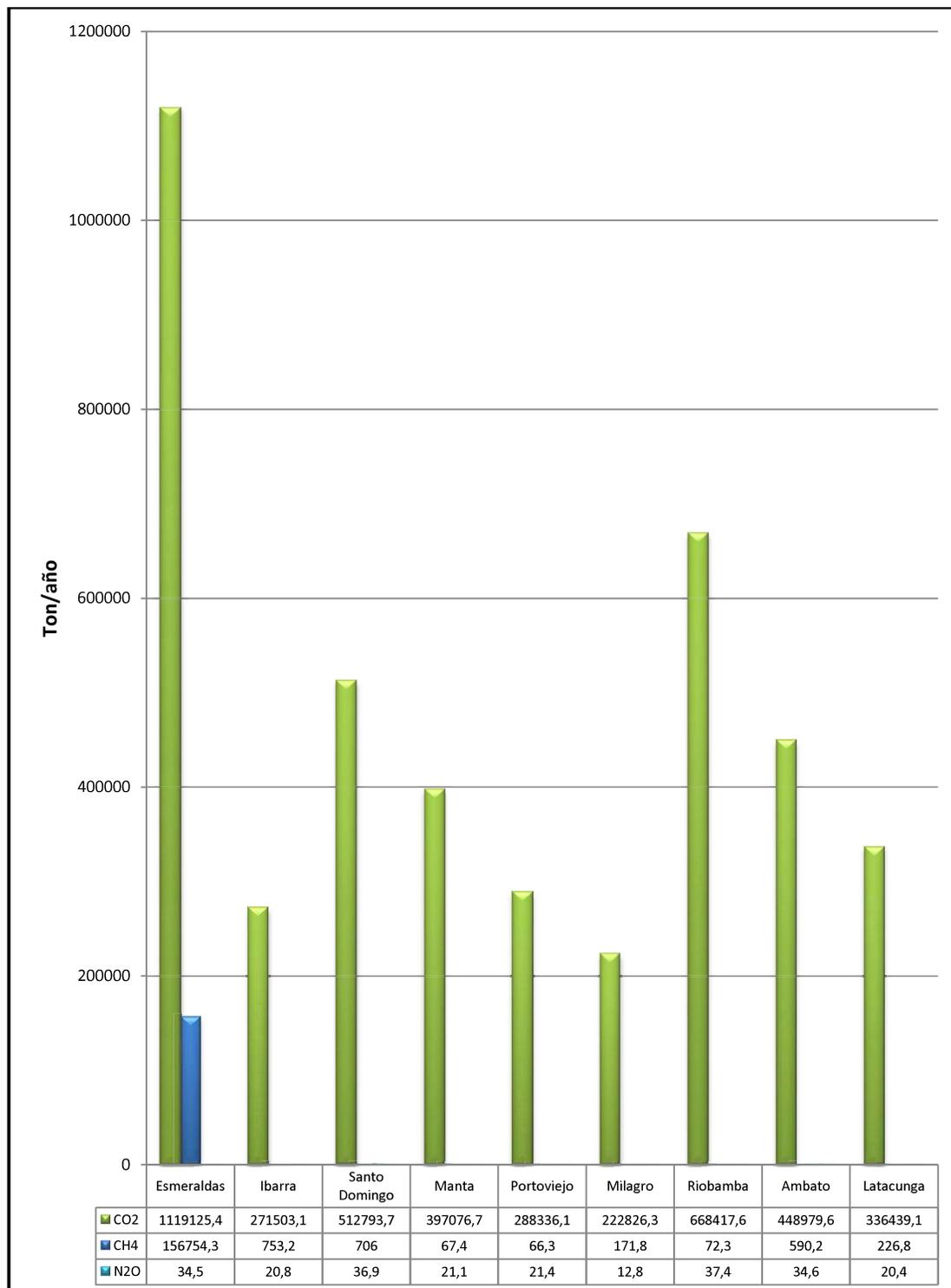
Con respecto a datos locales, en la Figuras 2.10 y 2.11 se muestran los niveles de emisiones de los GEI: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), considerados dentro del “Inventario Preliminar de Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro-Proyecto de Calidad del Aire Fase III-Año base 2010” (MAE, 2014). Para este inventario, se analizaron fuentes de emisiones como: tráfico vehicular, industrias, emisiones de combustión y de proceso, centrales térmicas, gasolineras, rellenos sanitarios, ladrilleras y caleras.

En la Figura 2.8 se observa como las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que corresponden al “uso de combustibles fósiles para fines energéticos, las emisiones de proceso de ciertos procesos industriales y las emisiones de los rellenos sanitarios (MAE, 2014)”, son significativamente superiores a las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), en todos los cantones analizados. “El valor más elevado es el del cantón Esmeraldas, que se explica por la influencia de la refinería de Esmeraldas, y el segundo valor más importante corresponde a Riobamba, que se explica por las emisiones con las que contribuye la fábrica de Cementos Chimborazo (MAE, 2014)”.

En la Figura 2.9 se presentan las emisiones de  $\text{CO}_2\text{eq}$  per cápita de los 9 cantones analizados. Para “las emisiones integradas de gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ), se toma un potencial de calentamiento global<sup>4</sup> del 25 y 298 para el  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  (IPCC, 2007 citado por MAE, 2014)”.

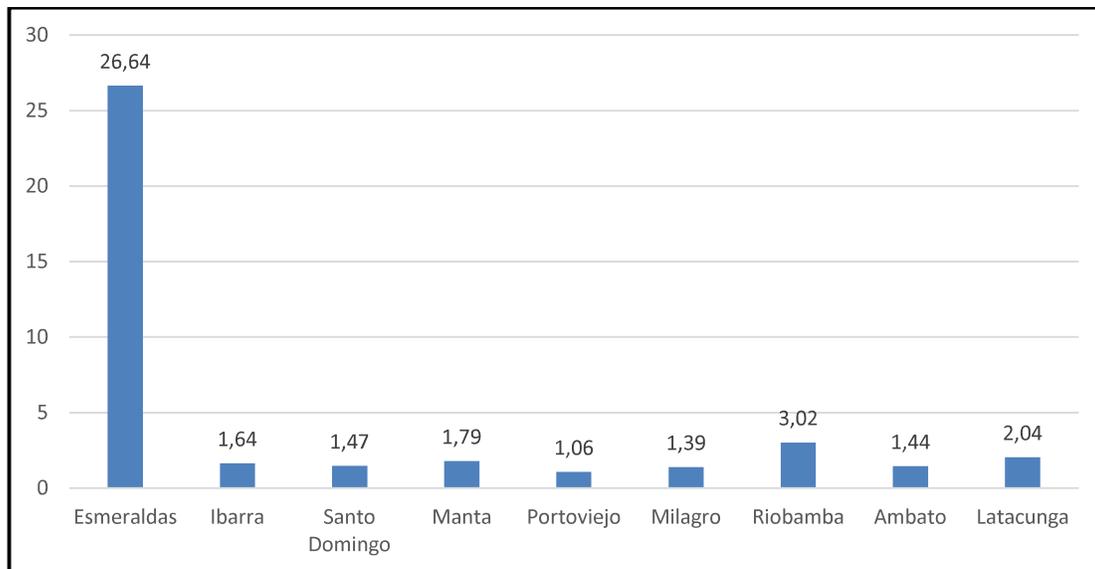
---

<sup>4</sup> Los gases de efecto invernadero (GEI) distintos del dióxido de carbono son convertidos a su valor de dióxido de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{eq}$ ) multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global.

**FIGURA 2.8. EMISIONES DE GEI DE ALGUNOS CANTONES DEL ECUADOR**

FUENTE: (MAE, 2014).

**FIGURA 2.9.** EMISIONES DE CO<sub>2</sub>eq PER CÁPITA DE ALGUNOS CANTONES DEL ECUADOR



FUENTE: (MAE, 2014).

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGÍA

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

##### 3.1.1 EL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA

El Conjunto Habitacional La Toscana, es un proyecto residencial que está ubicado en la localidad de Atahualpa, periférica a la ciudad de Ambato. Fue construido por la Compañía Ing. Nicolás Azanza y Asociados Constructores Cía. Ltda., entre 2012 y 2016.

La Toscana ocupa un predio de 3500 m<sup>2</sup> en, y consta de 27 casas de entre 96 m<sup>2</sup> y 115 m<sup>2</sup> de construcción en tres plantas. Cuenta con estructuras de hormigón armado, mamposterías de bloque enlucidas, y acabados de alta calidad.

**FIGURA 3.1.** UBICACIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA



FUENTE: Google Earth, 2017.

### 3.1.1.1 Estratificación socioeconómica

Para definir el nivel socioeconómico de las familias del Conjunto Habitacional La Toscana se consultó la Encuesta de Estratificación de Nivel Socioeconómico del INEC (INEC, 2011).

En base a las características de la vivienda, se determinó que las 27 familias del Conjunto La Toscana pertenecen al Nivel B de la Encuesta de Estratificación de Nivel Socioeconómico del INEC (INEC, 2011). “El Nivel B es el segundo estrato socioeconómico y representa el 11,2% de la población investigada (INEC, 2011)”. A continuación, se enumeran los principales bienes, tecnología y hábitos de consumo representativos de las familias que conforman el Nivel B:

#### 1. Características de las viviendas

- En el 46% de los hogares, el material predominante del piso de la vivienda es de duela, parquet, tablón o piso flotante.
- En promedio tienen dos cuartos de baño con ducha de uso exclusivo para el hogar.
- El 97% de los hogares dispone de servicio de teléfono convencional.
- El 99% de los hogares cuenta con refrigeradora.
- Más del 80% de los hogares dispone de cocina con horno, lavadora, equipo de sonido y/o mini componente.
- En promedio los hogares tienen dos televisiones a color.
- En promedio los hogares tienen un vehículo de uso exclusivo para el hogar.

#### 2. Tecnología

- El 81% de los hogares de este nivel cuenta con servicio de internet y computadora de escritorio.
- El 50% de los hogares tiene computadora portátil.
- En promedio disponen de tres celulares en el hogar. Hábitos de consumo
- Las personas de estos hogares compran la mayor parte de la vestimenta en centros comerciales.

- El 98% de los hogares utiliza internet.
- El 90% de los hogares utiliza correo electrónico personal (no del trabajo)
- El 76% de los hogares está registrado en alguna página social en internet.
- El 69% de los hogares de este nivel han leído libros diferentes a manuales de estudio y lectura de trabajo en los últimos tres meses.

### 3. Educación

- El Jefe del Hogar tiene un nivel de instrucción superior. Economía
- El 26% de los jefes de hogar del nivel B se desempeñan como profesionales científicos, intelectuales, técnicos y profesionales del nivel medio.
- El 92% de los hogares está afiliado o cubierto por el Seguro del IESS (seguro general, seguro voluntario o campesino) y/o seguro del ISSFA o ISSPOL.
- El 47% de los hogares tiene seguro de salud privada con hospitalización, seguro de salud privada sin hospitalización; seguro internacional, AUS, seguros municipales y de Consejos Provinciales y/o seguro de vida.

Estos datos servirán para el cálculo de las emisiones durante la etapa de operación (habitabilidad) del proyecto. A continuación, se presenta el desarrollo del inventario de emisiones de CO<sub>2</sub> del proyecto de construcción del Conjunto Habitacional La Toscana.

## **3.2 LÍMITES DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>**

### **3.2.1 SELECCIÓN DEL ENFOQUE DE CONSOLIDACIÓN DE EMISIONES**

Para establecer los límites del inventario de emisiones, se definió un enfoque de consolidación de emisiones, de entre los dos propuestos en el Protocolo GEI: Participación accionaria y Control, que se describen en la Tabla 2.3 del presente trabajo.

Al definir los límites del inventario de emisiones de CO<sub>2</sub> de la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana, se seleccionó el enfoque de *Control operacional*, dentro del cual, la empresa “reporta las emisiones provenientes de las operaciones que controla (WBCSD et. al., 2005, p. 19)”. En este caso, la Compañía Azanza y Asociados, tiene el control operacional sobre las emisiones de la construcción del proyecto La Toscana.

### 3.2.2 LÍMITES OPERACIONALES

Habiendo definido previamente, el enfoque de consolidación de *Control operacional* para este inventario de emisiones, se procedió a la determinación de los límites operacionales del mismo. Para ello, se clasificó a las fuentes de emisiones de la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana, en fuentes de emisiones directas e indirectas (Tabla 3.2.), según los criterios establecidos por el Protocolo GEI, que se presentan en la Tabla 3.1.

**TABLA 3.1. CRITERIOS DE LA CLASIFICACIÓN DE EMISIONES DIRECTAS E INDIRECTAS**

<b>Emisiones GEI</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ejemplo</b>
<b>Directas</b>	Aquellas “emisiones de fuentes que son propiedad de, o están controladas por la empresa (p. 29)” ejecutora del proyecto La Toscana.	Emisiones de la combustión de combustibles fósiles en maquinarias.
<b>Indirectas</b>	Aquellas emisiones dadas a consecuencia de las operaciones del proyecto La Toscana, “pero que ocurren en fuentes que no son propiedad, o están no controladas por la empresa (p. 29)” ejecutora de este proyecto.	Emisiones asociadas al consumo de electricidad.

FUENTE: (WBCSD et. al., 2005)

**TABLA 3.2. FUENTES DE EMISIONES DIRECTAS E INDIRECTAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

<b>Emisiones Directas</b>	Combustibles fósiles para concreteras, vibradores y elevadores.	
<b>Emisiones Indirectas</b>	Electricidad para guachimanía. Electricidad para consumos varios.	
	Materiales*	Varillas de acero Cemento Bloques y ladrillos Hormigón Cerámica Aluminio y vidrio Muebles de madera Instalaciones hidrosanitarias Instalaciones eléctricas Pinturas

\*Se tomaron los 10 rubros de mayor peso en el presupuesto del proyecto La Toscana.

FUENTE: Archivo de contabilidad del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017.

### 3.2.3 ALCANCES DE CONTABILIDAD DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

Una vez realizada la clasificación de las emisiones del proyecto La Toscana, en directas e indirectas, se las agrupó en los alcances 1, 2 y 3, dependiendo de sus fuentes (Tabla 3.4), según los criterios que se presentan en la Tabla 3.3.

**TABLA 3.3. IDENTIFICACIÓN DE FUENTES DE EMISIONES SEGÚN SU ALCANCE**

<b>Emisiones de Alcance 1</b>	Son las fuentes de emisión directas. Son las emisiones de proceso.
<b>Emisiones de Alcance 2</b>	Son las “fuentes de emisiones indirectas derivadas del consumo de electricidad, vapor o calor adquiridos (p. 47)”.
<b>Emisiones de Alcance 3</b>	Son las “emisiones indirectas provenientes de las actividades corriente arriba o corriente debajo, así como emisiones asociadas a la manufactura realizada por terceros a cuenta de la empresa (p. 47)”.

FUENTE: (WBC--SD et. al., 2005)

**TABLA 3.4. ALCANCES DE LAS FUENTES DE EMISIONES DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

<b>Emisiones de Alcance 1</b>	Emisiones Directas	Combustibles para concreteras, vibradores, elevadores.	
<b>Emisiones de Alcance 2</b>	Emisiones Indirectas	Electricidad para guachimanía Electricidad consumos varios	
<b>Emisiones de Alcance 3</b>	Emisiones Indirectas	Materiales*	Varillas de acero Cemento Bloques y ladrillos Hormigón Cerámica Aluminio y vidrio Muebles de madera Instalaciones hidrosanitarias Instalaciones eléctricas Pinturas

\*Se tomaron los 10 rubros de mayor peso en el presupuesto del proyecto La Toscana.  
FUENTE: Archivo de contabilidad del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017.

### 3.3 CÁLCULO DE EMISIONES

“La aproximación más común para calcular las emisiones de GEI es mediante la aplicación de factores de emisión documentados. Estos factores son cocientes calculados que relacionan emisiones de GEI a una medida de actividad en una fuente de emisión (WBCSD et. al., 2005, p. 48)”.

#### 3.3.1 CÁLCULO DE EMISIONES DEL ALCANCE 1

Las emisiones del Alcance 1, son emisiones directas. Dentro del presente trabajo, las emisiones directas fueron aquellas que se generaron bajo el control de la compañía Azanza y Asociados, durante la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana y fueron producto de la operación de maquinaria con motores de combustión interna que incluyó concreteras, vibradores y elevadores.

Para el cálculo de las emisiones de Alcance 1 del Proyecto La Toscana, se llevó a cabo las siguientes acciones:

1. Determinación de la Base de Datos de Actividades. Para el Alcance 1, ésta se conforma por la cantidad de combustibles: diésel y gasolina, empleados en la operación de maquinaria con motores de combustión interna: concreteras, vibradores y elevadores.

Se acudió al archivo de compras del proyecto La Toscana, y se recolectó los datos exactos de cantidades de diésel y gasolina adquiridos por la Compañía Azanza y Asociados, que se presentan en el Anexo No. 1. Las cantidades totales de combustibles se presentan en la Tabla 3.5.

**TABLA 3.5. CANTIDAD DE GASOLINA Y DIÉSEL UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

Tipo de combustible	Cantidad (galones)
Gasolina	413,69 galones
Diésel	143,48 galones

FUENTE: Archivo de compras del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017.

2. Selección de factores de emisión. Se recurrió a bibliografía para obtener factores de emisión documentados.

**TABLA 3.6. FACTORES DE EMISIÓN DE LOS COMBUSTIBLES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

Combustible	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	Factor de emisión (Ton CO <sub>2</sub> /L)
Diésel	2677	2,67 x 10 <sup>-3</sup>
Gasolina	2242	2,24 x 10 <sup>-3</sup>

FUENTE: IPCC, 2013 citado por Prado-Carpio & Armijos, 2017

3. Cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> del alcance 1, mediante la fórmula:

Emisiones CO<sub>2</sub> = dato de actividad \* factor conversión \* factor de emisión

Ecuación 3.1

**TABLA 3.7. EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DEL ALCANCE 1 EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

Combustible	Dato de actividad (galones)	Factor de conversión (L/gal)	Factor de emisión (Ton/L)	Emisiones de CO <sub>2</sub> (Ton CO <sub>2</sub> )
Diésel	134,48	3,78	$2,68 \times 10^{-3}$	1,36
Gasolina	413,69		$2,24 \times 10^{-3}$	3,51
<b>TOTAL EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DEL ALCANCE 1</b>				<b>4,87</b>

FUENTE: Archivo de compras del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017; IPCC, 2013 citado por Prado-Carpio & Armijos, 2017.

### 3.3.2 CÁLCULO DE EMISIONES DE ALCANCE 2

“El Alcance 2 incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa (WBCSD et. al., 2005, p. 29)”.

La electricidad adquirida por el proyecto La Toscana, proviene de la Unidad de Generación Térmica Ambato, operada por la Empresa Eléctrica Ambato, que genera energía eléctrica en base a la quema de combustibles fósiles. Para el cálculo de las emisiones de alcance 2 del proyecto La Toscana se llevó a cabo las siguientes acciones:

1. Determinación de la Base de Datos de Actividades. Para el alcance 2, ésta fue conformada por las cantidades de electricidad que se registraron en las facturas de consumo mensuales. El predio donde se desarrolló el proyecto La Toscana contaba con dos medidores cuyas planillas se recibieron y cancelaron mensualmente a lo largo del tiempo que la obra estuvo en marcha. Se acudió al archivo de compras del proyecto La Toscana, y se recolectó los datos exactos de electricidad consumida por la Compañía Azanza y Asociados, como se muestra en el Anexo No. 2. Las cantidades totales de electricidad consumida durante el período de construcción del proyecto La Toscana (2012-2016), se presentan en la Tabla 3.8.

**TABLA 3.8.** CANTIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA CONSUMIDA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA

<b>AÑO</b>	<b>ELECTRICIDAD CONSUMIDA (KWh)</b>
2012	77
2013	589
2014	1948
2015	658
2016	7926
<b>TOTAL</b>	<b>11198</b>

FUENTE: Archivo de compras del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017.

2. Selección del factor de emisión. - Se recurrió a bibliografía para obtener factores de emisión documentados, en este caso, se cita a Haro & Oscullo (2016), quienes en su trabajo determinaron los factores de emisión de CO<sub>2</sub> por unidad de generación del Sistema Nacional Interconectado (SIN). Para Unidad de Generación Ambato, operada por la Empresa Eléctrica Ambato (Central Térmica) tiene un factor de emisión de 0,7454 ton CO<sub>2</sub>/MWh.

3. Cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> del Alcance 2, mediante la Ecuación 3.2:

$$\text{Emisiones CO}_2 = \text{dato de actividad} * \text{factor conversión} * \text{factor de emisión}$$

Ecuación 3.2

**TABLA 3.9.** EMISIONES DE CO<sub>2</sub> CALCULADAS DEL ALCANCE 2

<b>Electricidad consumida (KWh)</b>	<b>Factor de conversión (Ton/Kg)</b>	<b>Factor de emisión (Ton CO<sub>2</sub>/MWh)</b>	<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> del alcance 2 (Ton CO<sub>2</sub>)</b>
11198	0,001	0,7454	8,35

FUENTE: Archivo de compras del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017;

Lazo et. al., 2015.

### 3.3.3 CÁLCULO DE EMISIONES DEL ALCANCE 3

“El Alcance 3 es una categoría opcional de reporte que permite incluir el resto de las emisiones indirectas (p.29)”, que no correspondan al consumo de electricidad (WBCSD et. al., 2005).

### 3.3.3.1 Cálculo de emisiones de la etapa de construcción

Puesto que el cálculo de este alcance es opcional, para este trabajo, se calcularon las emisiones de GEI de dos materiales representativos para el sector de la construcción: cemento y acero en varillas.

Para calcular las emisiones del Alcance 3 del proyecto La Toscana se llevó a cabo las siguientes acciones.

1. Determinación de la Base de Datos de Actividades. - Para el alcance 3, ésta fue conformada por: la cantidad de cemento compradas, cantidad de cemento en hormigones y cantidad de acero en varillas utilizados. Una vez más se acudió al archivo de compras del proyecto La Toscana, y se recolectó los datos de las cantidades de los materiales antes mencionados que fueron adquiridas por la Compañía Azanza y Asociados (Anexos No. 3, 4 y 5). Las cantidades totales se presentan en la Tabla 3.10.

**TABLA 3.10.** CANTIDADES DE CEMENTO Y HIERRO UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA

<b>Cemento</b>	544,25 Kg
<b>Acero en varillas</b>	80.133,74 Kg

FUENTE: Archivo de compras del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017.

2. Selección de factores de emisión. Se recurrió a bibliografía para obtener factores de emisión genéricos, como recomienda el Protocolo GEI (2005).

**TABLA 3.11.** FACTORES DE EMISIÓN GENÉRICOS DE LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO Y DE ACERO EN VARILLAS

<b>Combustible</b>	<b>Factor de emisión</b>
Cemento	0,83 (kg CO <sub>2</sub> /kg cemento)
Hierro	1,62 (kg CO <sub>2</sub> /kg acero)

FUENTE: Chargoy et. al, 2009, México; Freire, Muñoz & Marrero, 2016.

3. Cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> del alcance 3, mediante la Ecuación 3.3.

Emisiones CO<sub>2</sub> = dato de actividad \* factor conversión \* factor de emisión

Ecuación 3.3

**TABLA 3.12.** EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DEL CEMENTO Y EL ACERO EN VARILLAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA

Material	Dato de actividad (kg)	Factor de conversión (Ton/kg)	Factor de emisión	Emisiones CO <sub>2</sub> (Ton CO <sub>2</sub> )
Cemento	544.250,00	0,001	0,83	<b>453,30</b>
Acero	80.133,74		1,62	<b>130,05</b>

FUENTE: Archivo de compras del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana; Chargoy et. al., 2009, México; Freire et. al., 2016.

### 3.3.3.2 Cálculo de emisiones de la etapa de operación

#### 3.3.3.2.1 Emisiones por consumo de energía eléctrica

##### 3.3.3.2.1.1 Consumo de electricidad de las familias que viven en el Conjunto Habitacional La Toscana

Para la etapa de operación (habitabilidad), las emisiones del Alcance 2 corresponden a aquellas originadas en el consumo de electricidad de las familias que habitan en el Conjunto La Toscana. Para el presente cálculo, se ha definido un período de 25 años.

En base a las características de la vivienda, se determinó que las 27 familias que habitan en el Conjunto La Toscana pertenecen al Nivel B de la Encuesta de Estratificación de Nivel Socioeconómico del INEC (INEC, 2011) (ver numeral 3.1.1.1 de este trabajo). Para poder estimar el consumo de energía eléctrica de estos hogares se ha tomado la información de la presentación agregada de dicha Encuesta, que enumera los bienes, tecnología y hábitos de consumo representativos de las familias que conforman el Nivel B, que se muestran en el cuadro a continuación.

**TABLA 3.13. CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE CADA FAMILIA DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

Unidades por familia	Aparato Electrodoméstico	Potencia (W)	Tiempo de uso mensual promedio (horas/mes)	Consumo mensual (Wh/mes)	Consumo diario (Wh/día)	Consumo mensual (KWh/mes)	Consumo diario (KWh/día)
1	Cocina de inducción	3500	35	122500	4083,30	122,50	4,08
1	Refrigeradora	350	720	252000	8400,00	252	8,40
1	Horno microondas	900	3	2700	90,00	2,70	0,09
1	Lavadora	1000	12	12000	400,00	12	0,40
1	Secadora eléctrica	2500	8	20000	666,70	20	0,67
1	Equipo de cómputo	300	50	15000	500,00	15	0,50
2	Tv color	300	75	45000	1500,00	45	1,50
1	Equipo de sonido o minicomponente	100	8	800	26,70	0,80	0,03
12	Focos	15	60	10800	360,00	10,80	0,36
<b>Total consumo por familia</b>				<b>480800</b>	<b>16.026,70</b>	<b>480,80</b>	<b>16,03</b>

FUENTE: (INEC, 2011; holaluz.com, 2017)

Según la sumatoria de la Tabla 3.13, se determinó que cada familia del Conjunto La Toscana consume aproximadamente 16,03 KWh por día. Para calcular el consumo del conjunto de viviendas (27 casas), se debe tomar en cuenta que “es poco probable la coincidencia de consumo máximo entre cada vivienda y que no todos los usuarios utilizan todos sus aparatos electrónicos al mismo tiempo (Flores, 2007)”, por lo que al valor de consumo calculado (16,03 KWh por día) se debe multiplicar por el número de casas del Conjunto La Toscana (27) y además por un coeficiente de simultaneidad de 0,5 (Flores, 2007) de la siguiente manera.

$$\text{Consumo Estimado} = \text{Consumo calculado} * \text{No. Casas} * \text{Coeficiente de Simultaneidad}$$

Ecuación 3. 4

$$\text{Consumo Estimado} = 16,03 \left( \frac{\text{KWh}}{\text{día}} \right) * 27 * 0,5$$

$$\text{Consumo Estimado} = 216,36 \left( \frac{\text{KWh}}{\text{día}} \right)$$

$$\text{Consumo Estimado} = 216360 \left( \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right)$$

Se ha obtenido un consumo estimado de 216,36 (KWh/día) para las 27 familias de Conjunto La Toscana.

A continuación, se presenta el cálculo de las emisiones del Alcance 2 de la etapa de operación del Proyecto La Toscana, para un período de 25 años.

#### **3.3.3.2.1.2 Determinación del Dato de actividad**

Corresponde al consumo estimado de electricidad del Conjunto Habitacional La Toscana, durante la etapa de operación, para un período de 25 años. Se asume un consumo constante a lo largo de los 25 años.

**TABLA 3.14. CÁLCULO DEL CONSUMO TOTAL DE ELECTRICIDAD DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA PARA UN PERÍODO DE 25 AÑOS**

Consumo diario estimado para el Conjunto La Toscana (KWh/día)	Consumo mensual estimado para el Conjunto La Toscana (KWh/mes)	Consumo anual estimado para el Conjunto La Toscana (KWh/año)	Período de cálculo (años)	Total consumo estimado para el período de cálculo (25 años) (KWh)
216,36	6.490,80	77.889,60	25,00	<b>1'947.240,00</b>

FUENTE: Conjunto Habitacional La Toscana

#### **3.3.3.2.1.3 Factor de emisión**

Se ha utilizado el factor de emisión calculado por (Haro & Oscullo, 2014), correspondiente a la Unidad de Generación Térmica Ambato, operada por la Empresa Eléctrica Ambato, de 0,7454 Ton de CO<sub>2</sub>/KWh.

#### **3.3.3.2.1.4 Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>**

Se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Emisiones CO}_2 = \text{dato de actividad} * \text{factor de emisión}$$

Ecuación 3. 5

$$\text{Emisiones CO}_2 = 1'947.240,00 \text{ KWh} * 0,75 \frac{\text{Ton CO}_2}{\text{KWh}}$$

$$\text{Emisiones CO}_2 = 1'451.472,70 \text{ Ton CO}_2$$

Se ha calculado que, durante 25 años de operación, el Conjunto Habitacional La Toscana emitirá 1'451.472,70 toneladas de CO<sub>2</sub> por concepto de consumo de electricidad.

#### **3.3.3.2.1.5 Alternativa de reducción de emisiones**

Para reducir las emisiones generadas por el consumo de electricidad durante la etapa de operación del Conjunto La Toscana, en el Anexo 6 se propone el montaje de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica.

#### **3.3.3.2.2 Emisiones por consumo de agua potable**

A continuación, se desarrolla el cálculo de emisiones por generación de aguas residuales domésticas en el Conjunto Habitacional La Toscana.

##### **3.3.3.2.2.1 Volumen de generación de aguas residuales domésticas**

“Las aguas residuales pueden ser una fuente de metano (CH<sub>4</sub>) cuando se las trata o elimina en medio anaeróbico. También pueden ser una fuente de emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) procedentes de las aguas residuales no se consideran en el total de emisiones, porque son de origen biogénico<sup>5</sup> (IPCC, 2006).”

Para el presente cálculo, se tomó en consideración lo siguiente.

**TABLA 3.15. CONSIDERACIONES A CERCA DEL CONSUMO DE AGUA DE LAS FAMILIAS DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

<b>Consumo de agua por persona por día</b>	150 L/persona*día
<b>Número de casas</b>	27 casa
<b>Número de personas por casa</b>	4 personas/casa
<b>Porcentaje de recepción del alcantarillado</b>	80 %
<b>Período de cálculo</b>	25 años

FUENTE: Conjunto Habitacional La Toscana

<sup>5</sup> CO<sub>2</sub> biogénico es el que resulta de la actividad de organismos vivos, y no es considerado un gas de efecto invernadero (GEI) al provenir de carbono que ya estaba en la atmósfera en un pasado reciente.

Cantidad de agua consumida en el Conjunto Habitacional La Toscana, en un período de 25 años.

$$\begin{aligned}
 & 150 \left( \frac{L}{\text{persona} * \text{día}} \right) * 27 \text{ casas} * 4 \left( \frac{\text{personas}}{\text{casa}} \right) * 30 \text{ días} * 12 \text{ meses} * 25 \text{ años} \\
 & = 145800000 L \\
 & = 145.800 m^3 \text{ de agua consumida en 25 años}
 \end{aligned}$$

Si de los 145.800 m<sup>3</sup> consumidos, el 80% se convierten en aguas residuales, se calcula que la cantidad total de agua residual producida por el Conjunto Habitacional La Toscana, en 25 años, es 116.640 m<sup>3</sup>.

#### **3.3.3.2.2 Emisiones de GEI de las aguas residuales del Conjunto La Toscana para un período de 25 años**

Como se indica en el numeral 3.3.3.2.2.1., para el caso del agua residual se considera los GEI: metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). No se considera al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), por ser de origen biogénico, es decir, producido por la actividad de organismos vivos (IPCC, 2006).”

“Las aguas residuales pueden producir metano (CH<sub>4</sub>) por degradación anaeróbica, la cantidad de metano (CH<sub>4</sub>) producido depende principalmente de la cantidad de materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales, de la temperatura y del tipo de sistema de tratamiento. Los parámetros usuales para medir el componente orgánico de las aguas residuales son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). En las mismas condiciones, las aguas residuales con mayor concentración de DQO o DBO, producen, en general, más metano (CH<sub>4</sub>) que las de menor concentración de DQO (o DBO). Normalmente, la DBO se declara más a menudo para el caso de las aguas residuales domésticas, mientras que la DQO se utiliza de preferencia para las aguas residuales industriales (IPCC, 2006)”.

“El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) está asociado con la degradación de los componentes nitrogenados en las aguas residuales, a saber: urea, nitrato y proteínas. Las aguas residuales domésticas incluyen desechos humanos mezclados con otras aguas servidas del hogar, que pueden incluir efluentes de drenajes de duchas, fregaderos, lavadoras, etc. Típicamente, el efluente se vierte en un medio acuoso de recepción (a saber: río, lago, estuario, etc.). Se pueden generar emisiones directas de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) durante la nitrificación y la desnitrificación del nitrógeno presente. Ambos procesos pueden ocurrir durante el tratamiento y en la masa de agua que recibe el efluente. La nitrificación es un proceso aeróbico que convierte el amoníaco y otros compuestos nitrogenados en nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), mientras que la desnitrificación se produce bajo condiciones anóxicas (sin oxígeno libre) e implica la conversión biológica del nitrato en gas di-nitrógeno (N<sub>2</sub>). El óxido de nitrógeno puede ser un producto intermedio de ambos procesos, pero suele asociarse más a menudo con la desnitrificación (IPCC, 2006)”.

#### **3.3.3.2.2.1 Cálculo de emisiones de metano CH<sub>4</sub>**

Para la determinación de la cantidad de metano (CH<sub>4</sub>), se aplicó el procedimiento propuesto en las Directrices del IPCC, 2006, para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

##### **3.3.3.2.2.1.1 Dato de actividad**

Consiste en determinar el total de materia orgánica degradable en las aguas residuales domésticas, para lo cual se aplica la siguiente ecuación.

$$TOW = 365 * P * DBO * 0,001$$

Ecuación 3. 6

Donde:

TOW: total de materia orgánica en las aguas residuales, en Kg de DBO/año

365: días/año.

P: población generadora del agua residual

DBO: DBO per cápita específico del país, en g/persona\*día

0,001: conversión de gramos de DBO a kilogramos de DBO

Así, los valores utilizados para el presente cálculo son los siguientes.

P = 108 personas que habitan en el Conjunto La Toscana

DBO<sup>6</sup> = 40 g de DBO<sub>5</sub>/persona \*día

$$TOW = 365 \left( \frac{\text{días}}{\text{año}} \right) * 108 \text{ (personas)} * 40 \left( \frac{\text{gramos de DBO}}{\text{persona * día}} \right) * 0,001 \left( \frac{\text{Kg}}{\text{gramo}} \right)$$

$$TOW = 1.576,8 \left( \frac{\text{Kg de DBO}}{\text{año}} \right)$$

#### **3.3.3.2.2.1.2 Factor de emisión CH<sub>4</sub>**

Para la obtención del factor de emisión del metano (CH<sub>4</sub>), acorde a las directrices del IPCC (2006), se aplica la ecuación.

$$FE = B_o * MCF$$

Ecuación 3. 7

Donde:

FE: factor de emisión, en Kg de CH<sub>4</sub>/Kg de DBO

B<sub>o</sub>: capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub>, en Kg de CH<sub>4</sub>/Kg de DBO

MCF: factor corrector para el metano (depende del tipo de tratamiento que se dé a las aguas residuales domésticas).

Para el presente trabajo, se utiliza los siguientes valores:

B<sub>o</sub><sup>7</sup>= 0,6 Kg de CH<sub>4</sub>/Kg de DBO

MCF<sup>8</sup>= 0,1

<sup>6</sup> Valores de DBO<sub>5</sub> estimados para las aguas residuales domésticas por regiones y países seleccionados (IPCC, 2006).

<sup>7</sup> Valor por defecto (IPCC, 2006) de B<sub>o</sub> (capacidad máxima de producción de metano (CH<sub>4</sub>) para las aguas residuales domésticas).

<sup>8</sup> Valor por defecto (IPCC, 2006) de MCF (factor corrector para el metano) para agua sin tratamiento que se elimina en ríos, lagos o mar.

$$FE = 0,6 \left( \frac{\text{Kg de } CH_4}{\text{Kg de DBO}} \right) * 0,1$$

$$FE = 0,06 \left( \frac{\text{Kg de } CH_4}{\text{Kg de DBO}} \right)$$

### 3.3.3.2.2.1.3 Emisiones de CH<sub>4</sub>

$$\text{Emisiones de } CH_4 = FE * [(TOW - S) - R]$$

Ecuación 3. 8

Donde:

FE: factor de emisión, en Kg de CH<sub>4</sub>/Kg de DBO

TOW: total de materia orgánica en las aguas residuales, en Kg de DBO/año.

S: componente orgánico separado como lodo, en Kg de DBO/año.

R: cantidad de CH<sub>4</sub> recuperada durante el año de inventario, en Kg de CH<sub>4</sub>/año.

Para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> del Conjunto La Toscana se obtuvo:

- FE:  $0,06 \left( \frac{\text{Kg de } CH_4}{\text{Kg de DBO}} \right)$
- TOW:  $1.576,8 \left( \frac{\text{Kg de DBO}}{\text{año}} \right)$

S= 0, ya que las aguas residuales domésticas se descargan al alcantarillado, que posteriormente las conduce al cuerpo de agua más cercano.

R= 0, no se realiza la recuperación de metano CH<sub>4</sub>

Con estos datos, se aplica la Ecuación 3.8:

$$\text{Emisiones de } CH_4 = 0,06 \left( \frac{\text{Kg de } CH_4}{\text{Kg de DBO}} \right) * \left[ \left( 1.576,8 \left( \frac{\text{Kg de DBO}}{\text{año}} \right) - 0 \right) - 0 \right]$$

$$\text{Emisiones de } CH_4 = 94,61 \frac{\text{Kg de } CH_4}{\text{año}}$$

Las emisiones de  $CH_4$  totales para un período de cálculo de 25 años, para el Conjunto Habitacional La Toscana, serán:

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \left(94,61 \frac{Kg\ de\ CH_4}{año}\right) * 25\ años = 2.365,2\ Kg\ de\ CH_4$$

$$Emisiones\ de\ CH_4 = 2,37\ Ton\ de\ CH_4$$

### **3.3.3.2.2.2.2 Cálculo de emisiones de óxido nitroso $N_2O$**

Para el cálculo de las emisiones de  $N_2O$ , se aplica el procedimiento propuesto en las Directrices del IPCC, 2006, para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, que se detalla a continuación.

#### **3.3.3.2.2.2.2.1 Dato de actividad**

“El dato de actividad requerido para la estimación de emisiones de óxido nitroso  $N_2O$  depende del contenido de nitrógeno en el efluente de aguas servidas, de la población que lo genera, y del promedio anual de generación de proteína per cápita (Kg/persona\*año) (IPCC, 2006)”, para su cálculo el IPCC propone la siguiente ecuación:

$$N_{EFLUENTE} = (P * Proteína * F_{NRP} * F_{NON-CON}) - N_{LODO}$$

Ecuación 3. 9

Donde:

$N_{EFLUENTE}$ : cantidad total anual de nitrógeno en el efluente de aguas residuales, en Kg de N/año

P: población generadora del agua residual

Proteína: consumo per cápita anual de proteínas, en Kg/persona\*año

$F_{NRP}$ : fracción de nitrógeno en las proteínas, por defecto = 0,16 Kg de N/Kg de proteína.

$F_{NON-CON}$ : factor de las proteínas no consumida añadidas a las aguas residuales.

$N_{LODO}$ : nitrógeno separado con el lodo residual (por defecto =0), en Kg de N/año

Así, los valores utilizados para el presente cálculo son los siguientes:

$P = 108$  personas que habitan en el Conjunto La Toscana

Proteína<sup>9</sup> = 20,805 Kg de proteína/persona\*año

$F_{NRP} = 0,16$  Kg de N/Kg de proteína

$F_{NON-CON}^{10} = 1,1$

$N_{LODO} = 0 \left( \frac{\text{Kg de N}}{\text{año}} \right)$

$$N_{EFLUENTE} = \left( 108 \text{ personas} * 20,805 \left( \frac{\text{Kg de proteína}}{\text{persona} * \text{año}} \right) * 0,16 \left( \frac{\text{Kg de N}}{\text{Kg de proteína}} \right) * 1,1 \right) - 0 \left( \frac{\text{Kg de N}}{\text{año}} \right)$$

$$N_{EFLUENTE} = 395,46 \left( \frac{\text{Kg de N}}{\text{año}} \right)$$

Se ha calculado que el contenido de nitrógeno en el efluente de aguas servidas del Conjunto habitacional La Toscana es de  $395,46 \left( \frac{\text{Kg de N}}{\text{año}} \right)$ .

### 3.3.3.2.2.2.2 Emisiones de $N_2O$

$$\text{Emisiones de } N_2O = N_{EFLUENTE} * FE_{EFLUENTE} * 44/28$$

Ecuación 3. 10

Donde:

$N_{EFLUENTE}$ : cantidad total de nitrógeno en el efluente de aguas residuales, en Kg de N/año

$FE_{EFLUENTE}$ : factor de emisión para las emisiones de  $N_2O$  provenientes de la eliminación de aguas servidas, en  $\left( \frac{\text{Kg de } N_2O-N}{\text{Kg de N}} \right)$

44/28: factor que corresponde a la conversión de Kg de  $N_2O - N$  en Kg de  $N_2O$

<sup>9</sup> Consumo per cápita de proteínas (Kg/persona\*año) para el Ecuador (FAO, 2017).

<sup>10</sup> Factor de las proteínas no consumida añadidas a las aguas residuales para países en desarrollo, valor por defecto (IPCC, 2006).

Para calcular las emisiones de  $N_2O$  del Conjunto La Toscana:

- $N_{EFLUENTE} = 395,46 \left( \frac{Kg \text{ de } N}{año} \right)$
- $FE_{EFLUENTE}^{11} = 0,005 \left( \frac{Kg \text{ de } N_2O - N}{Kg \text{ de } N} \right)$

Se aplica la Ecuación 3.10:

$$Emisiones \text{ de } N_2O = 395,46 \left( \frac{Kg \text{ de } N}{año} \right) * 0,005 \left( \frac{Kg \text{ de } N_2O - N}{Kg \text{ de } N} \right) * 44/28$$

$$Emisiones \text{ de } N_2O = 3,11 \left( \frac{Kg \text{ de } N_2O}{año} \right)$$

Las emisiones de óxido de nitrógeno  $N_2O$  para un período de cálculo de 25 años, para el Conjunto Habitacional La Toscana serán:

$$Emisiones \text{ de } N_2O = 3,11 \left( \frac{Kg \text{ de } N_2O}{año} \right) * 25 \text{ años}$$

$$Emisiones \text{ de } N_2O = 77,75 \text{ Kg de } N_2O$$

$$Emisiones \text{ de } N_2O = 0,78 \text{ Ton de } N_2O$$

### **3.3.3.2.2.3 Alternativa de reducción de emisiones**

Para mitigar las emisiones originadas por la descarga de aguas residuales domésticas, durante la etapa de operación del Conjunto Habitacional La Toscana, en el Anexo No. 7 se propone la aplicación de tratamiento aerobio, mediante el montaje de una planta paquete de tratamiento de aguas residuales.

### **3.3.3.2.3 Emisiones por la generación de desechos sólidos**

El cálculo de las emisiones de GEI producto de la generación de desechos sólidos, hace referencia a su eliminación en el relleno sanitario de la ciudad de Ambato. Para ello, se considera la cantidad de desechos sólidos municipales que se generarán en el Conjunto Habitacional La Toscana en un periodo de 25 años.

---

<sup>11</sup> Factor de emisión por defecto propuesto por el IPCC (2006) para aguas residuales domésticas.

### 3.3.3.2.3.1 Generación de desechos sólidos del Conjunto Habitacional La Toscana

Para estimar la cantidad de desechos sólidos a generarse en el Conjunto Habitacional La Toscana, para un período de 25 años, se empleó el Índice de generación de desechos sólidos municipales (valor por defecto para la región de América el Sur) de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, que corresponde a 0,26 toneladas/habitante\*año. “Sabido que con el desarrollo y el crecimiento urbano y comercial de la población los índices de producción de desechos sólidos municipales aumentan, se recomienda calcular la producción per cápita total para cada año, con un incremento de entre 0,5 y 1 % anual (Jaramillo, 2002 citado por Chérrez, 2011)”. Por lo mismo, en el presente trabajo se calculó un incremento del 0,5 % anual al índice de generación de desechos sólidos, considerando que la población permanece constante debido a que, la capacidad del Conjunto La Toscana no varía en el tiempo, manteniéndose constante en 108 personas.

**TABLA 3.16. PARÁMETROS PARA EL CÁLCULO DEL TOTAL DE DESECHOS SÓLIDOS A SER GENERADOS EN EL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA PARA UN PERÍODO DE 25 AÑOS**

<b>Índice de generación de desechos sólidos municipales-dato por defecto para la región de América el Sur (IPCC, 2006)</b>	0,26 Ton/persona*año
<b>Tasa de incremento anual del índice de generación de desechos sólidos municipales</b>	0,5 %
<b>Número de casas</b>	27 casa
<b>Número de personas por casa</b>	4 persona/casa
<b>Número total de personas del Conjunto Habitacional La Toscana</b>	108 personas
<b>Período de cálculo</b>	25 años

FUENTE: (IPCC, 2006; Jaramillo, 2002 citado por Chérrez, 2011).

**TABLA 3.17. CANTIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS A SER GENERADOS EN EL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA PARA UN PERÍODO DE 25 AÑOS**

<b>Año 0</b>	28,08 Ton/año
--------------	---------------

<b>Año 1</b>	29,48 Ton/año
<b>Año 2</b>	30,96 Ton/año
<b>Año 3</b>	32,51 Ton/año
<b>Año 4</b>	34,13 Ton/año
<b>Año 5</b>	35,84 Ton/año
<b>Año 6</b>	37,63 Ton/año
<b>Año 7</b>	39,51 Ton/año
<b>Año 8</b>	41,49 Ton/año
<b>Año 9</b>	43,56 Ton/año
<b>Año 10</b>	45,74 Ton/año
<b>Año 11</b>	48,03 Ton/año
<b>Año 12</b>	50,43 Ton/año
<b>Año 13</b>	52,95 Ton/año
<b>Año 14</b>	55,60 Ton/año
<b>Año 15</b>	58,38 Ton/año
<b>Año 16</b>	61,30 Ton/año
<b>Año 17</b>	64,36 Ton/año
<b>Año 18</b>	67,58 Ton/año
<b>Año 19</b>	70,96 Ton/año
<b>Año 20</b>	74,50 Ton/año
<b>Año 21</b>	78,23 Ton/año
<b>Año 22</b>	82,14 Ton/año
<b>Año 23</b>	86,25 Ton/año
<b>Año 24</b>	90,56 Ton/año
<b>Total estimado de desechos sólidos generados en el Conjunto Habitacional La Toscana para un periodo de 25 años</b>	1340,18 Toneladas
	1,34 Giga gramos

FUENTE: Conjunto La Toscana

#### **3.3.3.2.3.2 *Cálculo de emisiones***

Las emisiones de GEI asociadas a la disposición de los desechos sólidos municipales (DSM) en el relleno sanitario de Ambato, se calcularon utilizando los valores por defecto del IPCC (2006), sobre la composición de los desechos sólidos municipales para determinar las cantidades a generarse por cada tipo de desecho, en base a los valores establecidos para América del Sur, que se presentan en la tabla a continuación.

**TABLA 3.18. VALORES POR DEFECTO (IPCC, 2006) PARA AMÉRICA DEL SUR SOBRE LA COMPOSICIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS MUNICIPALES**

Tipo de desecho	Composición <sup>(1)</sup> (%)	Contenido de DOC <sup>(2)</sup> (%)	Fracción del DDOC que puede descomponerse <sup>(2)</sup> (%)	Factor de corrección de CH <sub>4</sub> <sup>(3)</sup>
Desechos de alimentos	44,9%	15%	0%	1
Papel/cartón	17,1%	40%	1%	1
Madera	4,7%	43%	0%	1
Textiles	2,6%	24%	20%	1
Caucho/cuero	0,7%	39%	20%	1
Plásticos	10,8%	0%	100%	1
Metal	2,9%	0%	0%	1
Vidrio	3,3%	0%	0%	1
Otro	13,0%	0%	100%	1

FUENTE: (IPCC, 2006).

(1) Composición de los DSM - valores regionales por defecto para América del Sur (IPCC, 2006).

(2) Valores por defecto para contenidos de materia seca, DOC, total de carbono y fracción de carbono fósil en varios componentes de DSM.

(3) Factor de corrección del metano (MCF) para la categoría gestionado anaeróbico, según la clasificación de los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS).

De acuerdo con lo indicado en la Tabla 3.17 el total estimado de desechos sólidos generados en el Conjunto Habitacional La Toscana para un periodo de 25 años, es igual a 1,34 Giga gramos, que al multiplicarse por la columna "Composición" de la Tabla 3.18, obtiene las cantidades de cada tipo de desecho, como se muestra en la Tabla 3.19.

**TABLA 3.19.** CANTIDAD DE DESECHOS A GENERARSE EN EL CONJUNTO LA TOSCANA DURANTE 25 AÑOS, POR TIPO DE DESECHO

Tipo de desecho	Peso (Gg)	Contenido de DOC <sup>(2)</sup> (Gg C / Gg)	Fracción del DDOC que puede descomponerse <sup>(2)</sup> (%)	Factor de corrección de CH <sub>4</sub> <sup>(3)</sup>
Desechos de alimentos	0,60	0,09	0,00%	1
Papel/cartón	0,23	0,09	0,09%	
Madera	0,06	0,03	0,00%	
Textiles	0,03	0,008	0,17%	
Caucho/cuero	0,01	0,004	0,07%	
Plásticos	0,14	0,00	0,00%	
Metal	0,04	0,00	0,00%	
Vidrio	0,04	0,00	0,00%	
Otro	0,17	0,00	0,00%	
<b>TOTAL</b>	<b>1,34</b>	<b>0,22</b>	<b>0,33%</b>	<b>1</b>

FUENTE: (IPCC, 2006).

(1) Datos sobre composición de los DSM - valores regionales por defecto.

(2) Valores por defecto para contenidos de materia seca, DOC, total de carbono y fracción de carbono fósil en varios componentes de DSM.

(3) Factor de corrección del metano (MCF) para la categoría gestionado anaeróbico, según la clasificación de los sitios de eliminación de desechos sólidos (SEDS).

A partir de estos datos, se obtuvo la masa de carbono orgánico degradable disuelto (Decomposable Degradable Organic Carbon o DDOC por sus siglas en inglés), el cual corresponde a la cantidad del carbono orgánico que se degrada en condiciones anaeróbicas en el sitio de eliminación de desechos sólidos (el relleno sanitario de la ciudad de Ambato, que es un relleno gestionado, donde se da la digestión anaeróbica de los desechos allí depositados) y que se calcula mediante la siguiente ecuación (IPCC, 2006):

$$DDOC_m = W \times DOC \times DOC_f \times MCF$$

Ecuación 3.11

Donde:

$DDOC_m$	Masa del DDOC depositado (en Giga gramos de carbono (Gg C))
$W$	Masa de los desechos depositados (en Gigagramos (Gg))
$DOC$	Carbono orgánico degradable durante el tiempo de deposición (en Gigagramos de carbono, sobre Gigagramos de desechos depositados (Gg C / Gg))
$DOC_f$	Fracción del DDOC que puede descomponerse (expresado en porcentaje (%))
$MCF$	Factor de corrección del metano (CH <sub>4</sub> ) para la descomposición aeróbica durante el tiempo de deposición de los desechos en el relleno sanitario (adimensional).

Al reemplazar en la Ecuación 3.11 los datos de la Tabla 3.19 se determinó que la masa de carbono orgánico degradable disuelto (Decomposable Degradable Organic Carbon o DDOC por sus siglas en inglés) a generarse en el relleno sanitario de la ciudad de Ambato, para un periodo de 25 años, producto de los desechos sólidos municipales producidos por las familias del Conjunto Habitacional La Toscana, es igual a 0,000984 Gg de carbono:

$$DDOC_m = (1,34 \text{ Gg DSM}) \times \left(0,32 \frac{\text{Gg C}}{\text{Gg DSM}}\right) \times 0,33 \times 1$$

$$DDOC_m = 0,000984 \text{ Gg C}$$

“El potencial de generación de CH<sub>4</sub> ( $L_o$ ), que corresponde a la masa de CH<sub>4</sub> generado, es igual al producto de la masa de carbono orgánico degradable disuelto ( $DDOC_m$ ), por la concentración de CH<sub>4</sub> en el gas (F) y por el cociente del peso molecular del CH<sub>4</sub> y el carbono (C) (IPCC, 2006)”, como se indica a continuación en la Ecuación 3.12.

$$L_o = DDOC_m \times F \times 16/12$$

Ecuación 3.12

Donde:

$L_o$	potencial de generación de CH <sub>4</sub> , (Gg de CH <sub>4</sub> ).
$DDOC_m$	masa del DOC disuelto depositado (Gg).
F	fracción de CH <sub>4</sub> en el gas de vertedero generado (fracción de volumen).
16/12	cociente de pesos moleculares CH <sub>4</sub> /C.

“En los SEDS (sitios de eliminación de desechos sólidos), la mayor parte de los desechos generan un gas con aproximadamente 50 por ciento de CH<sub>4</sub>, los materiales que incluyen cantidades sustanciales de grasa o aceite pueden generar gas con mucho más del 50 por ciento de CH<sub>4</sub>; por lo tanto, se emplea el valor de 0,5 por defecto del IPCC para la fracción de CH<sub>4</sub> en el gas de vertedero generado (IPCC, 2006)”. Al reemplazar en la ecuación 3.12 todos los valores, se determina que la cantidad de CH<sub>4</sub> generado es de 0,000656 Gg de CH<sub>4</sub>, o  $6,56 \times 10^{-7}$  Ton de CH<sub>4</sub>.

$$L_o = 0,000984 \text{ Gg C} \times 0,5 \times \frac{16}{12}$$

$$L_o = 0,000656 \text{ Gg de CH}_4$$

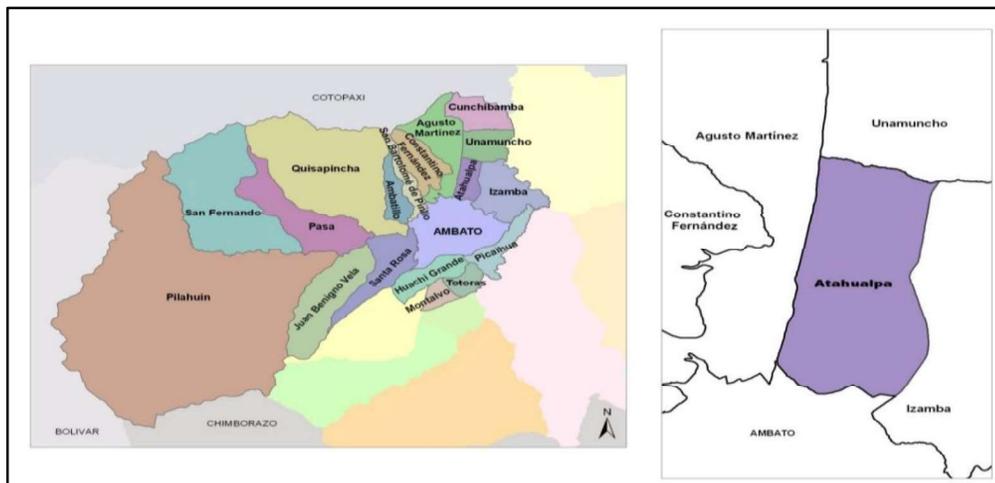
$$L_o = 6,56 \times 10^{-7} \text{ Ton de CH}_4$$

#### **3.3.3.2.3.3 Alternativa de reducción de emisiones**

Para reducir las emisiones originadas por la generación de desechos sólidos, durante la etapa de operación del Conjunto Habitacional La Toscana, en el Anexo No. 11 se propone la aplicación de un programa de reciclaje.

#### **3.3.3.2.4 Emisiones de fuentes móviles**

El Conjunto Habitacional La Toscana se encuentra ubicado en la Parroquia Atahualpa (ver numeral 3.1), que es una parroquia que se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Ambato, adyacente a la misma, como se muestra en la Figura 3.2.

**FIGURA 3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA PARROQUIA ATAHUALPA**

FUENTE: PDOT de la Parroquia Atahualpa, 2011

El Conjunto La Toscana cuenta con 27 viviendas, cada una de ellas tiene un espacio de parqueadero. Para desarrollar el presente modelo, se parte de las siguientes afirmaciones:

- Cada familia del Conjunto La Toscana es propietaria de un vehículo automotor.
- Cada vehículo realiza dos viajes diarios: uno de ida hacia Ambato, y uno de regreso desde Ambato hasta Atahualpa.
- Se tomará en cuenta los cinco días laborables de la semana (lunes a viernes). No se tomará en cuenta el fin de semana.
- Se realizará el cálculo para un período de 25 años.

#### **3.3.3.2.4.1 Emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por la utilización de automotores**

##### **3.3.3.2.4.1.1 Dato de actividad (DA)**

El dato de actividad que se emplea en el presente cálculo es la cantidad de combustible consumido, para ello es necesario determinar la distancia recorrida por los vehículos durante el trayecto Atahualpa-Ambato.

Para poder conocer la distancia que recorren los automóviles entre Atahualpa y Ambato, y viceversa, se consultó la herramienta Google Maps.

- Viaje de ida: Atahualpa-Ambato

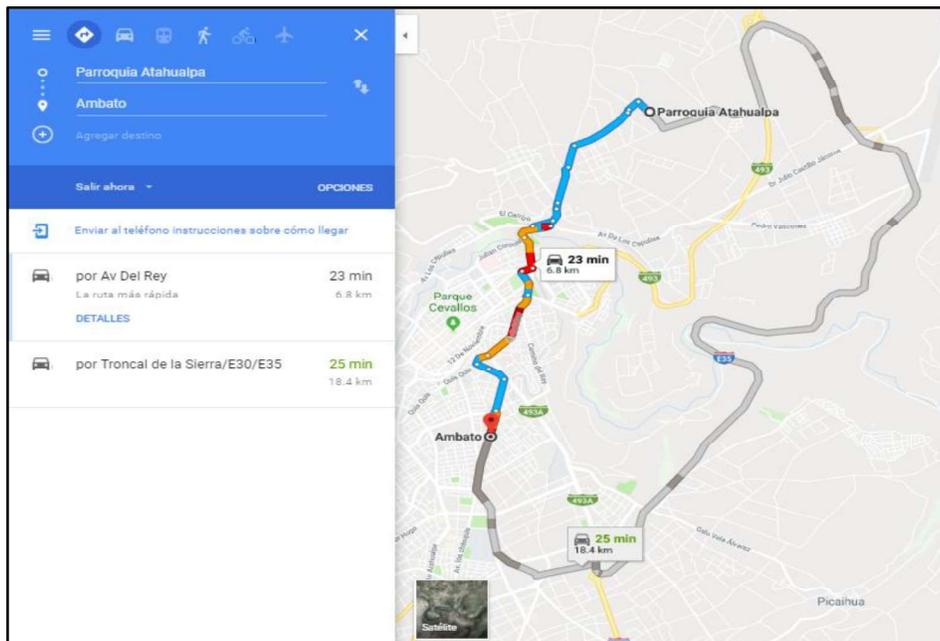
En la Figura 3.3 se muestra que existen dos rutas posibles para llegar desde Atahualpa hasta Ambato. De estas dos rutas, se tomó el peor escenario, con respecto a la variable *distancia recorrida*, que corresponde a la ruta **por Troncal de la Sierra**, que recorre un total de 18,4 Km.

- Viaje de regreso: Ambato-Atahualpa

En la Figura 3.4 se muestra que existen tres rutas posibles para llegar desde Ambato a Atahualpa. De estas tres rutas, como se hizo con el recorrido anterior, se tomó el peor escenario, con respecto a la variable *distancia recorrida*, que corresponde a la ruta **por Indoamérica**, la cual recorre un total de 10,4 Km.

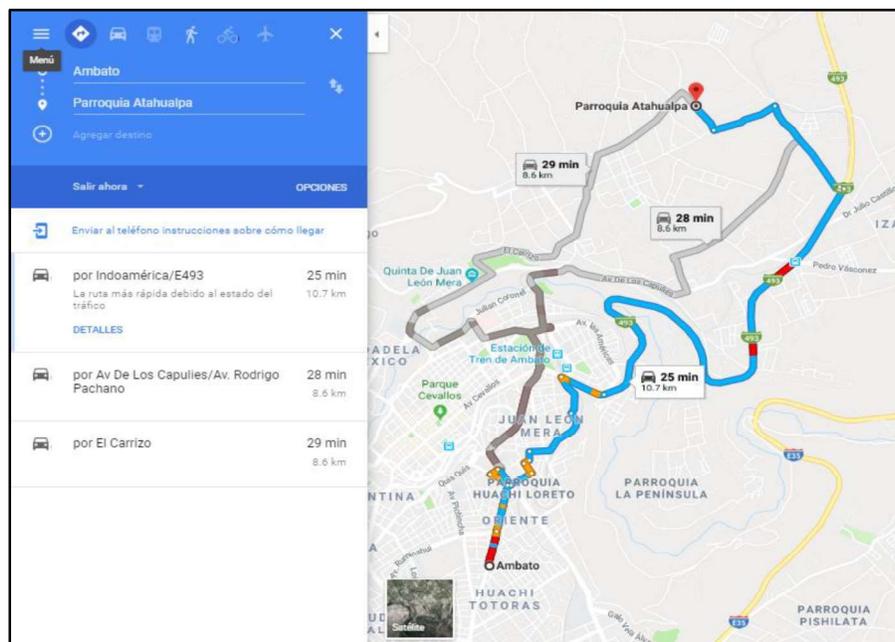
Adicionalmente, se obtuvo el promedio de consumo de gasolina de los modelos de vehículos familiares que circulan mayormente en el Ecuador (patiodeautos.com, 2017), y en concordancia con el nivel de estratificación socioeconómica de las familias del Conjunto La Toscana (ver numeral 3.1.1.1), como se muestra en la Tabla 3.20.

**FIGURA 3.3. DISTANCIA RECORRIDA ATAHUALPA – AMBATO**



FUENTE: Google Maps, 2017

**FIGURA 3.4. DISTANCIA RECORRIDA AMBATO - ATAHUALPA**



FUENTE: Google Maps, 2017

**TABLA 3.20. PROMEDIO DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE**

Modelo	Consumo combinado (urbano y carretera)	Unidad
Chevrolet Aveo	6,60	L/100 Km
Grand Vitara	9,10	L/100 Km
Kia Sportage	8,43	L/100 Km
Hyundai Tucson	8,14	L/100 Km
<b>PROMEDIO</b>	<b>8,07</b>	<b>L/100 Km</b>
	<b>0,0807</b>	<b>L/Km</b>

FUENTE: carerac.com, 2017; www.auto-data.net, 2017; patiodeautos.com, 2017.

Con los datos obtenidos, a continuación, se calcula el dato de actividad (DA):

$$DA = \text{No. Automóviles} * [\text{Consumo gasolina (Distancia ida + Distancia regreso)}]$$

Ecuación 3. 11

Donde:

DA= Dato de actividad

No. Automóviles = 27

Distancia ida = 18,4 Km

Distancia regreso = 10,4 Km

Consumo = 0,0807 L gasolina/Km

$$DA = 27 * \left[ 0,0807 \frac{L}{Km} * \left( 18,4 \frac{Km}{día} + 10,4 \frac{Km}{día} \right) \right]$$

$$DA = 62,7 \frac{L \text{ gasolina}}{día}$$

Para un período de 25 años:

$$DA = \left( 62,7 \frac{L \text{ gasolina}}{día} \right) * \left( 250 \frac{días \text{ laborables}}{año} \right) * 25 \text{ años} = 392.080,5 L \text{ gasolina}$$

$$DA = 392.080,5 \text{ L gasolina}$$

#### **3.3.3.2.4.1.2 Factor de emisión (FE)**

Para el presente cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>, se utilizará el factor de emisión por defecto de la gasolina para motores del documento de Directrices del IPCC, 2006: 69 300 Kg de CO<sub>2</sub>/TJ.

#### **3.3.3.2.4.1.3 Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>**

Para el presente cálculo se empleará la siguiente ecuación:

$$Emisiones \text{ CO}_2 = (DA) * (FE) * (\text{Poder calorífico neto gasolina})$$

Ecuación 3. 12

Donde:

$$DA = 392.080,5 \text{ L gasolina}$$

$$FE = 69300 \text{ Kg de CO}_2/\text{TJ}$$

$$\text{Poder calorífico neto gasolina} = 3,22164 \times 10^{-5} \frac{\text{TJ}}{\text{L}}$$

$$Emisiones \text{ CO}_2 = (392.080,5 \text{ L gasolina}) * \left(69300 \frac{\text{Kg de CO}_2}{\text{TJ}}\right) * \left(3,22164 \times 10^{-5} \frac{\text{TJ}}{\text{L}}\right)$$

$$Emisiones \text{ CO}_2 = 875.357,8 \text{ Kg de CO}_2$$

$$Emisiones \text{ CO}_2 = 875,36 \text{ Ton de CO}_2$$

#### **3.3.3.2.4.2 Alternativa de reducción de emisiones**

Para reducir las emisiones originadas por de la utilización de automotores por parte de las familias del Conjunto Habitacional La Toscana, en el Anexo No. 12 se propone un sistema de Pico y Placa entre vecinos, el cual adicionalmente conlleva un aspecto de relacionamiento social.

### 3.3.4 ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE

La metodología para el análisis de incertidumbre se detalla en el numeral 2.3.3.2 del presente trabajo; el mismo corresponde a un análisis cualitativo, en el cual, en concordancia con la fiabilidad de las fuentes de origen de los datos empleados para los cálculos de emisiones, se proporciona una calificación a cada uno, como se muestra en la Tabla 3.21.

**TABLA 3.21.** CALIFICACIONES DE LOS DATOS PARA EL ANÁLISIS CUALITATIVO DE LA INCERTIDUMBRE

<b>A</b>	Calidad muy alta, la estimación es muy fiable.
<b>B</b>	Calidad alta, la estimación es fiable pero se puede tomar acciones para mejorarla.
<b>C</b>	Calidad media, la estimación es medianamente fiable.
<b>D</b>	Calidad baja, la estimación es poco fiable, se recomienda mejorarla.
<b>E</b>	Calidad muy baja, la estimación es muy poco fiable.

FUENTE: (USEPA, 2004 citado por MAE, 2014)

En la matriz a continuación, se presenta el análisis realizado para los valores de emisiones obtenidos a lo largo del presente trabajo.

**TABLA 3.22. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRE DE LAS ESTIMACIONES DE EMISIONES REALIZADAS**

<b>Etapas</b>	<b>Fuente de Emisiones</b>	<b>CO<sub>2</sub> (Ton)</b>	<b>CH<sub>4</sub> (Ton)</b>	<b>N<sub>2</sub>O (Ton)</b>	<b>Actividad</b>	<b>Factor de Emisión</b>	<b>Estimación</b>
Construcción	<b>Alcance 1*</b> Combustibles	4,87	-	-	B	C	B
	<b>Alcance 2**</b> Electricidad	8,35	-	-	A	B	A
	<b>Alcance 3***</b> Cemento	453,3	-	-	B	C	B
	<b>Alcance 3***</b> Acero en varillas	130,05	-	-	B	C	B
Operación (25 años)	Electricidad	1'451.472,7	-	-	C	C	C
	Agua potable	-	2,37	0,78	C	C	C
	Desechos sólidos	-	$6,56 \times 10^{-7}$	-	C	C	C
	Fuentes Móviles	875,36	-	-	D	C	C

\*Alcance 1 corresponde a las emisiones directas que se generaron bajo el control de la Compañía constructora durante la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana.

\*\*Alcance 2 incluye las emisiones indirectas correspondientes a la generación de electricidad adquirida y consumida por la Compañía constructora para la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana.

\*\*\*Alcance 3 incluye el resto de emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que no son propiedad o no están controladas por la misma, como las emisiones de la producción de materiales adquiridos.

FUENTE: (USEPA, 2004 citado por MAE, 2014).

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 INVENTARIO DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

Dentro del presente trabajo se realizó la estimación del inventario de emisiones de CO<sub>2</sub> de la construcción del Conjunto Habitacional la Toscana, mediante la aplicación de la metodología propuesta por el Protocolo GEI (2005), a través de la cual se determinaron los límites operacionales que permitieron definir las fuentes de emisiones directas e indirectas dentro del análisis realizado.

Habiéndose determinado un enfoque de control operacional, en el cual, “la empresa contabiliza aquellas emisiones atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce control (WBCSD et. al., 2005)”, se procedió a determinar las fuentes de emisiones del proceso de construcción del Conjunto La Toscana, y a organizar la información de acuerdo a los alcances correspondientes (Alcance 1, 2 y 3<sup>12</sup>). En la Tabla 4.1 se muestra el inventario de emisiones de CO<sub>2</sub> de la etapa de construcción del Conjunto Habitacional la Toscana. Se obtuvo un total de emisiones que alcanzó los 596,57 Ton de CO<sub>2</sub>.

**TABLA 4.1. INVENTARIO DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> DE LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

<b>Alcance</b>	<b>Fuente de Emisiones</b>	<b>CO<sub>2</sub> (Ton)</b>
Alcance 1	Combustibles fósiles	4,87
Alcance 2	Electricidad	8,35
Alcance 3	Cemento	453,3
	Acero en varillas	130,05
<b>Total</b>		<b>596,57</b>

FUENTE: Conjunto Habitacional La Toscana

<sup>12</sup> **Alcance 1** corresponde a las emisiones directas que se generaron bajo el control de la Compañía constructora durante la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana.

**Alcance 2** incluye las emisiones indirectas correspondientes a la generación de electricidad adquirida y consumida por la Compañía constructora para la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana.

**Alcance 3** incluye el resto de emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que no son propiedad o no están controladas por la misma, como las emisiones de la producción de materiales adquiridos.

Como se observa en la Tabla 4.1, la mayor concentración de emisiones corresponde a las fuentes circunscritas en el Alcance 3, es decir, son las emisiones originadas en la producción de los materiales adquiridos.

De forma adicional, se desarrolló el cálculo de emisiones de los siguientes gases de efecto invernadero (GEI): CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, que potencialmente se generarán durante la etapa de operación (habitabilidad) del Conjunto Habitacional La Toscana, durante un período de 25 años. Para ello, se recurrió, como lo indica el Protocolo GEI, a las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Las emisiones de GEI producto de la etapa de operación, corresponden al Alcance 3, y se muestran en la Tabla 4.2.

**TABLA 4.2.** INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI DE LA ETAPA DE OPERACIÓN (25 AÑOS) DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA

Alcance	Fuente de Emisiones	CO <sub>2</sub> (Ton)	CH <sub>4</sub> (Ton)	N <sub>2</sub> O (Ton)
Alcance 3	Electricidad	1451472,7	-	-
	Agua potable	-	2,37	0,78
	Desechos sólidos	-	$6,56 \times 10^{-7}$	-
	Fuentes Móviles	875,36	-	-
<b>Total</b>		<b>1'452.348,06</b>	<b>2,37</b>	<b>0,78</b>

FUENTE: Conjunto Habitacional La Toscana

Las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) procedentes de las aguas residuales domésticas, así como del relleno sanitario, no se consideran dentro del total de emisiones, porque son de origen biogénico. El CO<sub>2</sub> biogénico es el que resulta de la actividad de organismos vivos, y no es considerado un gas de efecto invernadero (GEI) al provenir de carbono que estuvo en la atmósfera en un pasado reciente.

Mediante el análisis de la incertidumbre que se presenta en el numeral 3.3.4, se evaluó la fiabilidad de las fuentes de obtención de los datos empleados para los cálculos de emisiones. En los Anexos de este trabajo se detallan alternativas para la reducción de las emisiones de GEI que potencialmente se generarán durante la

etapa de operación (habitabilidad) del Conjunto Habitacional La Toscana, durante un período de 25 años.

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Mediante la aplicación de la metodología establecida por el Protocolo GEI (2005), se determinaron los límites del inventario de emisiones a desarrollarse, definiéndose un enfoque de control operacional, dentro del cual la empresa contabiliza las emisiones atribuibles a las operaciones sobre las cuales ejerce control.
- Para el desarrollo del inventario de emisiones, se identificaron las fuentes de emisiones directas, e indirectas, y se les asignó un alcance según corresponda (Alcance 1, 2 y 3<sup>13</sup>). Dentro del Alcance 3, se distinguieron las emisiones correspondientes a la etapa de construcción del Conjunto Habitacional La Toscana, y las emisiones correspondientes a la etapa de operación (habitabilidad).
- Las emisiones del Alcance 1 se calcularon a partir del dato de consumo de combustible empleado para la operación de maquinaria con motores de combustión interna (concreteras) durante la etapa de construcción. Las emisiones estimadas alcanzaron las 4,87 toneladas de CO<sub>2</sub>. En el análisis de incertidumbre desarrollado, se obtuvo que la estimación de emisiones del Alcance 1 fue de calidad alta, pero con la posibilidad de tomar acciones para mejorarla, por ejemplo, mediante la obtención de un factor de emisión específico en lugar de uno genérico.
  - Las emisiones del Alcance 2, se determinaron de acuerdo al consumo de electricidad evidenciado durante la etapa de construcción, y alcanzaron las

---

<sup>13</sup> **Alcance 1** corresponde a las emisiones directas que se generaron bajo el control de la Compañía constructora durante la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana.

**Alcance 2** incluye las emisiones indirectas correspondientes a la generación de electricidad adquirida y consumida por la Compañía constructora para la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana.

**Alcance 3** incluye el resto de emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que no son propiedad o no están controladas por la misma, como las emisiones de la producción de materiales adquiridos.

- 8,35 toneladas de CO<sub>2</sub>. En el análisis de la incertidumbre, se definió que la estimación de emisiones del Alcance 2 fue una estimación muy fiable.
- Las emisiones del Alcance 3 determinadas para la etapa de construcción, correspondientes a la producción del cemento utilizado, fueron de 453,3 toneladas de CO<sub>2</sub>. El análisis de incertidumbre de esta estimación indicó que es fiable, pero con la posibilidad de tomar acciones para mejorarla, mediante la utilización de un factor de emisión específico, en lugar de uno genérico.
- Las emisiones totales estimadas referentes a la producción de las varillas de acero, que se emplearon en la construcción del proyecto alcanzaron las 130,05 toneladas de CO<sub>2</sub>. Al igual que en el caso anterior, mediante el análisis de la incertidumbre, se observó que la estimación fue fiable, pero con la posibilidad de tomar acciones para mejorarla, mediante la obtención de un factor de emisión específico en lugar de uno genérico.
- Se observó que la mayor concentración de emisiones, para la etapa de construcción, fue aquella referente a la producción del cemento empleado, con un total de 453,3 toneladas de CO<sub>2</sub>.
- Dentro del cálculo de emisiones del Alcance 3, se realizaron las estimaciones de las emisiones que potencialmente se generarían durante la etapa de operación (habitabilidad) del proyecto, para un período de 25 años, como consecuencia del consumo de electricidad, la generación de desechos sólidos, la generación de aguas residuales domésticas y la utilización de fuentes móviles (vehículos).
- Las emisiones producto del consumo de electricidad, para un período de 25 años, se estimó que alcanzarían un total de 1'451.472,70 toneladas de CO<sub>2</sub>. El análisis de la incertidumbre de la estimación realizada indicó que dicho dato es medianamente fiable. En el Anexo No. 6 se propuso la instalación de un Sistema Fotovoltaico conectado a la Red Eléctrica, para la reducción de dichas emisiones.
- La estimación de las emisiones producto del consumo de agua potable, y consiguiente generación de aguas residuales domésticas, para un período de 25 años, alcanzó un total de 2,37 toneladas de CH<sub>4</sub> y 0,78 toneladas de

N<sub>2</sub>O. La generación de CO<sub>2</sub> de las aguas residuales domésticas no se considera un GEI, por ser biogénico<sup>14</sup>. El análisis de la incertidumbre de estas estimaciones indicó que son medianamente fiables. En el Anexo No. 9 se propuso el montaje de una planta paquete de tratamiento de aguas residuales domésticas, para la reducción las emisiones producto del consumo de agua potable, y consiguiente generación de aguas residuales domésticas.

- Las emisiones de CH<sub>4</sub> estimadas para la producción de residuos sólidos municipales, para un período de 25 años, se calculó que alcanzarían unas  $6,56 \times 10^{-7}$  toneladas. Para el caso de las emisiones generadas por la producción de residuos sólidos municipales, se consideró que dichos residuos son gestionados en el relleno sanitario de la ciudad de Ambato, donde el CO<sub>2</sub> que se genera es biogénico, por lo tanto, no es considerado un GEI. El análisis de la incertidumbre de esta estimación de emisiones indicó que es medianamente fiable. En el Anexo No. 11 se propone la aplicación de un programa de reciclaje para la reducción de las emisiones de GEI producto de la generación de residuos sólidos municipales.
- La estimación de emisiones debido a la utilización de fuentes móviles (vehículos), durante un período de 25 años, indicó que se generarían unas 875,36 toneladas de CO<sub>2</sub>. El análisis de la incertidumbre de esta estimación de emisiones indicó que es medianamente fiable. En el Anexo No. 12 se propone el establecimiento de un sistema de pico y placa de vecinos para la reducción de estas emisiones.
- Para la generación de un relacionamiento comunitario sustentable, en el Anexo No. 13 se propone la participación de los vecinos que habitan en Conjunto La Toscana, en el equipo de fútbol barrial del área de influencia del proyecto.
- Se observó que la mayor concentración estimada de emisiones, para la etapa de operación (habitabilidad) del Conjunto Habitacional La Toscana,

---

<sup>14</sup> CO<sub>2</sub> biogénico es el que resulta de la actividad de organismos vivos, y no es considerado un gas de efecto invernadero (GEI) al provenir de carbono que estaba en la atmósfera en un pasado reciente.

para un período de 25 años, fue aquella referente al consumo de electricidad con un total de 1'451.472,70 toneladas de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, la alternativa de la instalación de un Sistema Fotovoltaico conectado a la Red, que se propuso en el Anexo No. 6, después del análisis financiero del mismo, resultó ser no factible, debido al alto costo de instalación que implica, en contraste con el bajo costo de la electricidad que se consume en el Ecuador.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se recomienda la aplicación de la metodología utilizada para el desarrollo del presente trabajo para la elaboración de inventarios de GEI de fuentes de emisiones más extensas como de ciudades o de países.
- La metodología del protocolo GEI se recomienda para la determinación de los límites de los inventarios de emisiones de empresas, y de proyectos.
- Se recomienda el desarrollo de proyectos habitacionales que involucren la generación de energía eléctrica mediante Sistemas Solares Fotovoltaicos, para la reducción de las emisiones que implican el consumo de energía eléctrica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, M., Foroughbakhch, R., Jurado, E. & Rocha, A. (2002). *El cambio climático y la fenología de las plantas. Ciencia UANL*, 5 (4), 493-500. Recuperado de: [http://eprints.uanl.mx/934/1/cambio\\_climatico.pdf](http://eprints.uanl.mx/934/1/cambio_climatico.pdf)
- Arena, A.P., Correa, E.N. & de Rosa, C. (2002). *Perfil Ambiental del Cemento Pórtland producido en la región oeste Argentina, según la metodología del IPCC. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 6 (1), 47-52. Recuperado de: <http://www.cricyt.edu.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2002/2002-t001-a009.pdf>
- BBC Mundo. (2017a, 01, 06). *4 claves para entender la importancia del Acuerdo de París sobre el cambio climático del que Donald Trump acaba de retirar a EE.UU. BBC Mundo. Recuperado de: http://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-40113224*
- BBC Mundo, (2017b, 01, 06). *Donald Trump anuncia que Estados Unidos abandonará el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático. BBC Mundo. Recuperado de: http://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-40124921*
- Benjamín, J. & Masera, O. (2001). *Captura de Carbono ante el Cambio Climático. Madera y Bosques*, 7(1), 3-12. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/html/617/61770102/>
- Centro de Análisis de Información sobre Dióxido de Carbono, División de Ciencias Ambientales del Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Tennessee, Estados Unidos). Banco Mundial (2017). *Emisiones de CO<sub>2</sub> (Kt). Recuperado de https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.KT?end=2014&name\_desc=false&start=1960&view=chart*

Chargoy, J.P., Rosas, L.A. & Téllez, D. R. (2009). *Generación de inventarios para el Análisis de Ciclo de Vida de cemento, block, bovedilla, vigueta y ladrillo en la zona centro de México*. Universidad de las Américas Puebla, Puebla, México. Recuperado de: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lamb/chargoy\\_a\\_jp/](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lamb/chargoy_a_jp/)

Chérrez Gavilánez, D.S. (2011). *Los desechos sólidos y su incidencia en el medio ambiente del Cantón Cevallos provincia de Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Código Orgánico del Ambiente. (2017, 04, 12). *Registro Oficial*. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://www.eltelegrafo.com.ec/especiales/Documentos/Codigodelambiente.pdf>

Consejo de la Unión Europea (CUE). (2017). *Acuerdo de París sobre el cambio climático*. Recuperado de: <http://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/timeline/>

Consejo de la Unión Europea (CUE). (2016). *Lucha contra el cambio climático*. Recuperado de: <http://www.consilium.europa.eu/es/policies/climate-change/international-agreements-climate-action/>

Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sustentable (WBCSD, siglas en inglés), Instituto de Recursos Mundiales (WRI, siglas en inglés) & Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México (SEMARNAT). (2012). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero*. Recuperado de: <http://www.ghgprotocol.org/>

Constitución de la República del Ecuador. (2008). Montecristi, Ecuador.

*Construmática.com. (2017). Clíinker. Recuperado de: <http://www.construmatica.com/construpedia/Clinker>*

*Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). (1992). Río de Janeiro, Brasil.*

*Domoterra. (2016, 16, 97). La huella de carbono y los proyectos de construcción. Recuperado de: <http://www.domoterra.es/blog/2016/07/16/la-huella-de-carbono/>*

*Ekos. (2015, 02, 09). La industria en el Ecuador. Recuperado de: <http://www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=6442>*

*Ekos. (2012, 01, 10). Mitigación de la Huella de Carbono. Recuperado de: <http://www.ekosnegocios.com/negocios/verArticuloContenido.aspx?idArt=923>*

*Escosa González J. I., Germán Bes L. A., Navarro Berrozpe, J. M. & Mariñosa Rodríguez R. (2015). Guía técnica para la utilización de la energía solar fotovoltaica en instalaciones de abastecimiento de agua potable. Instituto Aragonés del Agua. Zaragoza, España. Recuperado de: [https://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Organismos/InstitutoAragonesAgua/Documentos/Areas\\_Tematicas/02\\_Abastecimiento\\_Agua\\_Potable/FotovoltaicaIAA.pdf](https://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Organismos/InstitutoAragonesAgua/Documentos/Areas_Tematicas/02_Abastecimiento_Agua_Potable/FotovoltaicaIAA.pdf)*

*Flores Sánchez X. E. (2007). Instalaciones eléctricas y telefónicas en edificios. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.*

*Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Ambato. (2015, 04, 25). Reforma y Codificación a la Ordenanza para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental Ocasionada por las Actividades*

*Agroindustriales, Artesanales, Domésticas y de Servicios en el Cantón Ambato. Ambato, Ecuador. Recuperado de: <http://gadmatic.ambato.gob.ec/infoambato/ordenanzas.php>.*

*GreenFacts.org (2017). Antropogénico. Recuperado de: <https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/antropogenico.htm>*

*Güereca, L. (2012). Evaluación comparativa de los impactos ambientales de la producción de clínker con combustible fósil frente a combustible derivado de los residuos municipales. Instituto de Ingeniería UNAM. Recuperado de: <http://www.iingen.unam.mx/es-mx/BancoDeInformacion/BancodeImágenes/Documents/ProduccionClinke r.pdf>*

*Hawkins, E. (2017, 01, 25). Defining “pre-industrial”. Climate Lab Book. Recuperado de: <https://www.climate-lab-book.ac.uk/2017/defining-pre-industrial/>*

*Haro, L. & Oscullo J. (2014). Factor Anual de Emisión de CO<sub>2</sub> Producido por el Parque Generador del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador, Mediante la Aplicación de la Metodología de la Convención Marco Sobre el Cambio Climático UNFCCC, para el Periodo 2009-2014, 37(1), 1-7.*

*INEC. (2011). Encuesta de Estratificación del Nivel Socioeconómico NSE 2011- Presentación agragada. Recuperado de: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-estratificacion-del-nivel-socioeconomico/>*

*IPCC. 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Recuperado de: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>*

- Jara, M. P. (2015). *Comparación de la Huella de Carbono en la construcción de edificaciones de hormigón armado y madera sólida contralaminada*. Universidad del Bio-Bio. Concepción, Chile.
- Jaramillo, A. (2017, 29, 07). *Ecuador ratifica el acuerdo de París*. *El Comercio*. Recuperado de: <http://www.elcomercio.com/tendencias/leninmoreno-ecuador-ratifica-acuerdo-paris.html>
- Le Treut, H., R. Somerville, U. Cubasch, Y. Ding, C. Mauritzen, A. Mokssit, T. Peterson and M. Prather, 2007: *Historical Overview of Climate Change*. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Recuperado de: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter1.pdf>.
- Liébana, O., Pulido, M. D. G. & Gómez-Hermoso, J. (2015). *Análisis de emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de forjados planos in situ de hormigón en comportamiento unidireccional*. *Informes de la Construcción*, 67 (539), 1-11. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.029>
- Lissandry, G. (2017, 02, 06). *¿Efecto dominó?: qué consecuencias puede tener la decisión de Donald Trump de retirar a Estados Unidos del acuerdo climático de París*. *BBC Mundo*. Recuperado de: <http://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-40128346>
- Mercader, M. P. (2010). *Cuantificación de los recursos consumidos y emisiones de CO<sub>2</sub> producidas en las construcciones de Andalucía y sus implicaciones en el protocolo de Kioto*. Universidad de Sevilla. España. Recuperado de: <http://fondosdigitales.us.es/tesis/tesis/1256/cuantificacion->

*de-los-recursos-consumidos-y-emisiones-de-co2-producidas-en-las-construcciones-de-andalucia-y-sus-implicaciones-en-el-protocolo-de-kioto/*

*Ministerio del Ambiente (MAE), Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), Corporación Centro Nacional de Energía (CENACE) & Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC). (2013). Factor de Emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema Nacional Interconectado del Ecuador. Quito, Ecuador.*

*Mundo Constructor. (2016, 20, 04). El sector de la construcción en un difícil 2016. Recuperado de: <http://www.mundoconstructor.com.ec/construccion/comercial/544-el-sector-de-la-construccion-en-un-difil-2016.html>*

*Prado-Carpio, E. & Armijos, C. J. (2017). Intensidad energética del Ecuador y estimación de la huella de carbono. Universidad y Sociedad, 9(2), 232-236. Recuperado de: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/572/635>*

*Ramírez, A. (2002). La construcción sostenible. Física y sociedad, 13, 30-33. Recuperado de: [https://www.cofis.es/pdf/fys/fys13/fys13\\_30-33.pdf](https://www.cofis.es/pdf/fys/fys13/fys13_30-33.pdf)*

*Robalino Peñaloza, D. A. (2017). Diseño y simulación de un sistema fotovoltaico para la obtención de una certificación LEED en la categoría de energía y atmósfera para la empresa Solinfra de la ciudad de Quito. Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador.*

*Santillán, P. A. (2014). Determinación de la huella de carbono bajo las consideraciones de la Norma ISO 14064 en el área de acería de la empresa metalúrgica ecuatoriana Adelca C.A. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador.*

- Sistema Único de Información Ambiental del Ministerio del Ambiente. (2014). Guía de Buenas Prácticas Ambientales para el Sector de la Construcción Menor o Igual a Veinte Mil Metros. Quito, Ecuador. Recuperado de: [http://suia.ambiente.gob.ec/documentos?\\_20\\_folderId=185866&\\_20\\_displayStyle=list&\\_20\\_viewEntries=0&\\_20\\_viewFolders=0&\\_20\\_struts\\_action=%2Fdocument\\_library%2Fview&\\_20\\_action=browseFolder&\\_20\\_entryEnd=40&\\_20\\_folderEnd=20&\\_20\\_expandFolder=0&\\_20\\_entryStart=20&\\_20\\_folderStart=0&p\\_p\\_id=20&p\\_p\\_lifecycle=0&\\_20\\_viewEntriesPage=1](http://suia.ambiente.gob.ec/documentos?_20_folderId=185866&_20_displayStyle=list&_20_viewEntries=0&_20_viewFolders=0&_20_struts_action=%2Fdocument_library%2Fview&_20_action=browseFolder&_20_entryEnd=40&_20_folderEnd=20&_20_expandFolder=0&_20_entryStart=20&_20_folderStart=0&p_p_id=20&p_p_lifecycle=0&_20_viewEntriesPage=1)*
- United Nations Framework Convention on Climate Change-portal en español (UNFCCC-portal en español). (2014). Historia de la CMNUCC. Recuperado de: [http://unfccc.int/portal\\_espanol/informacion\\_basica/la\\_convencion/historia/items/6197.php](http://unfccc.int/portal_espanol/informacion_basica/la_convencion/historia/items/6197.php).*
- Urgilés, J. S. (2017). Propuesta metodológica para la obtención del inventario de emisiones de fuentes móviles terrestres en la ciudad de Cuenca. Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.*
- World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), World Resources Institute (WRI), Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-México (SEMARNAT). 2005. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Recuperado de: <http://www.ghgprotocol.org/> Conesa Fdez. V. (2003). [http://centro.paot.mx/documentos/varios/guia\\_metodologica\\_impacto\\_ambiental.pdf](http://centro.paot.mx/documentos/varios/guia_metodologica_impacto_ambiental.pdf)*

## **ANEXOS**

**ANEXO No. 1**  
**REGISTRO DE ADQUISICIÓN DE COMBUSTIBLES PARA LA**  
**CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

<b>Registro de Adquisiciones de Combustibles para la Construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Combustible</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
24/1/2013	Gasolina extra	galones	5,75
25/1/2013	Diésel	galones	7,76
30/1/2013	Gasolina extra	galones	5,75
26/2/2013	Gasolina extra	galones	5,75
21/3/2013	Gasolina extra	galones	5,41
28/3/2013	Gasolina extra	galones	5,73
5/3/2013	Gasolina extra	galones	5,75
12/3/2013	Gasolina extra	galones	5,75
15/3/2013	Gasolina extra	galones	3,37
8/4/2013	Gasolina extra	galones	5,75
11/4/2013	Gasolina extra	galones	5,13
12/4/2013	Diésel	galones	7,8
17/4/2013	Gasolina extra	galones	3,38
23/4/2013	Gasolina extra	galones	6,76
30/4/2013	Gasolina extra	galones	3,38
9/5/2013	Gasolina extra	galones	6,76
13/5/2013	Diésel	galones	8,73
17/5/2013	Gasolina extra	galones	3,38
28/5/2013	Gasolina extra	galones	5,41
31/5/2013	Diésel	galones	8,88
31/5/2013	Gasolina extra	galones	6,09
7/6/2013	Gasolina extra	galones	5,41
1/7/2013	Gasolina extra	galones	5,41
30/7/2013	Gasolina extra	galones	5,41
25/7/2013	Gasolina extra	galones	3,38
10/7/2013	Gasolina extra	galones	5,41
17/7/2013	Gasolina extra	galones	5,41
4/7/2013	Gasolina extra	galones	5,41
29/8/2013	Gasolina extra	galones	3,38
20/8/2013	Gasolina extra	galones	3,38
14/8/2013	Gasolina extra	galones	5,405
15/8/2013	Diésel	galones	5,83
6/8/2013	Gasolina extra	galones	5,405
7/8/2013	Diésel	galones	8,74
17/9/2013	Gasolina extra	galones	5,405
12/9/2013	Gasolina extra	galones	5,405
4/9/2013	Gasolina extra	galones	5,405
24/9/2013	Gasolina extra	galones	5,405
9/10/2013	Gasolina extra	galones	3,375
21/11/2013	Gasolina extra	galones	5,405

<b>Registro de Adquisiciones de Combustibles para la Construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Combustible</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
1/11/2013	Gasolina extra	galones	4,73
2/1/2014	Gasolina extra	galones	3,378
27/1/2014	Diésel	galones	4,85
23/1/2014	Diésel	galones	7,765
10/2/2014	Gasolina extra	galones	5,403
10/2/2014	Diésel	galones	4,85
20/2/2014	Gasolina extra	galones	5,405
21/2/2014	Diésel	galones	4,85
25/2/2014	Gasolina extra	galones	5,405
5/2/2014	Gasolina extra	galones	8,783
6/2/2014	Diésel	galones	4,85
24/3/2014	Gasolina extra	galones	5,405
11/3/2014	Gasolina extra	galones	5,405
14/3/2014	Gasolina extra	galones	5,405
19/3/2014	Gasolina extra	galones	5,405
2/4/2014	Gasolina extra	galones	5,405
15/4/2014	Gasolina extra	galones	5,405
9/4/2014	Gasolina extra	galones	5,405
15/5/2014	Gasolina extra	galones	5,405
5/5/2014	Gasolina extra	galones	5,405
30/7/2014	Gasolina extra	galones	5,405
11/8/2014	Gasolina extra	galones	5,405
12/8/2014	Diésel	galones	8,736
24/12/2014	Gasolina extra	galones	4,73
11/12/2014	Gasolina extra	galones	4,73
15/12/2014	Gasolina extra	galones	4,73
19/12/2014	Diésel	galones	8,736
12/12/2014	Gasolina extra	galones	4,73
30/12/2014	Diésel	galones	4,852
8/12/2014	Gasolina extra	galones	3,378
9/1/2015	Gasolina extra	galones	4,73
14/1/2015	Gasolina extra	galones	3,378
18/2/2015	Gasolina extra	galones	3,403
26/2/2015	Diésel	galones	4,852
4/3/2015	Gasolina extra	galones	4,73
19/3/2015	Gasolina extra	galones	3,378
27/3/2015	Gasolina extra	galones	5,405
31/3/2015	Gasolina extra	galones	3,378
1/4/2015	Diésel	galones	5,335
27/3/2015	Gasolina extra	galones	5,405

<b>Registro de Adquisiciones de Combustibles para la Construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Combustible</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
24/4/2015	Gasolina extra	galones	4,73
8/4/2015	Gasolina extra	galones	4,73
14/4/2015	Gasolina extra	galones	3,378
28/4/2015	Diésel	galones	
12/5/2015	Diésel	galones	4,73
18/6/2015	Gasolina extra	galones	3,378
2/6/2015	Gasolina extra	galones	4,73
24/6/2015	Diésel	galones	4,854
14/7/2015	Gasolina extra	galones	4,73
16/7/2015	Gasolina extra	galones	3,378
23/7/2015	Gasolina extra	galones	4,73
28/7/2015	Gasolina extra	galones	4,73
30/7/2015	Gasolina extra	galones	4,73
6/7/2015	Gasolina extra	galones	4,73
3/8/2015	Gasolina extra	galones	4,73
21/8/2017	Gasolina extra	galones	4,73
14/8/2015	Gasolina extra	galones	4,73
10/8/2015	Gasolina extra	galones	4,73
10/8/2015	Gasolina extra	galones	4,73
7/9/2015	Gasolina extra	galones	2,7
9/9/2015	Diésel	galones	5,823
15/9/2015	Gasolina extra	galones	4,73
6/10/2015	Diésel	galones	5,823
6/10/2015	Gasolina extra	galones	4,73
12/11/2015	Gasolina extra	galones	3,377
5/11/2015	Gasolina extra	galones	4,73

FUENTE: Archivo de compras del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017.

**ANEXO No. 2**  
**REGISTRO DE ADQUISICIÓN DE ELECTRICIDAD DURANTE LA**  
**CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

<b>Registro de adquisición de electricidad durante la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>				
<b>Mes</b>	<b>Año</b>	<b>Medidor</b>	<b>Consumo</b>	<b>Unidad</b>
Julio	2012	110952	1	KWh
Julio	2012	188875	23	KWh
Agosto	2012	110952	0	KWh
Agosto	2012	188875	0	KWh
Septiembre	2012	188875	0	KWh
Septiembre	2012	110952	0	KWh
Octubre	2012	188875	0	KWh
Octubre	2012	110952	0	KWh
Noviembre	2012	188875	0	KWh
Noviembre	2012	110952	1	KWh
Diciembre	2012	188875	51	KWh
Diciembre	2012	110952	1	KWh
Enero	2013	188875	27	KWh
Enero	2013	110952	1	KWh
Febrero	2013	188875	32	KWh
Febrero	2013	110952	7	KWh
Marzo	2013	110952	9	KWh
Marzo	2013	188875	31	KWh
Abril	2013	110952	4	KWh
Abril	2013	188875	20	KWh
Mayo	2013	110952	1	KWh
Mayo	2013	188875	49	KWh
Junio	2013	188875	61	KWh
Junio	2013	110952	0	KWh
Julio	2013	188875	53	KWh
Julio	2013	110952	0	KWh
Agosto	2013	188875	60	KWh
Agosto	2013	110952	0	KWh
Septiembre	2013	110952	2	KWh
Septiembre	2013	188875	82	KWh
Octubre	2013	188875	63	KWh
Octubre	2013	110952	8	KWh
Noviembre	2013	110952	53	KWh
Noviembre	2013	188875	26	KWh
Diciembre	2013	188875	0	KWh
Diciembre	2013	110952	0	KWh
Enero	2014	110952	0	KWh
Enero	2014	188875	0	KWh
Febrero	2014	110952	0	KWh
Febrero	2014	188875	0	KWh
Marzo	2014	110952	0	KWh

<b>Registro de adquisición de electricidad durante la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>				
<b>Mes</b>	<b>Año</b>	<b>Medidor</b>	<b>Consumo</b>	<b>Unidad</b>
Marzo	2014	188875	88	KWh
Abril	2014	188875	182	KWh
Abril	2014	110952	0	KWh
Mayo	2014	110952	0	KWh
Mayo	2014	188875	155	KWh
Junio	2014	110952	0	KWh
Junio	2014	188875	159	KWh
Julio	2014	188875	138	KWh
Julio	2014	110952	0	KWh
Agosto	2014	110952	0	KWh
Agosto	2014	188875	156	KWh
Septiembre	2014	188875	496	KWh
Septiembre	2014	110952	0	KWh
Octubre	2014	110952	0	KWh
Octubre	2014	188875	273	KWh
Noviembre	2014	188875	136	KWh
Noviembre	2014	110952	0	KWh
Diciembre	2014	110952	0	KWh
Diciembre	2014	188875	165	KWh
Enero	2015	188875	198	KWh
Enero	2015	110952	0	KWh
Febrero	2015	110952	0	KWh
Febrero	2015	188875	131	KWh
Marzo	2015	188875	95	KWh
Marzo	2015	110952	0	KWh
Abril	2015	110952	0	KWh
Abril	2015	188875	28	KWh
Mayo	2015	188875	0	KWh
Mayo	2015	110952	0	KWh
Junio	2015	110952	0	KWh
Junio	2015	188875	5	KWh
Julio	2015	188875	0	KWh
Julio	2015	110952	0	KWh
Agosto	2015	110952	0	KWh
Agosto	2015	188875	47	KWh
Septiembre	2015	110952	0	KWh
Septiembre	2015	188875	64	KWh
Octubre	2015	110952	0	KWh
Octubre	2015	188875	50	KWh
Noviembre	2015	188875	39	KWh
Noviembre	2015	110952	0	KWh

<b>Registro de adquisición de electricidad durante la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>				
<b>Mes</b>	<b>Año</b>	<b>Medidor</b>	<b>Consumo</b>	<b>Unidad</b>
Diciembre	2015	188875	1	KWh
Diciembre	2015	110952	0	KWh
Enero	2016	110952	0	KWh
Enero	2016	188875	11	KWh
Febrero	2016	110952	0	KWh
Febrero	2016	188875	3	KWh
Marzo	2016	110952	0	KWh
Marzo	2016	188875	16	KWh
Abril	2016	188875	21	KWh
Abril	2016	369975	138	KWh
Mayo	2016	369975	303	KWh
Mayo	2016	369975	199	KWh

FUENTE: Archivo de compras del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017.

**ANEXO No. 3**  
**REGISTRO DE ADQUISICIÓN DE CEMENTO PARA LA**  
**CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

<b>Registro de adquisición de cemento para la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Descripción Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
21/1/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	1
21/1/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
30/1/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
19/2/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
28/2/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
14/3/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
5/3/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
26/3/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
21/3/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
5/4/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
11/4/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
16/4/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
25/4/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
22/4/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
2/5/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
14/5/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
4/6/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
15/6/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
2/7/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
10/7/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
16/7/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
24/7/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	30
22/7/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
1/8/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
26/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
8/8/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
20/8/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
9/9/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
2/9/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
17/9/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
27/9/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
8/10/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
14/10/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
41/10/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
30/10/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
14/11/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
25/11/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
4/12/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
16/12/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
30/12/2013	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50

<b>Registro de adquisición de cemento para la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Descripción Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
7/1/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
14/1/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
22/1/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
29/1/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
3/2/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
10/2/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
15/2/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
24/2/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
5/3/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
13/3/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	90
28/3/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
25/3/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
12/3/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	10
19/3/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
8/4/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
22/4/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
15/4/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
12/5/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
5/5/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
23/6/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	20
25/7/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	100
13/8/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	2
12/8/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	7
2/10/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	5
26/11/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
12/12/2014	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
25/3/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
5/1/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
23/2/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
9/2/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
19/3/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	51
30/3/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
6/4/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
11/4/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	51
16/4/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
5/4/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
11/5/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
22/5/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
10/6/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
3/6/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50

<b>Registro de adquisición de cemento para la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Descripción Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
18/6/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
24/6/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
17/7/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
13/7/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
1/7/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
30/7/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
28/7/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
4/8/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
20/8/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
14/8/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
26/8/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
31/8/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
10/9/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
7/9/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
2/9/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
14/9/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
16/9/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
28/9/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
21/9/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
23/9/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
6/10/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
13/10/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
29/10/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
23/10/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
18/11/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	10
27/11/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	10
5/3/2015	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	50
26/1/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	1
17/2/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	1
11/2/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	1
17/3/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	2
31/3/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	1
3/3/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	2
26/4/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	1
20/4/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	3
11/4/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	1
12/4/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	1
12/4/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	1
8/12/2016	Cemento Rocafuerte Tipo IP Saco 50Kg	Saco de 50Kg	1

FUENTE: Archivo de compras del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017.

**ANEXO No. 4**  
**REGISTRO DE ADQUISICIÓN DE CEMENTO EN HORMIGONES**  
**PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA**  
**TOSCANA**

<b>Registro de adquisición de Hormigón en Mixer para la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Descripción Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
10/5/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
17/5/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
10/5/2013	Hormigón en Mixer	3	m <sup>3</sup>
10/5/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
28/5/2013	Hormigón en Mixer	5	m <sup>3</sup>
28/5/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
28/5/2013	Hormigón en Mixer	2	m <sup>3</sup>
30/5/2013	Hormigón en Mixer	5,5	m <sup>3</sup>
30/5/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
5/6/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
5/6/2013	Hormigón en Mixer	5	m <sup>3</sup>
11/7/2013	Hormigón en Mixer	10	m <sup>3</sup>
6/6/2013	Hormigón en Mixer	7	m <sup>3</sup>
6/6/2013	Hormigón en Mixer	3	m <sup>3</sup>
11/7/2013	Hormigón en Mixer	11	m <sup>3</sup>
14/6/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
14/6/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
14/6/2013	Hormigón en Mixer	5	m <sup>3</sup>
11/7/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
24/6/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
24/6/2013	Hormigón en Mixer	1,5	m <sup>3</sup>
2/7/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
10/7/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
25/7/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
29/8/2013	Hormigón en Mixer	3,5	m <sup>3</sup>
29/8/2013	Hormigón en Mixer	7	m <sup>3</sup>
30/8/2013	Hormigón en Mixer	5	m <sup>3</sup>
30/8/2013	Hormigón en Mixer	4	m <sup>3</sup>
15/8/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
15/8/2013	Hormigón en Mixer	5	m <sup>3</sup>
20/8/2013	Hormigón en Mixer	6	m <sup>3</sup>
20/8/2013	Hormigón en Mixer	7	m <sup>3</sup>
23/8/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
23/8/2013	Hormigón en Mixer	3	m <sup>3</sup>
5/9/2013	Hormigón en Mixer	6,5	m <sup>3</sup>
5/9/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
5/9/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
12/9/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
12/9/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
19/9/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>

<b>Registro de adquisición de Hormigón en Mixer para la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Descripción Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
19/9/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
19/9/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
18/9/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
25/9/2013	Hormigón en Mixer	2	m <sup>3</sup>
25/9/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
25/9/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
30/9/2013	Hormigón en Mixer	6,5	m <sup>3</sup>
22/12/2014	Hormigón en Mixer	7	m <sup>3</sup>
22/12/2014	Hormigón en Mixer	5,5	m <sup>3</sup>
8/1/2015	Hormigón en Mixer	4	m <sup>3</sup>
8/1/2015	Hormigón en Mixer	6	m <sup>3</sup>
19/1/2015	Hormigón en Mixer	9	m <sup>3</sup>
22/1/2015	Hormigón en Mixer	5	m <sup>3</sup>
22/1/2015	Hormigón en Mixer	3,5	m <sup>3</sup>
30/3/2015	Hormigón en Mixer	6	m <sup>3</sup>
30/3/2015	Hormigón en Mixer	6,5	m <sup>3</sup>
10/4/2015	Hormigón en Mixer	9,5	m <sup>3</sup>
15/4/2015	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
17/4/2015	Hormigón en Mixer	8,5	m <sup>3</sup>
20/4/2015	Hormigón en Mixer	8,5	m <sup>3</sup>
29/4/2015	Hormigón en Mixer	13	m <sup>3</sup>
12/5/2015	Hormigón en Mixer	9,5	m <sup>3</sup>
21/5/2015	Hormigón en Mixer	9,5	m <sup>3</sup>
6/7/2015	Hormigón en Mixer	12,5	m <sup>3</sup>
20/7/2015	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
27/7/2015	Hormigón en Mixer	6,5	m <sup>3</sup>
17/7/2015	Hormigón en Mixer	9,5	m <sup>3</sup>
3/8/2015	Hormigón en Mixer	10	m <sup>3</sup>
6/8/2015	Hormigón en Mixer	13	m <sup>3</sup>
11/8/2015	Hormigón en Mixer	9,5	m <sup>3</sup>
13/8/2015	Hormigón en Mixer	22,5	m <sup>3</sup>
13/8/2015	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
19/8/2015	Hormigón en Mixer	9,5	m <sup>3</sup>
21/8/2015	Hormigón en Mixer	10	m <sup>3</sup>
12/9/2013	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
25/8/2015	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>
28/8/2015	Hormigón en Mixer	8,5	m <sup>3</sup>
3/9/2015	Hormigón en Mixer	8	m <sup>3</sup>

FUENTE: Archivo de compras del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017.

**ANEXO No. 5**  
**REGISTRO DE ADQUISICIÓN DE ACERO EN VARILLAS PARA LA**  
**CONSTRUCCIÓN DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

<b>Registro de adquisición de acero en varillas para la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Descripción Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
8/1/2013	Varilla 8mm*12m	u	1500
9/1/2013	Varilla 10mm*12m	u	100
10/1/2013	Varilla 12mm*12m	u	2000
11/1/2013	Varilla 14mm*12m	u	800
2/5/2013	Varilla 10mm*12m	u	60
6/7/2013	Varilla 10mm*12m	u	40
28/8/2013	Varilla 8mm*12m	u	150
29/8/2013	Varilla 10mm*12m	u	100
30/8/2013	Varilla 12mm*12m	u	300
16/8/2013	Varilla 8mm*12m	u	100
9/9/2013	Varilla 8mm*12m	u	150
10/9/2013	Varilla 12mm*12m	u	100
12/9/2013	Varilla 12mm*12m	u	120
25/9/2013	Varilla 12mm*12m	u	100
30/10/2013	Varilla 12mm*12m	u	70
31/10/2013	Varilla 10mm*12m	u	30
4/12/2013	Varilla 8mm*12m	u	15
16/12/2013	Varilla 8mm*12m	u	50
20/12/2017	Varilla 10mm*12m	u	10
3/2/2014	Varilla 8mm*12m	u	25
4/2/2014	Varilla 10mm*12m	u	14
5/2/2014	Varilla 12mm*12m	u	14
14/2/2014	Varilla 12mm*12m	u	22
11/2/2014	Varilla 8mm*12m	u	10
12/2/2014	Varilla 10mm*12m	u	65
13/2/2014	Varilla 12mm*12m	u	35
31/3/2014	Varilla 12mm*12m	u	20
7/3/2014	Varilla 12mm*12m	u	80
2/4/2014	Varilla 8mm*12m	u	40
3/4/2014	Varilla 10mm*12m	u	15
4/4/2014	Varilla 12mm*12m	u	20
15/4/2014	Varilla 12mm*12m	u	6
9/5/2014	Varilla 10mm*12m	u	2
30/7/2014	Varilla 8mm*12m	u	60
25/7/2014	Varilla 12mm*12m	u	100
26/7/2014	Varilla 10mm*12m	u	80
27/7/2014	Varilla 8mm*12m	u	30
28/7/2014	Varilla 14mm*12m	u	36
9/12/2014	Varilla 12mm*12m	u	220
10/12/2014	Varilla 14mm*12m	u	80

<b>Registro de adquisición de acero en varillas para la construcción del Conjunto Habitacional La Toscana</b>			
<b>Fecha</b>	<b>Descripción Material</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
11/12/2014	Varilla 10mm*12m	u	10
12/12/2014	Varilla 8mm*12m	u	250
24/3/2015	Varilla 8mm*12m	u	220
16/3/2015	Varilla 8mm*12m	u	100
17/3/2015	Varilla 10mm*12m	u	50
18/3/2015	Varilla 12mm*12m	u	500
19/3/2015	Varilla 14mm*12m	u	200
13/5/2015	Varilla 8mm*12m	u	250
14/5/2015	Varilla 12mm*12m	u	20
11/8/2015	Varilla 8mm*12m	u	50
12/8/2015	Varilla 12mm*12m	u	450
4/8/2015	Varilla 8mm*12m	u	200

FUENTE: Archivo de compras del proyecto Conjunto Habitacional La Toscana, 2017.

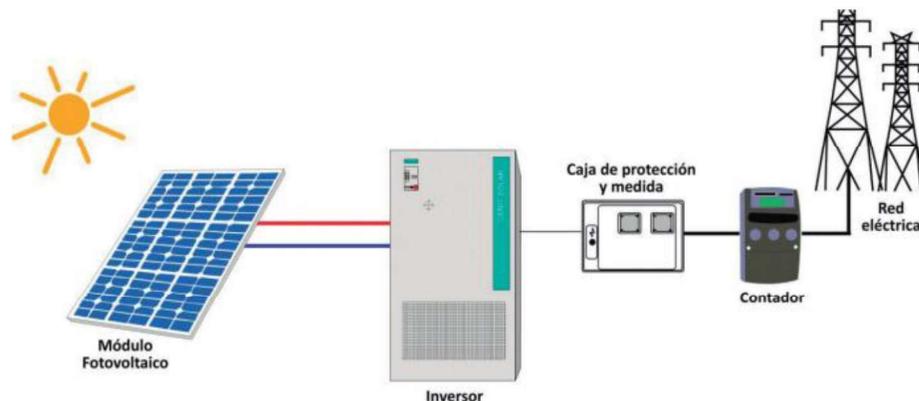
**ANEXO No. 6**  
**ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES: SISTEMA**  
**FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA**

## SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA

“Este tipo de instalaciones se encuentra permanentemente conectado a la red eléctrica, de tal forma que, en períodos de irradiación solar, sea el sistema fotovoltaico el que entregue energía, mientras que, en períodos de radiación limitada o nula, sea la red eléctrica la que entregue la electricidad necesaria para satisfacer la demanda (Simec, 2004)”

En la Figura 6.1 se observan los componentes de un sistema fotovoltaico conectado a la red:

**FIGURA 6.1.** SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED



FUENTE: Escosa & Germán, 2015.

“La energía eléctrica producida por los módulos en forma de corriente continua (D.C.) es convertida en corriente alterna (A.C.) e inyectada a la red a través de un elemento electrónico de potencia llamado inversor que se sincroniza con la red pública a la que se conecta (Escosa & Germán, 2015)”.

## DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

### Determinación del recurso solar disponible

“La cantidad de irradiación solar que incide diariamente sobre los módulos solares, se expresa en  $\text{kWh/m}^2/\text{día}$  (Alvarado, 2015)”. Para el dimensionamiento del sistema, se debe expresar dicha irradiación solar en su equivalente en horas efectivas de sol u Hora Pico Solar (HPS), que se define como “el tiempo en horas,

que una superficie de  $1 \text{ m}^2$ , recibe una irradiación hipotética de  $1.000 \text{ W}$  (Energema, 2014)".

Para determinar las horas efectivas de sol para la Parroquia Atahualpa, donde se encuentra ubicado el Proyecto La Toscana, se acudió a los datos de Radiación Incidente Promedio Mensual sobre una Superficie Horizontal ( $\text{KWh}/\text{m}^2/\text{día}$ ), proporcionados por el Atmospheric Science Data Center de la NASA, donde al ingresar las coordenadas de ubicación de la zona de estudio ( $-1.199923$ ,  $-78.603407$ ; Google Maps, 2018), se obtuvo la información que se presenta en las tablas a continuación.

**TABLA 6.1.** RADIACIÓN INCIDENTE PROMEDIO MENSUAL SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL CALCULADA PARA UN PERÍODO DE 22 AÑOS ( $\text{KWh}/\text{m}^2/\text{día}$ )

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
4.38	4.46	4.63	4.45	4.26	4.23	4.32	4.63	4.62	4.61	4.70	4.45	4.48

FUENTE: Atmospheric Science Data Center de la NASA, 2018.

**TABLA 6.2.** DIFERENCIAS MÁXIMA Y MÍNIMA DEL VALOR DE INSOLACIÓN INCIDENTE PROMEDIO MENSUAL CALCULADO PARA UN PERÍODO DE 22 AÑOS (%)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Mín	-14	-9	-9	-14	-11	-15	-14	-13	-11	-18	-14	-17
Máx	17	12	12	16	12	16	10	9	15	27	19	15

FUENTE: Atmospheric Science Data Center de la NASA, 2018.

Para obtener el valor de HPS con el que trabajará nuestro sistema fotovoltaico conectado a la red, utilizaremos el dato del peor mes, que según la Tabla 6.1 es el mes de junio, con una radiación promedio de  $4,23 \text{ (KWh}/\text{m}^2/\text{día})$ . Sin embargo, el dato de la Tabla 6.1 corresponde a un valor promedio, por lo que en dicho mes se han presentado valores más bajos de radiación. Según la información de la Tabla 6.2, el dato mínimo registrado para un período de 22 años en la parroquia

Atahualpa en el mes de junio, es 15% menor al promedio. Así, para el actual diseño se tomará un valor de HSP de 3,4 (KWh/m<sup>2</sup>/día).

$$4,23 \text{ KWh/m}^2/\text{día} * \frac{(100 - 15)}{100} = 3,4 \text{ KWh/m}^2/\text{día}$$

### Número de paneles solares

El número de paneles está determinado por la siguiente ecuación.

$$NP = \frac{E}{0,9 * W_p * HSP} \quad (3.6)$$

Donde:

NP: Número de paneles.

E: Consumo estimado en  $\left(\frac{Wh}{día}\right)$ .

$W_p$  : Potencia pico del panel definida por el diseñador (ver Anexo No. 7).

HSP: Horas pico solares u horas efectivas de sol, divididas entre 1 KWh/m<sup>2</sup>

$$NP = \frac{216360 \left(\frac{Wh}{día}\right)}{0,9 * 250 W * 3,4 h/día}$$

$$NP = 282,82 \approx 283 \text{ paneles}$$

### Pérdidas

Al encontrarnos en la latitud -1.199923°, según la recomendación de Robalino, 2017, la inclinación de los paneles será de 10°, como se muestra en la Tabla 6.4.

**TABLA 6.3.** INCLINACIONES DE LOS PANELES SEGÚN LA LATITUD.

LATITUD (°)	ANGULO INCLINACION (°)
0 a 9	10°
10 a 20	Latitud + 5°
21 a 45	Latitud + 10°
46 a 65	Latitud + 15°
66 a 75	80°

FUENTE: Robalino, 2017

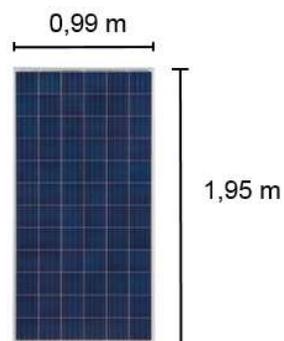
Según Robalino, 2017, pueden presentarse pérdidas por efecto de sombra, orientación e inclinación de los paneles. En términos aceptables estas pérdidas se

encuentran dentro de un 15 %, por lo que, a los 283 paneles calculados inicialmente, se les añadirá un 15 %, obteniendo así un total de **326 paneles solares**.

### **Disponibilidad de espacio para la colocación de paneles**

Los paneles solares que se van a utilizar son paneles solares policristalinos de 250 W de potencia que se comercializan en Ecuador a través del portal de compras por internet Mercado Libre (2017). La ficha técnica del panel se encuentra en el Anexo No. 7. Las dimensiones de los paneles se muestran en la imagen a continuación.

**FIGURA 6.2.** DIMENSIONES PANEL SOLAR POLICRISTALINO DE 250 W



Las 27 casas del Conjunto La Toscana disponen de espacio en cubiertas para la colocación de los paneles solares. Las cubiertas de las casas de la toscana son horizontales (ver Figura 6.4.).

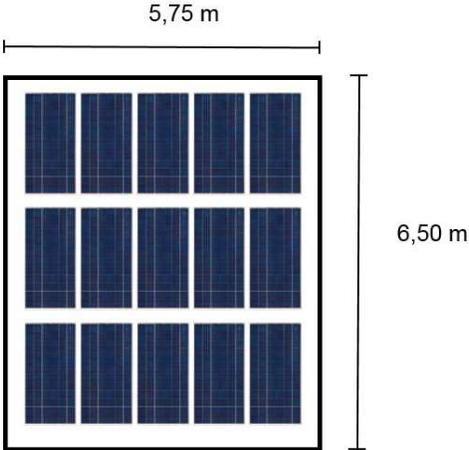
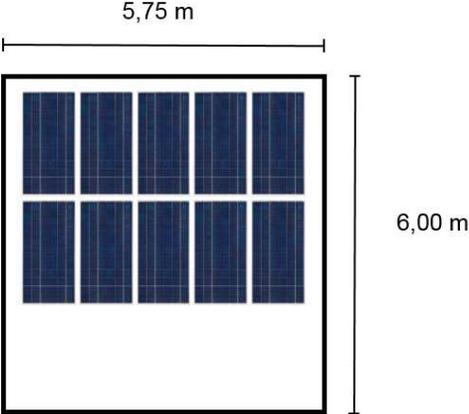
**FIGURA 6.3.** VISTA FRONTAL DE LAS CASAS DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA



FUENTE: Azanza & Asociados, 2017.

Entre las 27 casas, no todas disponen de la misma cantidad de espacio en cubierta. Se distinguen dos tipos de casa, con distinta área en cubierta, de la siguiente manera.

**TABLA 6.4.** ESQUEMA DE ÁREAS DISPONIBLES EN CUBIERTAS DE LAS CASAS PARA LA COLOCACIÓN DE PANELES

No. Casas	Área de cubierta	Esquema de dimensiones - vista en planta
	(m <sup>2</sup> )	
14	37,38	 <p>5,75 m</p> <p>6,50 m</p>
		Se puede colocar un máximo de 15 paneles.
13	34,50	 <p>5,75 m</p> <p>6,00 m</p>
		Se puede colocar un máximo de 10 paneles.

FUENTE: Azanza & Asociados, 2017.

Como se presenta en la Tabla 6.4, debido a las dimensiones de los paneles elegidos para el presente diseño, y acorde al área disponible en las cubiertas de los dos tipos de casas del Conjunto La Toscana, el número máximo de paneles solares que se podría utilizar para el sistema es 340, como se muestra en la Tabla 6.5.

**TABLA 6.5. NÚMERO MÁXIMO DE PANELES DEL SISTEMA POR DISPONIBILIDAD DE ESPACIO**

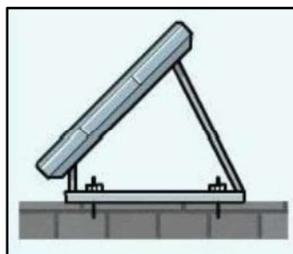
No. Casas	Número máximo de paneles por casa	Total
14	15	210
13	10	130
<b>No. máximo de paneles del sistema</b>		<b>340</b>

Sin embargo, dado que el número de paneles necesario, determinado para el presente diseño es de 326 (ver acápite Pérdidas), no es necesario ocupar el espacio máximo disponible en las cubiertas de las casas para la colocación de los paneles. Así mismo, si la demanda llegara a incrementarse, se podría ampliar el sistema actual hasta un máximo de 340 paneles solares similares a los empleados para el presente diseño.

#### **Estructura de soporte de los paneles solares**

Los paneles solares deben colocarse sobre una estructura de soporte que debe ser adecuada para soportar el clima del lugar (parroquia Atahualpa, provincia de Tungurahua). Los soportes deben ir anclados sobre las terrazas de cada vivienda, como se muestra en la Figura 6.4.

**FIGURA 6.4. ANCLAJE SOBRE TERRAZA DE LOS SOPORTES PARA PANELES**



FUENTE: Robalino, 2017.

Los soportes para paneles deben cumplir con algunas características de diseño que se detallan en el cuadro a continuación.

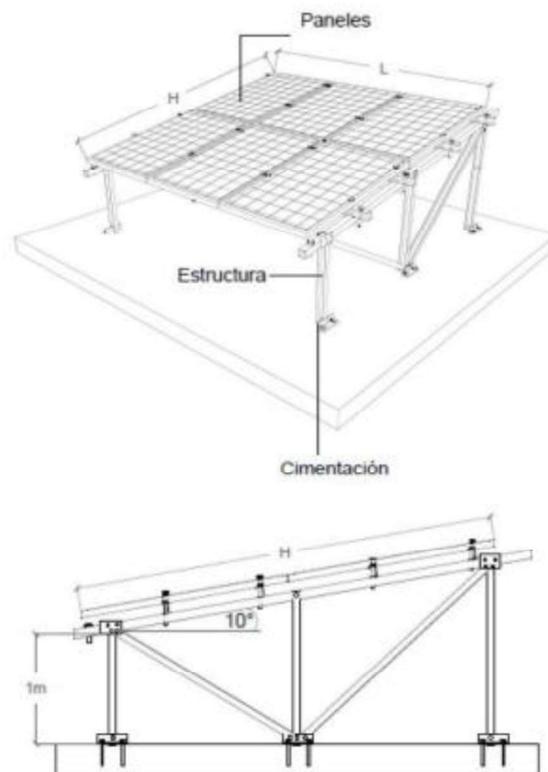
**TABLA 6.6.** CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO DE LOS SOPORTES PARA PANELES

<b>Vida útil</b>	25 años
<b>Ángulo de inclinación de los paneles respecto a la horizontal</b>	10°
<b>Altura respecto del piso</b>	1 m
<b>Material de fabricación</b>	Aluminio natural
<b>Resistencia estructural</b>	Alta (peso y fuerzas producidas por el viento)
<b>Resistencia a la corrosión</b>	Alta (aluminio natural)

FUENTE: Robalino, 2017.

En la Figura 6.5 se presenta el esquema estructural de los soportes para paneles solares.

**FIGURA 6.5.** ESQUEMA ESTRUCTURAL DE LOS SOPORTES PARA PANELES SOLARES



FUENTE: Robalino, 2017

La realización y e instalación de los soportes para paneles solares se puede llevar a cabo, a cargo de la empresa constructora del proyecto La Toscana: Azanza & Asociados.

#### **Inversor de conexión a red**

Para el cálculo del inversor se utilizó la herramienta “Plan and Design” de la página web *www.renvu.com*, misma que se encarga de la comercialización de sistemas solares fotovoltaicos. Aquí se ingresó el número de paneles solares requeridos (326 paneles) para el sistema del Conjunto La Toscana, que proveerán energía para suplir un consumo estimado de 216,36 KWh/día.

Debido a la magnitud del sistema, la herramienta “Plan and Design” de Renvu, propone la utilización simultánea de dos inversores modelo SOLECTRIA PVI-50TL-480 50kW Inverter 1000VDC, 480VAC; cada uno con una potencia nominal de 50000 W. En el Anexo No. 8 se encuentra la hoja técnica del inversor, en la tabla a continuación se presentan sus características.

**TABLA 6.7. CARACTERÍSTICAS INVERSOR**

<b>SOLECTRIA PVI-50TL-480 50kW Inverter 1000VDC, 480VAC</b>	
Máximo voltaje de entrada (V)	1000
Potencia nominal (W)	50000
Eficiencia	96.5%
Peso (Kg)	56

FUENTE: *www.renvu.com*, 2017

#### **Reducción de emisiones debido a la utilización de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red**

El sistema solar fotovoltaico aquí diseñado, tiene la capacidad de proporcionar a las 27 casas del Conjunto La Toscana, la totalidad de su consumo de electricidad estimado 216,36 KWh/día.

Debido a que la energía se genera del aprovechamiento de la radiación solar, y ya no de la quema de combustibles fósiles, las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el consumo de electricidad del Conjunto Habitacional La Toscana, se reducen a cero (0).

## ANÁLISIS FINANCIERO DE LA PROPUESTA DE INSTALACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED

### Costo del sistema solar fotovoltaico conectado a la red

En la tabla a continuación se presenta un desglose de los costos en los que se debe incurrir para la instalación y puesta en marcha del Sistema Solar Fotovoltaico conectado a la red diseñado para el presente trabajo.

**TABLA 6.8.** COSTOS PARA EL MONTAJE DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED

No.	Rubro	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Costo (USD)
1	Panel solar modelo 250 W Polycrystalline Silicon solar panel	-	326	\$270,00	\$88.020,00
2	Inversor modelo SOLECTRIA PVI-50TL-480 50kW Inverter 1000VDC, 480VAC	-	2	\$5.054,00	\$10.108,00
3	Soportes para paneles anclados fabricados en aluminio natural	global	326	\$80,00	\$26.080,00
<b>TOTAL</b>					<b>\$124.208,00</b>

FUENTE: mercadolibre.com, 2017; renvu.com, 2017; Azanza & Asociados, 2017

Según la información presentada en la Tabla 6.8 el costo total del Sistema Solar Fotovoltaico conectado a la red, diseñado para el Conjunto Habitacional La Toscana tiene un costo total de \$124.208,00 dólares americanos.

### Rentabilidad del proyecto

El beneficio económico de la instalación de un Sistema Solar Fotovoltaico conectado a la red, la reciben los habitantes del Conjunto La Toscana, quienes no deberán pagar planillas de luz eléctrica dado que el Sistema Fotovoltaico cuenta con la capacidad de suplir totalmente el consumo de cada hogar (ver numeral 3.3.3.2.1.1).

El análisis a continuación, parte del caso hipotético en el cual cada propietario del Conjunto La Toscana paga una veintisieteava parte (1/27) del costo total del proyecto, es decir, que cada propietario aporta con \$4.600,30 dólares americanos, mediante la adquisición de un crédito a un plazo de 3 años y una tasa de interés del 10% anual.

En la tabla a continuación se muestra el flujo de caja consolidado, es decir, de los veintisiete aportantes juntos.

Datos:

Consumo anual de electricidad del Conjunto Habitacional La Toscana: 77889,6 KWh/año, ver Tabla 3.15.

Costo del KWh: \$0,09 centavos de dólar (USD).

\*Anualmente, se percibe un beneficio económico de:

$$(77.889,6 \text{ KWh/año}) * (\$0,09 \text{ USD}) = \$7.010,06 \text{ USD}$$

Período: 25 años

Inversión Inicial: \$124.208,00 USD

**TABLA 6.9. FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO**

<b>Años</b>	<b>Ingresos (I)</b>	<b>Egresos (E)</b>	<b>Flujo de Caja (I-E)</b>
<b>1</b>	\$7.010,06	\$54.519,08	<b>\$ -47.509,01</b>
<b>2</b>	\$7.010,06	\$54.519,08	<b>\$ -47.509,01</b>
<b>3</b>	\$7.010,06	\$54.519,08	<b>\$ -47.509,01</b>
<b>4</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>5</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>6</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>7</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>8</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>9</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>10</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>11</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>12</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>13</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>14</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>15</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>16</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>17</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>18</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>19</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>20</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06

**TABLA 6.9. CONTINUACIÓN**

<b>21</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>22</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>23</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>24</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06
<b>25</b>	\$7.010,06	\$0,00	\$7.010,06

FUENTE: Conjunto Habitacional La Toscana

En el Cuadro a continuación se presentan el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) para el presente proyecto.

**TABLA 6.10. VALOR ACTUAL NETO (VAN) Y LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) PARA EL PRESENTE PROYECTO**

<b>VAN</b>	<b>\$-159.471,62</b>
<b>TIR</b>	<b>-4%</b>

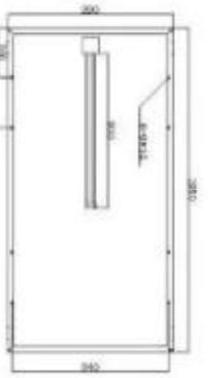
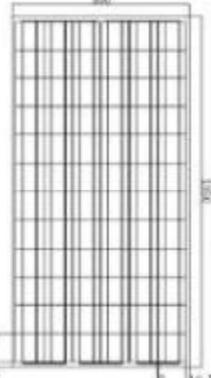
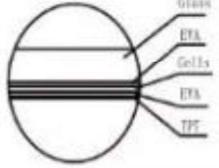
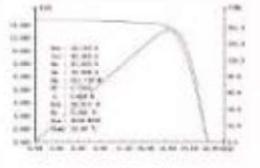
Al obtenerse valores negativos de VAN y TIR, se concluye que la instalación de un Sistema Solar Fotovoltaico conectado a la red en el Conjunto Habitacional La Toscana, no es una opción económicamente rentable.

**ANEXO No. 7**  
**HOJA TÉCNICA DEL PANEL SOLAR**

**250 w Polycrystalline silicon solar panel**

Specification			Laminating data			
Maximum Power	250W	Wp	Dimension	Length(mm)	1950	mm
Power Tolerance	(0,+5)	%		Width(mm)	990	mm
Optimum operating voltage	35V	V		Thickness(mm)	45	mm
Optimum operating current	7.143	A	Installation dimension	Length(mm)	Picture	mm
Open circuit voltage	42.5	V		Width(mm)	Picture	mm
Short circuit current	7.678	A	Weight	23	Kgs	
Maximum system voltage	700	V DC	Frame Material	Clear anodized aluminium frame		
Module efficiency	13	%	Surface glass	Toughed solar glass		
Voltage temperature coefficient	-155±10	mV/°C	Thickness of glass	3.2	mm	
Current temperature coefficient	+0.06±0.01	%/°C	Laminating material	EVA		
Power temperature coefficient	-0.5±0.05	%/°C	Backsheet material	TPT		
Information on CELL			Maximum data			
Cell brand	KLT, A grade			Operating temperature	-40°C~+85°C	°C
Cell type	Poly-crystalline silicon solar cell			Storage temperature	from-40°C~+85°C	°C
Cell dimension	156*156	mm	Insulation cut voltage	700	DC	
Cell Shape	Square			Maximum wind resistance	60m/s	N/m <sup>2</sup> or max Km/h
Number of cell	72	series	Surface maximum load capacity	200	Kg/m <sup>2</sup>	
Efficiency of cell	15.0	%	Maximum hail load capacity	25mm	80km/h	
STC			Warranty			
AM condition	AM1.5			<b>5 years product warranty and 25years 80% of power</b>		
Intensity of illumination	1000	W/m <sup>2</sup>				
Temperature	25	°C				
Package:2PCS/CTN,CTNSIZE:122*56*9CM						

**PICTURE:**

			 <p style="text-align: center;"><b>structure</b></p> 
<b>Entity</b>	<b>Back</b>	<b>Front</b>	<b>IV</b>

**ANEXO No. 8**  
**HOJA TÉCNICA DEL INVERSOR**

**YASKAWA**  
SOLECTRIA SOLAR

3-PH TRANSFORMERLESS  
STRING INVERTERS



## PVI 50TL PVI 60TL

### FEATURES

- NEC 2014 compliant (arc fault and rapid shutdown)
- 3 MPPTs with 5 inputs each
- Integrated DC and AC disconnects
- AC terminals compatible with copper and aluminum conductors
- Modbus communications
- Internal data logger
- 0 - 90° installation orientation
- Remote firmware upgrades
- Remote diagnostics

### OPTIONS

- H4 wiring box
- Shade cover
- DC combiners bypass
- Web-based monitoring

SOLECTRIA.COM

### 3-PH TRANSFORMERLESS STRING INVERTERS

Yaskawa - Solectria Solar's PVI 50TL and PVI 60TL are grid-tied, transformerless three-phase inverters designed for ground mount, rooftop and carport arrays and can be installed from 0 - 90 degrees. The PVI 50/60TL inverters are NEC 2014 compliant and are the most reliable, efficient and cost effective in their class. They come standard with AC and DC disconnects, three MPPTs, a 15-position string combiner, remote diagnostics, remote firmware upgrades and various protection features. Options include H4 wiring box, shade cover, DC combiner fuse bypass, and web-based monitoring.



SPECIFICATIONS	PVI 50TL	PVI 60TL
<b>DC Input</b>		
Absolute Maximum Open Circuit Voltage	1000 VDC	
Operating Voltage Range	200-950 VDC	
Max Power Input Voltage Range (MPPT)	480-850 VDC	540-850 VDC
MPP Trackers	3	
Maximum Operating Input Current	36 A per MPPI (108 A)	38 A per MPPI (114 A)
Maximum Available PV Current (Isc x 1.25)	60 A per MPPT (180 A)	
Maximum PV Power	75 kW (25 kW per MPPT)	90 kW (30 kW per MPPT)
Start Voltage	330 V	
<b>AC Output</b>		
Nominal Output Voltage	480 VAC, 3Ø+/PE/N	
AC Voltage Range (Standard)	-12%/+10%	
Continuous Output Power	50 kW	60 kW
Maximum Output Current	61 A	73 A
Maximum Backfeed Current	0 A	
Nominal Output Frequency	60 Hz	
Output Frequency Range	57-63 Hz	
Power Factor	Unity, >0.99 (adjustable 0.8 leading / 0.8 lagging)	
Fault Current Contribution (1 Cycle RMS)	55 A	
Total Harmonic Distortion (THD) @ Rated Load	< 3%	
<b>Performance</b>		
Peak Efficiency	99.0%	
CEC Efficiency	98.5%	
Tare Loss	< 2 W	
Ambient Temperature Range	-22°F to +140°F (-30°C to +60°C) Derating occurs over +122°F (+50°C)	
Storage Temperature Range	-40°F to +158°F (-40°C to +70°C)	
Relative Humidity (non-condensing)	0-95%	
Audible Noise	< 55 dBA @ 1 m at room temperature	
Operating Altitude	13,123 ft (4,000 m) Derating from 9,842.5 ft (3,000 m)	
Safety Listings & Certifications	UL 1741:2010, UL 1699B, CSA-C22.2 #107.1-01, IEEE1547; FCC PART15	
Testing Agency	CSA	
<b>Mechanical</b>		
15 Fused Positions (5 positions per MPPT)	15 A standard (20, 25, 30 A accepted*)	
AC/DC Disconnect	Standard, fully-integrated	
Enclosure Rating	Type 4X	
Enclosure Finish	Polyester powder coated aluminum	
Mounting Method	0-90° from horizontal (vertical, angled, flat)	
Dimensions (H x W x D)	39.4 x 23.6 x 10.24 in. (1,000 x 600 x 260 mm)	
Weight	Inverter: 123.5 lbs (56 kg); Wiring Box: 33 lbs (15 kg)	
<b>Communications</b>		
Data Logger Hardware	Standard, Internal	
SolrenView Monitoring Service	Optional	
Revenue Grade Meter/Monitoring	Optional, External	
Communication Interface	RS-485 Modbus RTU	
Remote Firmware Upgrades	Standard	
Remote Diagnostics	Standard	
<b>Features &amp; Protections</b>		
Arc-Fault Detection	Standard	
Smart Grid Features	L/HVRT, L/HFRT, Soft Start, Volt-Var, Frequency-Watt and Volt-Watt	
<b>Warranty</b>		
Standard	10 year	
Optional	15, 20 year; extended service agreement	

\*Yaskawa - Solectria Solar does not supply the optional fuses

**YASKAWA**  
**SOLECTRIA SOLAR**

www.solectria.com | inverters@solectria.com | 978.683.9700

**ANEXO No. 9**  
**ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES: MONTAJE DE**  
**UNA PLANTA PAQUETE DE TRATAMIENTO DE AGUAS**  
**RESIDUALES DOMÉSTICAS**

## **PLANTA PAQUETE DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

La planta paquete de tratamiento de aguas residuales para la presente alternativa de reducción de emisiones, es la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) ofertada por la empresa ecuatoriana ISA Ingeniería y Servicios Ambientales (Figura 9.1), diseñada para un caudal de 20 m<sup>3</sup>/día, cuya cotización se detalla en el Anexo No. 10.

**FIGURA 9.1.** PTAR-ISA INGENIERÍA Y SERVICIOS AMBIENTALES

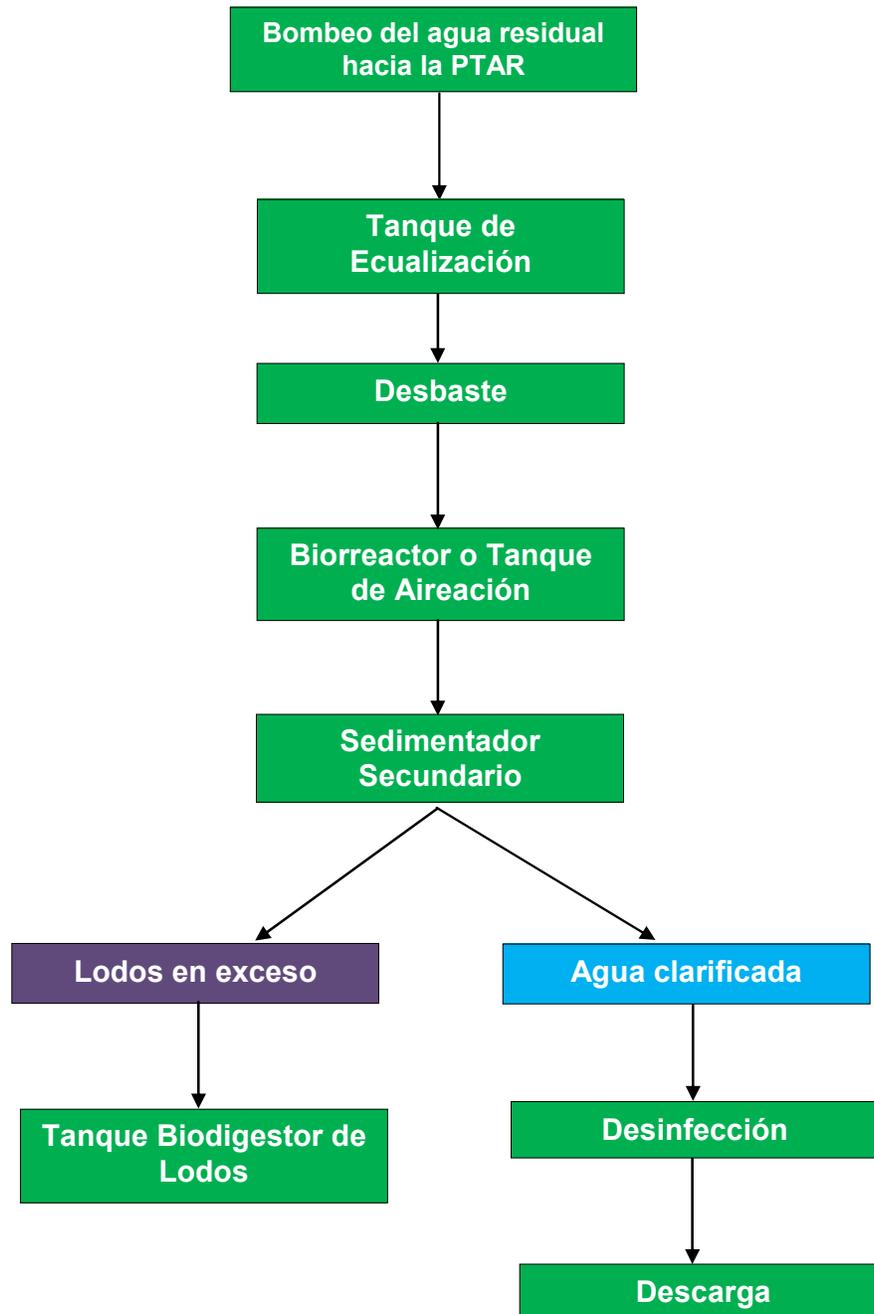


FUENTE: ISA, 2017.

A continuación, se describen las características del funcionamiento de la PTAR, y los niveles de emisiones de GEI que su operación podría reducir.

### **FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA PAQUETE DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS**

La planta paquete de tratamiento de aguas residuales aplicará un tipo de tratamiento de lodos activados mediante aireación extendida, es decir, tratamiento aerobio. El fabricante afirma que puede llegar a remover un 90 – 95% de la DBO. La Figura 9.2 presenta un diagrama de flujo del proceso de tratamiento de las aguas residuales.

**FIGURA 9.2. PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

## **Proceso de tratamiento de aguas residuales**

### ***Bombeo del agua residual doméstica ARD hacia la PTAR***

Para iniciar el tratamiento se debe bombear el agua residual desde el sumidero que la recepta hacia el tanque de ecualización de la planta paquete.

### ***Tanque de ecualización***

El tanque de ecualización tiene como objetivo “proveer el caudal de alimentación constante al tanque de aireación o biorreactor (ISA, 2017)”.

### ***Desbaste***

El agua en su paso desde el tanque de ecualización hacia el tanque de aireación atraviesa una malla de retención de sólidos, con separaciones de 5 mm, que separa del efluente “todo material grueso que pueda entorpecer el buen funcionamiento del sistema (ISA, 2017)”.

### ***Biorreactor o Tanque de Aireación***

Dos bombas sumergibles (una en funcionamiento y otra en stand by) son las encargadas de alimentar de agua al tanque de aireación. “En el tanque de aireación se desarrolla el proceso biológico de digestión aerobia conocido como lodos activados, allí se da un proceso de aireación extendida, donde se somete a los lodos activados a un tiempo de retención mayor a 12 horas (ISA, 2017)”. “La aireación para dotar del oxígeno requerido por los microorganismos se genera a través de dos blowers (uno en funcionamiento y otro en stand by) (ISA, 2017)”. Con este proceso se elimina el 90-95% de la DBO.

### ***Sedimentador Secundario***

Una vez que el agua se trata en el reactor biológico, el siguiente paso es decantar o sedimentar el bio-flock. El lodo que se genera a partir de este proceso pasa al tanque de tratamiento de lodos, y el agua clarificada pasa al proceso de desinfección.

***Desinfección de agua clarificada***

Al agua clarificada que sale de la zona de sedimentación, se le aplica el desinfectante por medio de un dosificador.

***Tanque Biodigestor de Lodos***

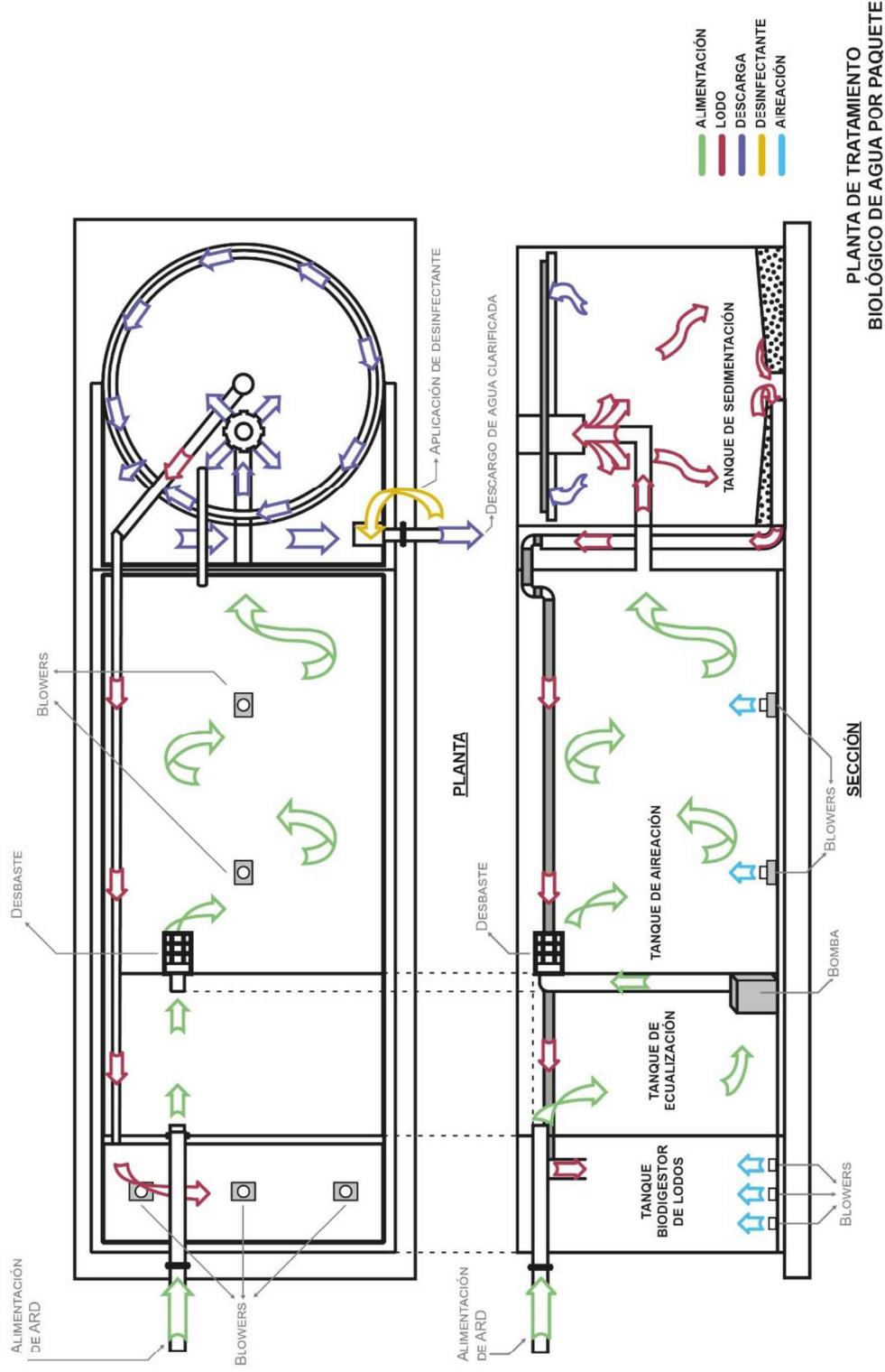
“Los lodos en exceso generados en el sedimentador secundario, serán almacenados en un tanque de lodos donde se estabilizarán biológicamente, en el fondo del Tanque Biodigestor de Lodos se dispone de tres difusores de burbuja fina, los cuales se encargarán de proveer la aireación para dotar del oxígeno requerido por las bacterias para la estabilización de los lodos (ISA, 2017)”.

***Descarga de agua***

El agua clarificada y desinfectada es descargada al sistema de alcantarillado público.

En la Figura a continuación se muestra un esquema de la PTAR.

**FIGURA 9.3. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PTAR**



## GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN EL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA

En el tercer capítulo, numeral 3.3.3.2.2.1 del presente trabajo, se calculó que el consumo total de agua del Conjunto Habitacional La Toscana, para un período de 25 años, es de 145.800 m<sup>3</sup>. En la Tabla 3.16 se presentan los parámetros del cálculo realizado. Se asume que, del agua que se consume, el 80% llega a convertirse en agua residual, mientras que el otro 20% será destinado otros usos (preparación de alimentos, regado de jardines, lavado de vehículos, etc.). Por lo tanto, la cantidad total de agua residual que llegaría a generarse, en un período de 25 años es 116.640 m<sup>3</sup>.

Acorde a los datos de la Tabla 3.16, a continuación, se desarrolla el cálculo del caudal (Q) de generación de agua residual producida en el Conjunto Habitacional La Toscana.

$$Q = 0,8 * \left( 150 \left( \frac{L}{\text{persona} * \text{día}} \right) * 27 \text{ casas} * 4 \left( \frac{\text{personas}}{\text{casa}} \right) \right) = 12960 \text{ L/día}$$

$$Q = 0,3 \text{ L/segundo}$$

### CAUDAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

El caudal de ingreso del agua residual a la planta de tratamiento es de 0,3 L/segundo, sin embargo la producción de agua residual no es constante a lo largo del día, a continuación se calcula el caudal de producción de agua residual en la hora pico (Q<sub>hp</sub>), para lo cual se tomaron las consideraciones de la Tabla 9.1.

**TABLA 9.1. CAUDAL DE INGRESO A LA PTAR EN HORA PICO**

Consumo persona/día	150 L/persona*día
Número de casas	27
Número promedio personas/casa	4
Porcentaje de recepción del alcantarillado	80 %
<b>Total Producción de Agua Residual Diario La Toscana</b>	<b>12960 L/día</b> <b>0,3 L/s</b>
Hora pico de consumo	6:00 - 7:00 1 hora
Consumo en hora pico (40% de consumo total diario)	5184 L/hora
<b>Q<sub>hp</sub></b>	<b>1,44 L/s</b>

El caudal de agua residual producido en la hora pico (Q<sub>hp</sub>) es 1,44 L/s. La PTAR está diseñada para tratar un caudal de 20 m<sup>3</sup>/día (ver Anexo No. 10), lo que

equivale a 0,463 L/s, que es un caudal superior a los 0,3 L/s que se generan en el Conjunto La Toscana, por lo que la PTAR no trabajaría a su máxima capacidad, a excepción de los días en que se incorpore el caudal de precipitaciones.

## **REDUCCIÓN DE EMISIONES POR LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PTAR**

A continuación se presenta el cálculo de emisiones de GEI en el caso de implementarse la PTAR en el Conjunto Habitacional La Toscana.

### **EMISIONES DE METANO CH<sub>4</sub>**

Para la determinación de la cantidad de CH<sub>4</sub>, se aplica el proceso empleado en el numeral 3.3.3.2.2.2 del presente trabajo.

#### **Dato de actividad**

El dato de actividad corresponde al “total de materia orgánica degradable presente en las aguas residuales domésticas (TOW), expresado en Kg de DBO/año (IPCC, 2006)”, cuyo cálculo se desarrolla en el numeral 3.3.3.2.2.2.1.1 del presente trabajo, donde se obtuvo un TOW = 1.576,8  $\left(\frac{\text{Kg de DBO}}{\text{año}}\right)$ .

#### **Factor de emisión de CH<sub>4</sub>**

El factor de emisión depende del sistema de tratamiento que se da a las aguas residuales, y es “función del potencial máximo de producción de CH<sub>4</sub> (B<sub>o</sub>) y del factor de corrección del metano (MCF) (IPCC, 2006)”.

Para el factor de corrección del metano (MCF) en un sistema de tratamiento aerobio, el IPCC, 2006, proporciona un valor por defecto de cero (0), ya que al factor de corrección del metano (MCF) se define como “una medida del grado en que cada sistema es anaeróbico (IPCC, 2006)”.

Al aplicar la Ecuación No. 3.7:

$$FE = B_o * MCF$$

Donde:

FE: factor de emisión, en Kg de  $CH_4$ /Kg de DBO

$B_o^{15} = 0,6$  Kg de  $CH_4$ /Kg de DBO

MCF<sup>16</sup>=

Entonces, FE = 0

### **Emisiones totales de $CH_4$**

Para el cálculo de las emisiones totales de  $CH_4$  se aplica la Ecuación No. 3.8:

$$\text{Emisiones de } CH_4 = FE * [(TOW - S) - R]$$

Donde:

FE: factor de emisión, en Kg de  $CH_4$ /Kg de DBO.

TOW: total de materia orgánica en las aguas residuales, en Kg de DBO/año.

S: componente orgánico separado como lodo, en Kg de DBO/año

R: cantidad de  $CH_4$  recuperada durante el año de inventario, en Kg de  $CH_4$ /año.

Más si  $FE = 0$ , entonces las Emisiones de  $CH_4$  también serán iguales a cero (0).

Es decir que si se aplica el tratamiento aerobio propuesto en las aguas residuales domésticas del Conjunto Habitacional la Toscana, se reduciría el 100% de las emisiones de  $CH_4$ .

### **EMISIONES DE ÓXIDO NITROSO $N_2O$**

Para el cálculo de emisiones de  $N_2O$  provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales, el IPCC, 2006, ha determinado a través de pruebas de campo, un "factor de emisión global de 0,32 g de  $N_2O$ /persona\*año; los valores de emisión se obtuvieron en una planta que recibía únicamente aguas servidas domésticas (Czepiel et al., 1995 citado por IPCC, 2006)". "Las emisiones de  $N_2O$

<sup>15</sup> Valor por defecto (IPCC, 2006) de  $B_o$  (capacidad máxima de producción de metano ( $CH_4$ ) para las aguas residuales domésticas).

<sup>16</sup> Valor por defecto (IPCC, 2006) de MCF (factor corrector para el metano) para plantas de tratamiento centralizado aeróbico.

derivadas de los procesos de tratamiento centralizado de aguas servidas se calculan con la ecuación siguiente (IPCC, 2006)<sup>7</sup>.

$$N_2O_{PLANTA} = P * T_{PLANTA} * FE_{PLANTA}$$

Ecuación 9.1

Donde:

$N_2O_{PLANTA}$ : Total de emisiones de  $N_2O$  anuales procedentes de plantas de tratamiento, g de  $N_2O$ .

P: población generadora del agua residual

$T_{PLANTA}$ : grado de utilización de la planta de tratamiento, en %.

$FE_{PLANTA}$ : factor de emisión 3,2 g de  $N_2O$ /persona\*año.

Los valores utilizados para el presente trabajo son los siguientes:

P= 108 personas que habitan en el Conjunto La Toscana

$T_{PLANTA}$ = 100% (uso continuo de la planta de tratamiento)

$FE_{PLANTA}$ : 3,2 g de  $N_2O$ /persona\*año

$$N_2O_{PLANTA} = 108 \text{ personas} * 1 * 3,2 \left( \frac{\text{g de } N_2O}{\text{persona} * \text{año}} \right)$$

$$N_2O_{PLANTA} = 345,6 \left( \frac{\text{g de } N_2O}{\text{año}} \right)$$

$$N_2O_{PLANTA} = 0,3456 \left( \frac{\text{Kg de } N_2O}{\text{año}} \right)$$

En el caso de aplicar tratamiento en una planta paquete a las aguas residuales domésticas del Conjunto Habitacional La Toscana, se obtendría, para un período de 25 años, un total de 8,64 Kg de emisiones de  $N_2O$ , lo cual representa una reducción del 88.89%, con respecto a las emisiones de  $N_2O$  que se generarían si no se llegara a aplicar ningún tipo de tratamiento al agua residual (ver numeral 3.3.3.2.2.2.2 del presente trabajo).

### **COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PTAR**

En el Anexo No. 10, se presenta la hoja técnica de la planta paquete de tratamiento de aguas residuales junto con la cotización, que fue proporcionada por la Compañía Ingeniería y Servicios Ambientales (ISA, 2017).

**TABLA 9.2. COTIZACIÓN DE LA PTAR**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>V. Unitario (USD)</b>	<b>V. Total (USD)</b>
<b>PLANTA PAQUETE DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS</b>			
1	Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas para tratar un caudal de 20 m <sup>3</sup> /día. Incluye instalación y puesta en marcha.	\$29.500,00	\$29.500,00
<b>Subtotal (Sin IVA)</b>			<b>\$29.500,00</b>

FUENTE: ISA, 2017.

En la cotización de la Tabla 9.2 no se considera el valor de las obras complementarias requeridas para la instalación de la PTAR, ni el costo del mantenimiento periódico que debe darse. Este análisis se desarrolla a continuación.

### **COSTO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS PARA LA INSTALACIÓN DE LA PTAR**

En el presente planteamiento, se propone la instalación de la PTAR durante la etapa de construcción del Conjunto La Toscana. Para ello son necesarios trabajos de obras civiles que permitan colocar la PTAR por debajo del nivel del suelo, por lo que el constructor propone la implementación de un compartimiento de 2 metros de profundidad, 12 metros de largo y 4 metros de ancho (12m x 4m x 2m), con cubierta metálica. En la Tabla a continuación se presenta un cuadro de costos de la obra mencionada, que en su totalidad asciende \$ 3.968,00 dólares americanos (USD).

**TABLA 9.3. COSTO DE OBRAS COMPLEMENTARIAS**

No.	Rubro	Unidad	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Costo (USD)
1	Replanteo	m <sup>2</sup>	20,00	1,50	\$ 30,00
2	Excavación	m <sup>3</sup>	30,00	3,00	\$ 90,00
3	Desalojo	m <sup>3</sup>	36,00	3,00	\$ 108,00
4	Replanteo	m <sup>3</sup>	1,50	120,00	\$ 180,00
5	Hormigón en muros	m <sup>3</sup>	12,00	150,00	\$ 1.800,00
6	Hormigón de cimientos	m <sup>3</sup>	3,00	120,00	\$ 360,00
7	Cubierta metálica	m <sup>2</sup>	20,00	50,00	\$ 1.000,00
8	Acometida sanitaria	global	1,00	200,00	\$ 200,00
9	Acometida eléctrica	global	1,00	200,00	\$ 200,00
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 3.968,00</b>

Fuente: Azanza y Asociados Constructores CÍA. LTDA.

### **COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN**

En la Tabla a continuación se detalla el costo total de implementación de la PTAR que es \$33.468,00 dólares americanos (USD).

**TABLA 9.4. COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN DE LA PTAR**

Insumo	Costo (USD)
Planta Paquete de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas	\$29.500,00
Obras civiles complementarias	\$3.968,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$33.468,00</b>

### **ANÁLISIS DE COSTOS**

El costo total del sistema de tratamiento de aguas residuales es de \$33.468,00 dólares americanos (USD). Para el presente análisis se utilizarán los siguientes datos proporcionados por el constructor.

- Total de metros cuadrados de construcción del Conjunto La Toscana: 2.915,5 m<sup>2</sup>.
- Costo por metro cuadrado de construcción: \$500,00 dólares americanos.

Al dividir el costo total de implementación de la PTAR, para el número de metros cuadrados construidos, obtendremos que el costo de la misma corresponde a \$11,48 dólares americanos por cada metro cuadrado de construcción. Consecuentemente, la implementación de la PTAR, incrementaría a \$511,48 dólares americanos el costo por metro cuadrado de construcción.

**ANEXO No. 10**  
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y COTIZACIÓN DE LA PLANTA**  
**PAQUETE DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**  
**DOMÉSTICAS OFERTADA POR LA COMPAÑÍA INGENIERÍA Y**  
**SERVICIOS AMBIENTALES**



Calle del Establo y Calle C.  
Site Center, Torre 1, Oficina 010  
Tel.: 3801 340 / 41 / 42  
Santa Lucía, Cumbayá  
Quito - Ecuador

Quito, 23 de agosto de 2017

**SEÑOR**

**ING. NICOLÁS AZANZA**

**PRESENTE**

De mis consideraciones:

Adjunto a la presente, sírvase encontrar cotización por tres Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas para un caudal de 20 m<sup>3</sup>/día, para servir a una población de hasta 100 personas, para una producción de agua residual de 200 L/hab-día.

El tratamiento propuesto es un sistema integral que consiste en varios procesos unitarios, orientados a obtener los más bajos valores de carga contaminante.

La oferta se divide en 4 puntos:

- Descripción General de la PTAR
- Descripción Técnica Específica de la PTAR
- Calidad de Agua a obtenerse
- Oferta económica

Como es nuestra norma profesional, estamos seguros de proporcionarles un servicio rápido, óptimo y de la más alta calidad; esperamos únicamente su aprobación para poder entregar agua de excelente calidad en el campamento de su prestigiosa empresa.

Atentamente,

**ING. CARLOS TOLEDO**  
**GERENTE TÉCNICO**

## PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, 20 m<sup>3</sup>/día

### 1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES (tabla de resumen)

Tipo de planta	Paquete compacta, montada sobre un skid transportable
Caudal	Hasta 20 m <sup>3</sup> /día
Material de construcción	Acero ASTM A-36 de 5 mm de espesor, soldado con suelda mic o 7018 cordón continuo, pintura y fondo epóxico de grado alimenticio
Refuerzos exteriores	Tipo omega de 5 mm
Fondo epóxico	Sólidos por volumen 55 ± 2%, punto de inflamación < 21°C, espesor en humedad 136 as – seco 75 ras. Resistencia a temperatura de a 120°C en seco y 100°C en humedad, - 30°C en inmersión. Una mano
Tipo de Pintura:	Epóxica poliamida de grado alimenticio, sólidos por volumen 70 ± 2%, punto de inflamación < 21°C, espesor en humedad 128 as – seco 100 ras.  Resistencia a temperatura de a 120°C en seco y 100°C en humedad, - 20°C en inmersión. Dos manos de pintura
Incluye	Tapas de inspección con bisagras abatibles y cordón de sellado de neopreno  Material de tubo de 1 ½" para escaleras y pasamanos de inspección soldado con suelda mic o 7018 cordón continuo.
Tipo de tratamiento	Lodos activados mediante aireación extendida
Tipo de tratamientos preliminares	Tanque de ecualización Bombas sumergibles tipo grinder
Tratamiento de Lodos	Digestor aerobio
Dimensiones de la PTAR	Largo: 9.15 m Ancho: 1.88 m Alto: 1.88m
Base	IPN 160 mm



Calle del Establo y Calle C.  
Site Center, Torre 1, Oficina 010  
Tel.: 3801 340 / 41 / 42  
Santa Lucía, Cumbayá  
Quito - Ecuador

## 2 TRATAMIENTO PRELIMINAR

La primera parte del tratamiento consiste en bombear el agua desde el sumidero que recepta las aguas servidas del campamento, hacia el skid de la planta de tratamiento de aguas residuales negras y grises, para lo cual se emplearán dos bombas sumergibles de las siguientes características:

<b>Tipo</b>	Sumergible grinder
<b>Potencia</b>	1 HP, 220 v, 1PH
<b>Cantidad</b>	2 (1 en operación y otra en stand by)

El sumidero deberá ser construido por la empresa contratante, y deberá tener al menos 20 m<sup>3</sup> de capacidad útil.

## 3 TRATAMIENTO SECUNDARIO O BIOLÓGICO

Con este proceso se elimina el 90-95% del DBO y DQO SOLUBLE.

### 3.1 TANQUE DE ECUALIZACIÓN

El objetivo del tanque de ecualización es la de proveer un caudal de alimentación constante al tanque de aireación o bioreactor, el cual tendrá las siguientes dimensiones:

<b>Materia de Construcción</b>	Acero ASTM A-36 de 5 mm de espesor
<b>Capacidad de diseño</b>	1.7 m <sup>3</sup>
<b>Tipo de Pintura:</b>	Epóxica poliamida de grado alimenticio, sólidos por volumen 70 ± 2%, punto de inflamación < 21°C, espesor en humedad 128 as – seco 100 ras.  Resistencia a temperatura de a 120°C en seco y 100°C en humedad, - 20°C en inmersión. Dos manos de pintura
<b>Incluye</b>	Tapa de inspección con bisagras abatibles y cordón de sellado de neopreno
<b>Forma</b>	Rectangular
<b>Dimensiones de cada unidad</b>	Largo: 0.5 m Ancho: 1.88 m Alto: 1.88 m
<b>Incluye</b>	Escaleras de acceso para visualización



Calle del Establo y Calle C.  
Site Center, Torre 1, Oficina 010  
Tel.: 3801 340 / 41 / 42  
Santa Lucía, Cumbayá  
Quito - Ecuador

### 3.1.1 DESBASTE

Al ingreso a la planta de tratamiento de agua, se colocará una malla de retención de sólidos, que cumple la función de retener todo material grueso que pueda entorpecer el buen funcionamiento del sistema. Esta malla tiene las siguientes características:

Marca	ISA
Material de Construcción	Acero Inoxidable
Separación entre barras	5 mm

### 3.1.2 BOMBAS SUMERGIBLES

Estas bombas sumergibles serán las encargadas de alimentar agua al sistema de tratamiento biológico. Se dispondrá de dos bombas sumergibles en funcionamiento redundante (una en operación y otra en stand by) para la trituración de sólidos en cada unidad de equalización

Las características de estas bombas son:

<b>Tipo</b>	Sumergible
<b>Potencia</b>	0.75 HP, 230 v, 1PH
<b>Cantidad</b>	2 (1 en operación y otra en stand by)

Es importante contar con un medidor-totalizador de caudal con el fin de regular el caudal al valor de diseño, así como totalizar periódicamente el volumen de agua que ingresa al tanque de aireación. Las características de este equipo son las siguientes:

<b>Equipo</b>	<b>Medidor de caudal</b>
<b>Marca</b>	SEAMETRICS
<b>Tipo</b>	ELECTROMAGNETICO
<b>Conexión</b>	Roscado, de 1"
<b>Máxima presión de trabajo</b>	150 psi
<b>Incluye</b>	Totalizador

### 3.2 TANQUE DE AIREACIÓN O BIORREACTOR

En la zona de aireación, se desarrolla el proceso biológico de digestión aerobia conocido como Lodos activados. La aireación extendida se produce cuando a un sistema de lodos activados se lo somete a un tiempo de retención mayor a 12 horas.

La aeración se lleva a cabo en un tanque de acero A36 que tendrá las siguientes características.

Unidad	Tanque de Aireación
Material	Acero ASTM A-36 de 5 mm de espesor
Volumen	20 m <sup>3</sup>
Tiempo de retención hidráulico	24 h
Tipo de tratamiento biológico	Lodos activados mediante aireación extendida
Tipo de Pintura:	Epóxica poliamida de grado alimenticio, sólidos por volumen 70 ± 2%, punto de inflamación < 21°C, espesor en humedad 128 as – seco 100 ras. Resistencia a temperatura de a 120°C en seco y 100°C en humedad, - 20°C en inmersión. Dos manos de pintura
Incluye	Tapa de inspección con bisagras abatibles y cordón de sellado de neopreno
Forma	Rectangular
Dimensiones	Largo: 5.66 m Ancho: 1.88 m Alto: 1.88 m

En el fondo de la zona de aireación, se dispondrá de 8 difusores de burbuja fina, de las siguientes características:

Flujo	Hasta 8 cfm por cada difusor
Longitud del difusor	9"
Tipo	Burbuja fina

#### 3.2.1 BLOWERS

La aireación para dotar de oxígeno requerido por los microorganismos se genera a través de dos blowers en funcionamiento redundante, de las siguientes características:



Calle del Establo y Calle C.  
Site Center, Torre 1, Oficina 010  
Tel.: 3801 340 / 41 / 42  
Santa Lucía, Cumbayá  
Quito - Ecuador

<b>Tipo</b>	Blowers regenerativos
<b>Marca</b>	Republic o similar
<b>Modelo</b>	BB o similar
<b>Potencia</b>	220V / 1PH / 1.12 HP
<b>Cantidad</b>	2 (una en stand by)

Los blowers se encontrará dentro de una caseta cubierta, a fin de reducir los niveles de ruido ambiental, y contará con silenciador.

### 3.3 SEDIMENTACIÓN SECUNDARIA

Una vez que el agua se trata en el reactor biológico, el siguiente paso es decantar o sedimentar el bio-flock formado en la zona de aireación.

#### 3.3.1 SEDIMENTADOR SECUNDARIO

El sedimentador será de forma piramidal con un ángulo de inclinación no menor a 60°.

En la superficie del sedimentador se incorporaría un sistema de desnatado a través del proceso de arrastre conocido como "airliffting". Para esto se instalará sobre su superficie una tubería de 3" con las instalaciones hidráulicas necesarias.

<b>Materia de Construcción</b>	Acero ASTM A-36 de 6 mm de espesor
<b>Forma</b>	Piramidal
<b>Carga de rebose</b>	0.04 L/m-día
<b>Carga superficial</b>	12 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -día
<b>Área</b>	3.3 m <sup>2</sup>
<b>Altura</b>	1.88 m

Del tratamiento secundario el agua clarificada pasará a la línea de descarga, mientras que los lodos en exceso y natas serán enviados al sistema de tratamiento de lodos.

## 4 TRATAMIENTO DE LODOS

Los lodos en exceso o de desecho provenientes del sistema de sedimentación secundaria serán trasladados al sistema de tratamiento, que constará de las siguientes unidades y equipos:



Calle del Establo y Calle C.  
Site Center, Torre 1, Oficina 010  
Tel.: 3801 340 / 41 / 42  
Santa Lucía, Cumbayá  
Quito - Ecuador

#### 4.1.1 TANQUE BIODIGESTOR DE LODOS

Todos los lodos de desecho generados en el sedimentador secundario, serán almacenados en un tanque de lodos donde se estabilizarán biológicamente, el cual mantendrá las siguientes características:

<b>Materia de Construcción</b>	<b>Acero ASTM A-36 de 5 mm de espesor</b>
<b>Capacidad de diseño</b>	1.7 m <sup>3</sup>
<b>Forma</b>	Rectangular
<b>Dimensiones</b>	Largo: 0.5 m Ancho: 1.88 m Alto: 1.88 m

#### 4.1.2 BLOWER

La aireación para dotar de oxígeno requerido por las bacterias para la estabilización de los lodos se genera a través de los blowers del tanque de aireación:

En el fondo del tanque se dispondrá de 3 difusores de burbuja fina, de las siguientes características:

Marca	EDI
Origen	USA
Flujo	Hasta 8 cfm por cada difusor
Longitud del difusor	9"
Tipo	Burbuja fina

### 5 DESINFECCIÓN

El agua clarificada que sale de la zona de sedimentación, se dirige a un compartimento donde se añade hipoclorito de sodio con el fin de provocar una desinfección del agua tratada.

- Tiempo de residencia 30 minutos
- Dimensiones Largo: 0.75 m  
Ancho: 1.88 m  
Alto: 0.3 m

La desinfección se lleva a cabo incorporando hipoclorito de sodio a través de una bomba dosificadora de las siguientes características:

<b>Cantidad</b>	Una
-----------------	-----



Calle del Establo y Calle C.  
Site Center, Torre 1, Oficina 010  
Tel.: 3801 340 / 41 / 42  
Santa Lucía, Cumbayá  
Quito - Ecuador

<b>Tipo</b>	Diafragma Peristáltica
<b>Capacidad</b>	Hasta 6 GPD
<b>Presión</b>	Hasta 80 PSI
<b>Incluye</b>	Display Digital

Además, se incluye un tanque para almacenamiento de producto químico de 60L de capacidad con tapa, construido en material plástico.

#### 6 CALIDAD DE AGUA A OBTENERSE

ISA garantiza la siguiente calidad de agua, a obtenerse a la salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, de acuerdo a la Normativa TULSMA TABLA 10. DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE, última revisión.

Parámetros	Unidad	Valor a obtenerse TULSMA
<b>Aceites y Grasas</b>	mg/l	≤30
<b>Ph</b>	U	5.0 – 9.0
<b>DBO5</b>	mg/l	≤100
<b>DQO</b>	mg/l	≤200
<b>Fósforo</b>	mg/l	≤10
<b>Coliformes Fecales</b>	UFC/100 ml	≤2000
<b>Nitrógeno</b>	mg/l	≤50
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	mg/l	≤130



Calle del Establo y Calle C.  
Site Center, Torre 1, Oficina 010  
Tel.: 3801 340 / 41 / 42  
Santa Lucía, Cumbayá  
Quito - Ecuador

## 7 OFERTA ECONÓMICA

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	V. UNITARIO (dólares)	V. TOTAL (dólares)
<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS</b>			
1	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PARA TRATAR UN CAUDAL DE 20 m <sup>3</sup> /DÍA. INCLUYE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA	\$29.500,00	\$29.500,00
<b>SUBTOTAL</b>			<b>\$29.500,00</b>

**\*\* VALORES NO INCLUYEN IVA.**

**\*\* VALOR INCLUYE: CAPACITACIÓN PARA EL MANEJO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO. MANO DE OBRA PARA LA INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA, MANUALES DE OPERACIÓN.**

**\*\* EL TRANSPORTE DE LA PLANTA CORRE POR CUENTA DEL CONTRATANTE**

**FORMA DE PAGO:** 70% CON LA FIRMA DEL CONTRATO  
30% CONTRAENTREGA

**TIEMPO DE ENTREGA** 3 MESES



Calle del Establo y Calle C.  
 Site Center, Torre 1, Oficina 010  
 Tel.: 3801 340 / 41 / 42  
 Santa Lucía, Cumbayá  
 Quito - Ecuador

### CONDICIONES GENERALES

EN LA COTIZACIÓN ANTERIOR NO ESTÁN INCLUIDOS LOS SIGUIENTES TRABAJOS Y/O SUMINISTROS, GASTOS, ETC., **MARCADOS CON (X) QUE SON POR CUENTA DEL CLIENTE:**

1. (X) LAS OBRAS CIVILES Y/O DE ALBAÑILERÍA NECESARIAS PARA LA INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS TALES COMO CONSTRUCCIÓN DEL CUARTO PARA EL MONTAJE DE LOS MISMOS Y/O SALA DE MÁQUINAS, TANQUES BASES PARA LOS EQUIPOS (TANQUES, MOTORES, ETC.) APERTURA DE CHAMBAS, ZANJAS, RESANES, ETC.
2. (X) LOS SUMINISTROS DE AGUA Y ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS CAPACIDADES Y ESPECIFICACIONES NECESARIAS HASTA EL PUNTO ESPECIFICADO EN LA PLANTA COMO CERO (0) METROS DENTRO DE LA SALA DE MÁQUINAS O ÁREA DE MONTAJE. ESTOS SUMINISTROS DEBEN ESTAR DISPONIBLES DESDE EL COMIENZO DE LA INSTALACIÓN.
3. (X) TODOS LOS TRATAMIENTOS PRELIMINARES TALES COMO: TANQUES DE IGUALACIÓN, TRAMPAS DE GRASA, DESARENADORES, ETC. NECESARIOS PARA EL ÓPTIMO DESEMPEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.
4. (√) LA MANO DE OBRA DE LA INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS.
5. (√) LA DIRECCIÓN TÉCNICA Y SUPERVISIÓN DE LA INSTALACIÓN HASTA LA PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS.
6. (√) LOS MATERIALES HIDRÁULICOS Y ELÉCTRICOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN DE LOS EQUIPOS TALES COMO: TUBERÍAS HIDRÁULICAS Y CONDUIT ACCESORIOS, VÁLVULAS, CHEQUES, VÁLVULAS DE PIE, CABLES, ETC.
7. (√) LOS MATERIALES DE INTERCONEXIÓN DE LOS EQUIPOS CON EL RESTO DEL SISTEMA.
8. (√) OPERACIÓN ASISTIDA POR 5 DÍAS.
9. (√) LOS PRODUCTOS QUÍMICOS PARA EL TRATAMIENTO INICIAL DEL AGUA DURANTE EL PRIMER MES DE OPERACIÓN (30 DÍAS).
10. (X) LOS GASTOS DE TRANSPORTE DESDE LAS BODEGAS DE ISA, HASTA EL SITIO DE LA INSTALACIÓN.
11. (X) LOS GASTOS DE ACARREO CARGUE Y DESCARGUE DE LOS EQUIPOS, SEGUROS, ETC., DENTRO DE LAS BODEGAS CLIENTE O SITIO DE LA INSTALACIÓN.
12. (√) EL ENTRENAMIENTO DE LAS PERSONAS ASIGNADAS POR LA EMPRESA CONTRATANTE DURANTE EL TIEMPO DE MONTAJE PARA QUE RECIBAN LAS INSTRUCCIONES NECESARIAS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS, LOS OPERADORAS DEBEN ESTAR DISPONIBLES DESDE EL COMIENZO DE LA INSTALACIÓN DE CAMPO Y DURANTE TODO A LA PUESTA EN MARCHA INCLUYE 3 DÍAS PARA CAPACITACIÓN.
13. (√) MANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO Y CUALQUIER OTRA DOCUMENTACION SOLICITADA POR EL CLIENTE.

**ANEXO No. 11**  
**ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES: PROGRAMA DE**  
**RECICLAJE**

## ANTECEDENTES

La presente alternativa de reducción de emisiones consiste en el desarrollo de un Programa de Reciclaje dentro del Conjunto Habitacional La Toscana. Este programa de reciclaje estará alineado con la Ordenanza con código 100.147 sobre el Manejo Integral de los Residuos del Cantón Ambato, aprobada el 29 de agosto de 2017, la cual establece lo siguiente:

“Art. 14. SISTEMAS DE RECICLAJE.- El GAD Municipalidad de Ambato, a través de la EPM-GIDSA<sup>17</sup>, promoverá el proceso de reciclaje, recolección y reutilización de residuos sólidos domiciliarios.

Para facilitar el aprovechamiento, el proceso de reciclaje de los materiales recuperables de los residuos sólidos, en el propio lugar donde se generan, se utilizarán recipientes de colores específicos para los diferentes tipos de residuos a clasificar, respetando la normativa vigente como son: cartón y papel; plástico; vidrio y metálicos.

Los recipientes para su visualización y entendimiento tendrán los colores conforme la normativa nacional<sup>18</sup>.

En los sectores donde la EMP-GIDSA no contemple la ubicación de contenedores clasificadores de residuos, la recolección se efectuará a pie de vereda, pudiendo ser su reciclaje de puerta a puerta mediante los recicladores de base autorizados.

Para la aplicación del presente artículo la EMP-GIDSA implementará instructivos, programas y proyectos con la capacitación permanente y participación de la ciudadanía”.

Además, el programa de reciclaje del Conjunto la Toscana se apoyará en el convenio firmado en octubre de 2018, entre la Red Nacional de Recicladores del Ecuador (RENAREC), la Empresa Pública Municipal para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos de Ambato (EMP-GIDSA) y la Iniciativa Regional de Reciclaje Inclusivo (IRR); dicho convenio busca:

- Impulsar la recuperación del material reciclable mediante un esquema de operación conjunta entre municipio, recicladores de base y la ciudadanía.

---

<sup>17</sup> Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato.

<sup>18</sup> Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2841: Estandarización de colores para recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos.

- Generar plazas de empleo mediante la conformación de un grupo calificado de recicladores de base.
- Separación de los desechos desde la fuente.

Para la aplicación del presente Programa de Reciclaje, en el Conjunto Habitacional La Toscana se deberá:

- Instalar una estación de acopio temporal de desechos sólidos reciclables que estará ubicada cerca del área de ingreso al conjunto, y contará con recipientes de colores para la clasificación de los desechos (Tabla 11.1), una balanza para el pesado de los desechos, y una bitácora para registro de los desechos que se entreguen al reciclador de base. El encargado del pesaje de los residuos y su entrega al reciclador de base, y llenado de la bitácora, será el conserje del conjunto, bajo la supervisión y seguimiento del presidente de la directiva del conjunto o su delegado.

**TABLA 11.1. COLORES DE LOS RECIPIENTES PARA DESECHOS SÓLIDOS RECICLABLES**

Tipo de Residuo	Color de Recipiente	Descripción
Plástico/Envases multicapa	 Azul	Plástico susceptible de aprovechamiento, envases multicapa, PET. Botellas vacías y limpias de plástico de: agua, yogurt, jugos, gaseosas, etc. Fundas Plásticas, fundas de leche, limpias. Recipientes de champú o productos de limpieza vacíos y limpios.
Vidrio/Metales	 Blanco	Botellas de vidrio: refrescos, jugos, bebidas alcohólicas. Frascos de aluminio, latas de atún, sardina, conservas, bebidas. Deben estar vacíos, limpios y secos.
Papel/Cartón	 Gris	Papel limpio en buenas condiciones: revistas, folletos publicitarios, cajas y envases de cartón y papel. De preferencia que no tengan grapas. Papel periódico, propaganda, bolsas de papel, hojas de papel, cajas, empaques de huevo, envolturas.

FUENTE: NTE INEN 2841, 2014.

**PROGRAMA DE RECICLAJE DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

En la Tabla 11.2 se configura el mecanismo de implementación de un programa de reciclaje para el Conjunto Habitacional La Toscana. En la Tabla 11.3 se muestra el cronograma del programa de reciclaje.

**TABLA 11.2. PROGRAMA DE RECICLAJE DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

Programa de Reciclaje del Conjunto Habitacional La Toscana							
No.	Aspecto	Impacto	Medida	Indicador	Medio de verificación	Frecuencia	Plazo
<p><b>Objetivo General:</b> Establecer un mecanismo de reciclaje de los materiales recuperables de los residuos sólidos que se generan en los hogares del Conjunto Habitacional La Toscana.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b> Promover la separación en la fuente de los desechos que se generan en los hogares del Conjunto Habitacional La Toscana.                      Reducir el volumen de desechos generados en el Conjunto Habitacional La Toscana a ser dispuesto en el relleno sanitario de la ciudad de Ambato.                      Reducir las emisiones de GEI que se producen a partir de la generación de desechos de los hogares del Conjunto Habitacional La Toscana.</p> <p><b>Ámbito de Aplicación:</b> Conjunto Habitacional La Toscana, parroquia Atahualpa, cantón Ambato, Ecuador.</p> <p><b>Responsable:</b> Presidente de la Directiva del Conjunto Habitacional La Toscana o su delegado.</p>							
0	Propuesta de la realización de un Programa de Reciclaje a los propietarios del Conjunto Habitacional La Toscana	Voluntad de los propietarios del conjunto a favor o en contra del Programa de Reciclaje	Se presentará ante los vecinos del Conjunto Habitacional La Toscana el proyecto para la realización de un Programa de Reciclaje, se indicará el presupuesto estimado para el desarrollo del mismo.	100 % cumplimiento	Aprobación/desaprobación por parte de los propietarios	-	-
1	Ordenanza con código 100.147 de 29 de agosto de 2017 y convenio RENAREC-EMPGIDSA-IRR	Existencia de recicladores de base trabajadores de la EMP-GIDSA que realizan la recolección de residuos reciclables a pie de vereda	Se solicitará a la EMP-GIDSA la asignación de un reciclador de base que visitará el conjunto una vez por mes para recolectar los residuos reciclables.	Número de solicitudes realizadas/Número de solicitudes aprobadas por parte de la EMP-GIDSA*100	Documentación de solicitud realizada Documentación de solicitud aceptada por parte de la EMP-GIDSA	Una vez	Previo al inicio del programa de reciclaje
2	Aprobación de los propietarios del conjunto para la realización del Programa de Reciclaje	Requerimiento de una estación de acopio temporal de residuos reciclables	Se realizará la instalación y acondicionamiento de una estación de acopio temporal de residuos reciclables que estará ubicada cerca del área de ingreso al conjunto y contará con: - Piso impermeabilizado de hormigón armado y cubierta duratecho. - Cerramiento y puerta de malla galvanizada. - Recipientes de colores para la disposición de residuos reciclables. - Balanza para el pesaje de los residuos reciclables. - Señalética informativa - Instalación sanitaria y rejilla de drenaje e instalación eléctrica con una luminaria.	% cumplimiento	Registro documental y/o fotográfico de la finalización de la instalación y acondicionamiento de la estación de acopio temporal de residuos reciclables	Una vez	Previo al inicio del programa de reciclaje
3	Disponibilidad de todos los elementos requeridos para la puesta en marcha del Programa de Reciclaje	Desconocimiento de los propietarios del conjunto sobre el mecanismo de funcionamiento del Programa de Reciclaje	Previo a su inicio, se socializará el Programa de Reciclaje a las familias del conjunto, mediante una capacitación sobre el tema de la separación de los residuos en la fuente y el reciclaje, así como el mecanismo de clasificación, acopio temporal, pesaje, entrega a un reciclador de base, transporte y disposición final de sus residuos reciclables, y la ordenanza, convenio y normativa que sustentan el programa.	% cumplimiento	Registro de socialización	Una vez	Previo al inicio del programa de reciclaje



**TABLA 11.3. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE RECICLAJE DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

Programa de Reciclaje del Conjunto Habitacional La Toscana		Cronograma Anual del Programa de Reciclaje del Conjunto Habitacional La Toscana															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
<b>Objetivo General:</b> Establecer un mecanismo de reciclaje de los materiales recuperables de los residuos sólidos que se generan en los hogares del Conjunto Habitacional La Toscana.																	
<b>Objetivos Específicos:</b> Promover la separación en la fuente de los desechos que se generan en los hogares del Conjunto Habitacional La Toscana. Reducir el volumen de desechos generados en el Conjunto Habitacional La Toscana a ser dispuesto en el relleno sanitario de la ciudad de Ambato. Reducir las emisiones de GEI que se producen a partir de la generación de desechos de los hogares del Conjunto Habitacional La Toscana.																	
<b>Ámbito de Aplicación:</b> Conjunto Habitacional La Toscana, parroquia Atahualpa, cantón Ambato, Ecuador.																	
<b>Responsable:</b> Presidente de la Directiva del Conjunto Habitacional La Toscana o su delegado.																	
<b>No.</b>	<b>Medida</b>	<b>Indicador</b>	<b>Medio de verificación</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Plazo</b>												
0	Se presentará ante los vecinos del Conjunto Habitacional La Toscana el proyecto para la realización de un Programa de Reciclaje, se indicará el presupuesto estimado para el desarrollo del mismo.	100 % cumplimiento	Aprobación/desaprobación por parte de los propietarios	-	-												
1	Se solicitará a la EMP-GIDSA la asignación de un reciclador de base que visitará el conjunto una vez por mes para recolectar los residuos reciclables.	Número de solicitudes realizadas/Número de solicitudes aprobadas por parte de la EMP-GIDSA*100	Documentación de solicitud realizada Documentación de solicitud aceptada por parte de la EMP-GIDSA	Una vez	Previo al inicio del programa de reciclaje												
2	Se realizará la instalación y acondicionamiento de una estación de acopio temporal de residuos reciclables que estará ubicada cerca del área de ingreso al conjunto y contará con: - Piso impermeabilizado de hormigón armado y cubierta duratecho. - Cerramiento y puerta de malla galvanizada. - Recipientes de colores para la disposición de residuos reciclables. - Balanza para el pesaje de los residuos reciclables. - Señalética - Instalación sanitaria y rejilla de drenaje e instalación eléctrica con una luminaria.	% cumplimiento	Registro documental y/o fotográfico de la finalización de la instalación y acondicionamiento de la estación de acopio temporal de residuos reciclables	Una vez	Previo al inicio del programa de reciclaje												
3	Previo a su inicio, se socializará el Programa de Reciclaje a las familias del conjunto, mediante una capacitación sobre el tema de la separación de los residuos en la fuente y el reciclaje, así como el mecanismo de clasificación, acopio temporal, pesaje, entrega a un reciclador de base, transporte y disposición final de sus residuos reciclables, y la ordenanza, convenio y normativa que sustentan el programa.	% cumplimiento	Registro de socialización	Una vez	Previo al inicio del programa de reciclaje												

Programa de Reciclaje del Conjunto Habitacional La Toscana		Cronograma Anual del Programa de Reciclaje del Conjunto Habitacional La Toscana													
Objetivo General:		Mes													
Objetivos Específicos:		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
No.	Medida	Indicador	Medio de verificación	Frecuencia	Plazo										
4	Se capacitará al conserje del conjunto, sobre su función de entregar los residuos reciclados al reciclador de base asignado por la EMP-GDSA mensualmente. Previo a la entrega de los residuos reciclados, el conserje deberá pesar y registrar en una bitácora los pesos entregados al reciclador, según el tipo de residuo (papel y cartón, plástico, vidrio y/o latas).	% cumplimiento	Registro de capacitación	Una vez	Previo al inicio del programa de reciclaje										
5	Las familias del conjunto colocarán sus desechos reciclables en la estación de acopio temporal dentro de los recipientes de colores así dispuestos.	% cumplimiento	Bitácora de entrega de registro	Permanente	Durante la vigencia del Programa de Reciclaje										
6	El conserje del conjunto pesará y registrará las cantidades de residuos reciclables en la bitácora, y procederá a entregarlos al reciclador de base.	% cumplimiento	Lista de chequeo	Mensual	Durante la vigencia del Programa de Reciclaje										
7	El presidente de la directiva del conjunto, o su delegado, supervisará y dará seguimiento al programa de reciclaje mediante la revisión del cumplimiento de esta matriz, de forma mensual.	% cumplimiento		Mensual	Durante la vigencia del Programa de Reciclaje										
8	En las asambleas de vecinos se informará las cantidades de desechos recicladas y la reducción de emisiones de GEI lograda. Además, se identificarán las falencias y/o oportunidades de mejora del Programa de Reciclaje.	% cumplimiento	Acta de asamblea de vecinos	Cuando se lleven a cabo asambleas de vecinos	Durante la vigencia del Programa de Reciclaje										

### **COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE RECICLAJE**

A continuación, se muestra la cotización de la infraestructura y elementos necesarios para la puesta en marcha del Programa de Reciclaje en el Conjunto Habitacional La Toscana.

**TABLA 11.4. COSTOS DE INFRAESTRUCTURA PARA EL PROGRAMA DE RECICLAJE**

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
1	Construcción de la estación de acopio temporal de desechos sólidos reciclables, que cuente con las siguientes características: - Superficie: 4 metros cuadrados. - Piso impermeabilizado de hormigón armado. - Cubierta duratecho. - Cerramiento y puerta de malla galvanizada. - Instalación sanitaria con rejilla de drenaje. - Instalación eléctrica con una luminaria.	\$868,85	\$868,85
3	Recipientes de colores para la disposición de residuos reciclables de acuerdo a la NTE INEN 2841.	\$65,99	\$197,97
1	Balanza para pesaje de los residuos reciclables	\$35,99	\$35,99
3	Señalética informativa	\$12,00	\$36,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$1.138,81</b>

FUENTE: Azanza & Asociados, 2019; Comercial Kiwi S.A., 2019; Viacom Publicidad, 2019.

### **REDUCCIÓN DE EMISIONES DEBIDO AL PROGRAMA DE RECICLAJE DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

En la TABLA 11.4 se presentan los porcentajes de reducción de emisiones alcanzables en caso de llegar a reciclar el 50 %, 10 % y 5 % de papel y cartón, plásticos, o residuos de metal y vidrio generados en el Conjunto La Toscana, para un período de 25 años. Para el cálculo de estos porcentajes de reducción de emisiones se aplicaron los criterios de la TABLA 3.18, TABLA 3.19, Ecuación 3.11 y Ecuación 3.12 del Capítulo 3 del presente trabajo.

**TABLA 11.4. PORCENTAJES DE REDUCCIÓN DE EMISIONES**

<b>Tipo de Desecho Reciclable</b>	<b>% Reciclado en un periodo de 25 años</b>	<b>Lo (Ton de CH<sub>4</sub>)</b>	<b>% Reducción de Emisiones</b>
Papel/cartón	50%	$4,10 \times 10^{-7}$	37,52%
	10%	$6,01 \times 10^{-7}$	8,39%
	5%	$6,28 \times 10^{-7}$	4,25%
Plásticos	50%	$6,20 \times 10^{-7}$	5,40%
	10%	$6,49 \times 10^{-7}$	1,08%
	5%	$6,52 \times 10^{-7}$	0,54%
Vidrio/Metales	50%	$6,36 \times 10^{-7}$	3,10%
	10%	$6,52 \times 10^{-7}$	0,62%
	5%	$6,54 \times 10^{-7}$	0,31%

**ANEXO No. 12**  
**ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES: SISTEMA DE**  
**PICO Y PLACA DE VECINOS**

## **SISTEMA DE PICO Y PLACA DE VECINOS DEL CONJUNTO HABITACIONAL LA TOSCANA**

Para generar una relación de sustentabilidad en el aspecto del relacionamiento comunitario, a través del cual se pueda reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), se propone a continuación un sistema de Pico y Placa entre vecinos.

La presente alternativa de reducción de emisiones se presenta como una alternativa sencilla y económica. Sin embargo, depende de la aceptación que llegue a tener por parte de los vecinos, del compromiso de cada uno de ellos, de la organización que desarrollen como comunidad y de la conciencia que tengan, o puedan llegar a adquirir, sobre los beneficios que el presente modelo aporte al ambiente.

Para la implementación del Sistema de Pico y Placa de Vecinos se desarrolló un cronograma que se muestra en la Tabla a continuación.

**TABLA 12.1. CRONOGRAMA PARA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PICO Y PLACA DE VECINOS**

Vecinos	Días Laborables Semana				
	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie
Propietario Casa 1					
Propietario Casa 2					
Propietario Casa 3					
Propietario Casa 4					
Propietario Casa 5					
Propietario Casa 6					
Propietario Casa 7					
Propietario Casa 8					
Propietario Casa 9					
Propietario Casa 10					
Propietario Casa 11					
Propietario Casa 12					
Propietario Casa 13					
Propietario Casa 14					
Propietario Casa 15					
Propietario Casa 16					
Propietario Casa 17					
Propietario Casa 18					
Propietario Casa 19					
Propietario Casa 20					
Propietario Casa 21					
Propietario Casa 22					
Propietario Casa 23					
Propietario Casa 24					
Propietario Casa 25					
Propietario Casa 26					
Propietario Casa 27					

La aplicación exitosa del modelo propuesto, a mediano plazo se podría replicar en toda la Parroquia de Atahualpa.

## REDUCCIÓN DE EMISIONES DEBIDO A LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE PICO Y PLACA DE VECINOS

### Dato de actividad (DA)

El dato de actividad (DA) corresponde a la cantidad de combustible consumido, para un período de 25 años, considerando la aplicación del Sistema de Pico y Placa de Vecinos.

- Para los días lunes, jueves y viernes (circulan 22 vehículos y 5 se quedan en casa)

$$DA = \text{No. Automóviles} * [\text{Consumo gasolina (Distancia ida + Distancia regreso)}]$$

Ecuación 12.1

Donde:

No. Automóviles = 22

Distancia ida = 18,4 Km

Distancia regreso = 10,4 Km

Consumo = 0,0807 L gasolina/Km

$$DA = 22 * \left[ 0,0807 \frac{L}{Km} * \left( 18,4 \frac{Km}{día} + 10,4 \frac{Km}{día} \right) \right]$$

$$DA = 51,1 \frac{L \text{ gasolina}}{día}$$

- Para los días martes y miércoles (circulan 21 vehículos y 6 se quedan en casa)

$$DA = \text{No. Automóviles} * [\text{Consumo gasolina (Distancia ida + Distancia regreso)}]$$

Donde:

No. Automóviles = 21

Distancia ida = 18,4 Km

Distancia regreso = 10,4 Km

Consumo = 0,0807 L gasolina/Km

$$DA = 21 * \left[ 0,0807 \frac{L}{Km} * \left( 18,4 \frac{Km}{día} + 10,4 \frac{Km}{día} \right) \right]$$

$$DA = 48,8 \frac{L \text{ gasolina}}{día}$$

Dato de Actividad ( $DA_{25 \text{ años}}$  para un período de 25 años:

$$DA_{25 \text{ años}} = \left[ 3 \frac{días}{semana} * \left( 51,1 \frac{L \text{ gasolina}}{día} \right) + 2 \frac{días}{semana} * \left( 48,8 \frac{L \text{ gasolina}}{día} \right) \right]$$

$$DA_{25 \text{ años}} = 250,9 \frac{L \text{ gasolina}}{semana}$$

$$DA_{25 \text{ años}} = \left( 250,9 \frac{L \text{ gasolina}}{semana} \right) * \left( \frac{1 \text{ semana}}{5 \text{ días laborables}} \right) * \left( 250 \frac{días \text{ laborables}}{año} \right) * 25 \text{ años}$$

$$DA_{25 \text{ años}} = 313.664,4 L \text{ gasolina}$$

#### **Factor de emisión (FE)**

Se utilizó el factor de emisión por defecto de la gasolina para motores de las Directrices del IPCC, 2006: 69 300 Kg de CO<sub>2</sub>/TJ.

#### **Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>**

Para este cálculo se aplicó la Ecuación 3.12:

$$Emisiones \text{ CO}_2 = (DA) * (FE) * (Poder \text{ calorífico neto gasolina})$$

Donde:

DA = 313.664,4 L gasolina

FE = 69300 Kg de CO<sub>2</sub>/TJ

Poder calorífico neto gasolina =  $3,22164 \times 10^{-5} \frac{TJ}{L}$

*Emisiones CO<sub>2</sub> = 700.286,3 Kg de CO<sub>2</sub>*

$$Emisiones CO_2 = (313.664,4 L gasolina) * \left(69300 \frac{Kg de CO_2}{TJ}\right) * \left(3,22164 \times 10^{-5} \frac{TJ}{L}\right)$$

En caso de aplicarse el sistema de Pico y Placa de vecinos, las emisiones calculadas de CO<sub>2</sub> para un período de 25 años alcanzan los 700.286,3 Kg de CO<sub>2</sub>, lo que muestra que mediante la aplicación de la presente propuesta, se puede reducir en un 20% el volumen de emisiones que se producen en caso de no aplicarse el Pico y Placa de Vecinos (ver numeral 3.3.3.2.3.1.3).

#### **Costo del sistema de pico y placa de vecinos**

La presente propuesta no conlleva altos costes, sin embargo, requiere gran compromiso de parte de todos los vecinos propietarios del Conjunto La Toscana.

**ANEXO No. 13**  
**RELACIÓN SUSTENTABLE CON LA COMUNIDAD**

## RELACIÓN SUSTENTABLE CON LA COMUNIDAD

Para alcanzar la socialización de los habitantes del Conjunto Habitacional La Toscana con los demás vecinos de la Parroquia Atahualpa. Se propone la conformación de un equipo de fútbol barrial, y su participación en los campeonatos barriales que se organizan los fines de semana en las cachas públicas presentes en el sector.

**FIGURA 13.1.** VECINOS JUGANDO FÚTBOL EN LA CANCHA DEL SECTOR ATAHUALPA



Fuente: Diario La Hora, 2017.