

## DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, SEDE QUITO, CAMPUS SUR. AÑO BASE 2012.

DETERMINATION OF CARBON FOOTPRINT IN THE SALESIAN UNIVERSITY,  
SOUTH CAMPUS, QUITO, BASE YEAR 2012

Richard Vilches, Fernando Dávila y Santiago Varela

*Grupo de Investigación en Ciencias Ambientales, Centro de Investigación en Modelamiento Ambiental CIMA-UPS, Universidad Politécnica Salesiana, Av. Morán Valverde s/n y Rumichaca, Quito. Ecuador.*

Autor para correspondencia: rvilches@ups.edu.ec

Manuscrito recibido el 24 de junio de 2014. Aceptado, tras revisión, el 4 de junio de 2015.

---

### Resumen

En este trabajo de investigación se logró determinar la huella de carbono de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus sur; el valor obtenido para el año 2012 fue de 873,88 toneladas de dióxido de carbono equivalente. La metodología aplicada es el "Protocolo de gases de efecto invernadero" que establece el cálculo de tres alcances, denominados Scopes. Para la UPS-Sur, el Scope 1 relacionado con el uso de combustibles es de 16,82 toneladas de CO<sub>2</sub> eq, el Scope 2 mismo que tiene que ver con el consumo eléctrico es de 209,07 t CO<sub>2</sub> eq y el Scope 3 que considera las emisiones de GEI por la adquisición y utilización de insumos, por la descomposición de residuos sólidos orgánicos y de descargas líquidas, tiene un valor de 647,99 t CO<sub>2</sub> eq.

Puesto que en el año 2012 había 3870 individuos realizando actividades dentro de las instalaciones de la UPS-Sur, es posible establecer un valor per cápita anual de H-C de 225,81 kg de CO<sub>2</sub> eq emitidos hacia la atmosfera.

Para verificar estos resultados se empleó el software SimaPro 7.3, con el cual se obtuvo un total de 861,03 t CO<sub>2</sub> eq. La diferencia entre los dos valores de huella de carbono se debe a que en el software no se considera los residuos ni las descargas líquidas del campus.

**Palabras claves:** Huella de carbono, Scopes, UPS, Quito.

---

### Abstract

This paper calculates the carbon footprint of the Polytechnic Salesian University, south campus, the value obtained for the year 2012 was 873, 88 tons of equivalent carbon dioxide. The methodology used was the "Greenhouse gas protocol" that calculates three scopes. For UPS-South, Scope 1-related to fuel use—was measured at 16, 82 tons of equivalent CO<sub>2</sub>; Scope 2-it has to do with power consumption-was 209, 07 tons of equivalent CO<sub>2</sub>; and, Scope 3-considers GHG emissions for the acquisition and use of inputs, through the decomposition of organic solid waste and liquid discharges—had a value of 647, 99 t CO<sub>2</sub> eq.

Because in 2012 there were 3870 individuals doing activities in the UPS-South campus, it was possible to establish an annual per capita value for carbon footprint of 225,81 kg CO<sub>2</sub> eq emitted to the atmosphere.

SimaPro 7.3 software was used to verify this result, in which a total of 861, 03 t CO<sub>2</sub> eq were obtained. The difference between the two values of carbon footprint is due to the software's different treatment for organic solid waste and the liquid waste discharges, which are ignored from the calculations.

**Keywords:** Carbon footprint, Scopes, UPS, Quito.

---

Forma sugerida de citar: Vilches, R., D. Fernando y S. Varela 2015. **Determinación de la huella de carbono en la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus sur. Año base 2012..** La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 21(1): 34-45. ISSN: 1390-3799.

---

## 1. Introducción

Uno de los mayores problemas a los que se enfrenta la población actualmente es el cambio climático generado por razones antrópicas; dicho fenómeno no se refiere únicamente a un incremento de la temperatura, sino también, a las variaciones en las condiciones climáticas del planeta, tal y como se expresa en los muchos informes dictaminados por el IPCC.

Generalmente cualquier actividad, producto o servicio relacionados con la satisfacción del ser humano tienen una equivalencia en dióxido de carbono y el campus sur de la UPS no es la excepción; diariamente los estudiantes, maestros y personal que se encuentran dentro de las instalaciones de este establecimiento producen cierto impacto ambiental que, sumado a las emisiones de GEI de la ciudad, poco a poco favorece al incremento del calentamiento global, modificando el delicado equilibrio en la tierra.

## 2. Materiales y métodos

La determinación de la Huella de Carbono planteada en este proyecto se realizó en base al "Protocolo de Gases de Efecto Invernadero" del año 2006.

Este estudio se dividió en dos fases, la primera engloba la recopilación de la información disponible en la universidad y la identificación de fuentes fijas y móviles emisoras de GEI; la segunda abarca el cálculo matemático usando factores de emisión, con la finalidad de transformar los combustibles, la energía e insumos en masa de dióxido de carbono equivalente.

Finalmente se realiza el análisis de resultados comparando los valores obtenidos en la fase dos, con aquellos que se consiguen al usar un software profesional de cálculo de huella de carbono.

### 2.1 Fase I

Toda la información necesaria para la realización de esta investigación fue proporcionada por la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus sur. Se revisó la documentación de activos fijos y memorandos del año 2012, de la cual se logró obtener:

- Facturas de consumo eléctrico del año 2012 pertenecientes al campus sur.
- Facturas de combustible utilizado.
- Facturas de insumos y equipos adquiridos durante el año base.

Tabla 1. Consumo eléctrico de la UPS-Sur durante el año 2012

MES	CONSUMO MED. 1 (kWh)		CONSUMO MED. 2 (kWh)		OTROS (kWh)	TOTAL (kWh)
	07:00-22:00	22:00-07:00	07:00-22:00	22:00-07:00		
Enero	20855	6294	4990	1981	761	34881
Febrero	19078	6971	5039	2199	716	34003
Marzo	20308	6588	5403	1983	0	34282
Abril	23211	7355	6035	2318	936	39855
Mayo	24631	8081	6628	2607	0	41947
Junio	23291	7006	5833	2219	712	39061
Julio	24973	7741	6273	2366	0	41353
Agosto	17133	7898	3099	2090	712	30932
Septiembre	17587	6916	5348	2167	0	32018
Octubre	26866	8208	4794	1755	0	41623
Noviembre	28943	8617	6036	2282	0	45878
Diciembre	23516	7923	5257	2263	0	38959
<b>TOTAL</b>	<b>270392</b>	<b>89598</b>	<b>64735</b>	<b>26230</b>	<b>3837</b>	<b>454792</b>

Fuente: Universidad Politécnica Salesiana Ecuador (2013)

**Tabla 2.** Caracterización de aguas residuales de la UPS-Sur en 2012

Detalle	Valor	Unidad
Promedio caudal	0,944	L/s
Caudal diario	81.583,2	L/día
Población universitaria total (estudiantes y administrativos)	3870	individuos
PPC Aguas Residuales	21,08	L/individuo*día
DBO <sub>5</sub>	352,3	mg/L

Fuente: (Heredia y González, 2013). *Estudio de caracterización y cuantificación de residuos sólidos y líquidos de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur*, pág. 129

**Tabla 3.** Generación promedio diaria de residuos sólidos de la UPS-Sur en 2012

Área identificada	Pesaje 1 (kg/día)	Pesaje 2 (kg/día)	Pesaje 3 (kg/día)	Pesaje 4 (kg/día)	Promedio (kg/día)
Área académica	25,35	30,05	26,80	30,26	28,12
Área administrativa	2,88	2,10	3,08	2,47	2,63
Área libre	5,76	6,55	4,72	5,92	5,74
Área cafetería	49,20	45,00	42,54	34,64	42,85
Área específica	0,75	1,02	0,96	0,76	0,87
<b>Generación Total Promedio de Residuos Comunes</b>					<b>80,20</b>

Fuente: (Heredia y González, 2013). *Estudio de caracterización y cuantificación de residuos sólidos y líquidos de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur*, pág. 121

**Tabla 4.** Factores de emisión de combustibles utilizados en la UPS-Sur

Combustible	PCI (kcal/kg)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	F-E (kg CO <sub>2</sub> /TJ)	F-E (kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )	F-E (t CO <sub>2</sub> /L)
Diésel	11300	550	74 100	2 677	2,677 x 10 <sup>-3</sup>
Gasolina	10273	840	69 300	2 242	2,242 x 10 <sup>-3</sup>
GLP	10583	730	63 100	1 642	1,642 x 10 <sup>-3</sup>

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.

El uso de combustibles fósiles en el campus se debe principalmente a la generación de electricidad, a la preparación de alimentos y a la utilización de equipos de poda. Se logró determinar que la UPS-Sur utilizó en 2012: 400 gal. de diésel, 100 gal. de gasolina y 265 tanques de GLP de 15 kg.

Durante el año base la UPS-Sur adquirió varios bienes materiales que son considerados en los cálculos; de todos estos artículos se ha considerado uno en especial debido a su gran cantidad y por tener un factor de emisión relativamente alto, puesto que éste influirá en el valor final de la huella de carbono.

Los datos de generación y caracterización de residuos sólidos y descargas líquidas del campus, se obtuvieron de una investigación llevada a cabo durante el año 2012; y se muestran a continuación.

“La composición de residuos sólidos comunes generados por toda la comunidad universitaria en las diferentes áreas donde la población realiza sus actividades diarias tanto estudiantes como el personal administrativo, muestra que el mayor contenido es una fracción orgánica.” (Heredia y González, 2013)

Los resultados muestran que los residuos de cocina y comida son los de mayor relevancia, puesto que alcanzan un 46,47% del total de residuos generados en todas las áreas del campus. En segundo lugar, los diferentes tipos de plástico representan el 21,22%, y el papel le sigue con un valor de 15,87%. La diferencia corresponde a materiales como: vidrio, metal, otros orgánicos, otros inorgánicos, residuos especiales y peligrosos.

## 2.2 Fase II

Para realizar el cálculo de huella de carbono se aplica factores de emisión documentados y confiables determinados por varias entidades, como por ejemplo: el IPCC, la comisión europea y algunos ministerios; también es posible utilizar inventarios nacionales de GEI de varios países e informes anuales de uso de energía.

La norma ISO 14064:2006 establece que la ecuación principal de la H-C es:

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Dato de actividad} * (FE) \quad (1)$$

Dónde:

- Dato de actividad: es la cantidad de combustible, kWh consumidos, etc.
- FE: es el factor de emisión para cada dato de actividad.

### 2.2.1 Cálculo del Scope 1

Como se mencionó anteriormente el Scope 1 o alcance 1 está relacionado con las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles; las operaciones matemáticas que permitieron obtener el valor de dicho alcance se detallan a continuación.

- Para el diésel:

$$400 \text{ gal} \left| \frac{3,78 \text{ L}}{1 \text{ gal}} \right| = 1512 \text{ L}$$

- Para la gasolina:

$$100 \text{ gal} \left| \frac{3,78 \text{ L}}{1 \text{ gal}} \right| = 378 \text{ L}$$

- Para el gas licuado de petróleo:

$$\left\langle 265 \text{ tanques GLP} \left| \frac{15 \text{ kg}}{1 \text{ tanque GLP}} \right. \right\rangle = \frac{3975 \text{ kg}}{550 \text{ kg/m}^3} \\ = 7,227 \text{ m}^3 \\ = 7227 \text{ L}$$

Utilizando la ecuación 1 es posible obtener un valor en toneladas de dióxido de carbono equivalente. Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

**Tabla 5.** Transformación de litros de combustible a t CO<sub>2</sub>

Combustible	Volumen (L)	F-E (t CO <sub>2</sub> /L)	t CO <sub>2</sub>
Diésel	1512	2,676 x 10 <sup>-3</sup>	4,05
Gasolina	378	2,241 x 10 <sup>-3</sup>	0,85
GLP	7227	1,642 x 10 <sup>-3</sup>	11,87

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela, 2014

Además de las emisiones de CO<sub>2</sub> es también necesario obtener un valor en toneladas de los otros dos GEI importantes en el Ecuador, que son: el metano y el óxido nitroso

**Tabla 6.** Factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O

Combustible	Factor de emisión (kg/TJ)	
	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Diésel	3	0,6
Gasolina	3,8	5,7
GLP	5	0,1

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.*

Para realizar la transformación de volumen de combustible empleado en el año 2012 a toneladas de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, se realiza los siguientes cálculos, tomando en cuenta que:

$$1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ} \quad \text{y} \quad 1 \text{ kJ} = 1 \times 10^{-9} \text{ TJ}$$

- Para el diésel:

$$10273 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \left| \frac{840 \text{ kg}}{\text{m}^3} \right| \left| \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right| = 8629,32 \frac{\text{kcal}}{\text{L}}$$

$$8629,32 \frac{kcal}{L} \left| \frac{4,1868 kJ}{1 kcal} \right| \left| \frac{1 \times 10^{-9} TJ}{1 kJ} \right| =$$

$$= 3,613 \times 10^{-5} \frac{TJ}{L}$$

Usando la ecuación 1 y transformando las unidades, se puede obtener un valor en toneladas, tanto de metano como de óxido nitroso.

$$3,613 \times 10^{-5} \frac{TJ}{L} \left| \frac{3 kg CH_4}{TJ} \right| \left| \frac{1512 L}{1} \right| \left| \frac{1 t CH_4}{1000 kg CH_4} \right| =$$

$$= 1,64 \times 10^{-4} t CH_4$$

$$3,613 \times 10^{-5} \frac{TJ}{L} \left| \frac{0,6 kg N_2O}{TJ} \right| \left| \frac{1512 L}{1} \right| \left| \frac{1 t N_2O}{1000 kg N_2O} \right| =$$

$$= 3,27 \times 10^{-5} t N_2O$$

Realizando el procedimiento anterior para la gasolina y el GLP se obtiene también sus valores en toneladas de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, estos resultados se presentan a continuación.

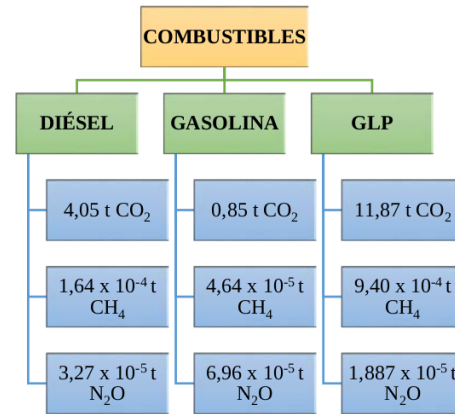


Figura 1. GEI por combustible consumido en la UPS-Sur. Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela, 2014

La manera de transformar las toneladas de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O a t CO<sub>2</sub> equivalente es utilizando los valores de potencial de calentamiento atmosférico de cada gas. Para lo cual se puede plantear la siguiente fórmula:

$$\text{toneladas CO}_2 \text{ eq} = \text{toneladas GEI} \times \text{PCA} \quad (2)$$

Dónde:

- Toneladas de GEI: son los valores totales de cualquier GEI.
- PCA: es el potencial de calentamiento atmosférico específico de cada GEI.

Tabla 7. Transformación a CO<sub>2</sub> eq por combustible

DIÉSEL								
t CO <sub>2</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t CH <sub>4</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t N <sub>2</sub> O	PCA	t CO <sub>2</sub> eq
4,05	1	4,05	1,64x10 <sup>-4</sup>	21	3,44x10 <sup>-3</sup>	3,27x10 <sup>-5</sup>	310	0,01
GASOLINA								
t CO <sub>2</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t CH <sub>4</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t N <sub>2</sub> O	PCA	t CO <sub>2</sub> eq
0,85	1	0,85	4,64x10 <sup>-5</sup>	21	9,74x10 <sup>-4</sup>	6,96x10 <sup>-5</sup>	310	0,022
GAS LICUADO DE PETRÓLEO								
t CO <sub>2</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t CH <sub>4</sub>	PCA	t CO <sub>2</sub> eq	t N <sub>2</sub> O	PCA	t CO <sub>2</sub> eq
11,87	1	11,87	9,40x10 <sup>-4</sup>	21	0,019	1,89x10 <sup>-5</sup>	310	5,86x10 <sup>-3</sup>

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela, 2014

Cabe recalcar que los valores de potencial de calentamiento atmosférico del metano y del óxido nitroso son 21 y 310 respectivamente. Las transformaciones finales pueden verse en la tabla 7.

Finalmente se puede obtener un valor global de las emisiones de dióxido de carbono del Scope 1.

Tabla 8. Scope 1 de la UPS-Sur 2012

COMBUSTIBLE	SUMA	TOTAL (t CO <sub>2</sub> eq)
Diésel	4,05+3,44x10 <sup>-3</sup> +0,01	4,06
Gasolina	0,85+9,74x10 <sup>-4</sup> +0,022	0,87
GLP	11,87+0,019+5,86x10 <sup>-3</sup>	11,89
SCOPE 1		16,82

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela, 2014

### 2.2.2 Cálculo del Scope 2

El valor total de kWh consumidos en el año 2012 por la UPS-S fueron 454792. De acuerdo al informe del año 2012 denominado *Factor de emisión del sistema nacional interconectado al año 2012* desarrollado conjuntamente por: CONELEC, CENACE, MAE y el Ministerio de electricidad y energía renovable del Ecuador, se concluyó que:

“El factor de emisión de CO<sub>2</sub> del Sistema Nacional Interconectado al año 2012, del margen combinado para proyectos termoeléctricos e hidroeléctricos es de 0,4597 tCO<sub>2</sub>/MWh.” (CONELEC, 2012)

### 2.2.3 Cálculo del Scope 3

La realización del Scope 3 consta de la suma de las cantidades de dióxido de carbono equivalente generadas por las actividades más relevantes llevadas a cabo durante el año 2012. Así pues se toma en cuenta:

- Eliminación de residuos sólidos

- Eliminación de aguas residuales
- Insumos
- Construcción del edificio “Bloque G” y del nuevo auditorio

**Eliminación de aguas residuales** Las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de la UPS-Sur se las ha calculado con la ecuación 3, misma que se encuentra establecida en las directrices del (IPCC, 2006) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

$$Emisiones = \left[ \sum_{i,j} (U_i * T_{i,j} * EF_j) \right] * (TOW - S) - R \quad (3)$$

Se halla la DBO per cápita:

$$DBO \text{ per cápita} = \frac{352,3 \text{ mg de DBO/L} * (81583,2 \text{ L/da})}{3870 \text{ individuos}}$$

$$= 7426811 \frac{\text{g de DBO}}{\text{individuo} * \text{día}}$$

Y posteriormente se calcula el TOW así:

$$TOW = Población * DBO * 192$$

$$TOW = 3870 * 7,426811 * 192$$

$$TOW = 551841 \frac{\text{kg de DBO}}{\text{año}}$$

Se usa el valor de 192 debido a que son los días del año cuándo se realizan actividades normales dentro de la UPS-Sur.

Finalmente utilizando la ecuación 3, se calcula las emisiones de CH<sub>4</sub>.

$$E = [(0,20)(0,80)(0,1)](5518,41) - 0$$

Tabla 9. Transformación de kWh a t CO<sub>2</sub>

Consumo eléctrico total (kWh)	Consumo eléctrico total (MWh)	Factor de conversión (tCO <sub>2</sub> /MWh)	SCOPE 2 (t CO <sub>2</sub> eq)
454792	454,792	0,4597	209,0678

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela, 2014

**Tabla 10.** Valores por defecto para CH<sub>4</sub> proveniente de descargas líquidas

Emisiones de CH <sub>4</sub> (Bo)		
Capacidad máxima de producción de CH <sub>4</sub> (Bo)		
Aguas residuales domésticas	Valor por defecto	
	0,6	
Valores de MCF por defecto para las aguas residuales domésticas		
Tipo de vía de eliminación	MCF 1	Intervalo
Sin tratamiento		
Eliminación en quebrada	0,1	0 – 0,2
Valores para la urbanización (U), grado de utilización de la vía del tratamiento (Ti,j)		
Vía del tratamiento (Ti,j)		
	Urbanización(Ui)	U=urbana de ingresos bajos
País	Urbana baja	Otro
Ecuador	0,20	0,80
Factor de corrección para DBO		
No recolectado	1,00	

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.*

**Tabla 11.** Valores por defecto para N<sub>2</sub>O provenientes de las aguas residuales

Emisiones de N <sub>2</sub> O			
Factor de emisión	Descripción	Valor por defecto	Intervalo
Proteína	Consumo anual de proteína per cápita	0,057	± 10 %
F <sub>NPR</sub>	Fracción de nitrógeno contenido en la proteína	0,16	0,15 – 0,17
F <sub>NON-COM</sub>	Factor de ajuste para la proteína no consumida	1,4 para los países con eliminación de basura	1,0-1,5
F <sub>IND-COM</sub>	Factor introducido para tomar en cuenta las co-descargas de nitrógeno industrial en los alcantarillados.	1,25	1,0 – 1,5
EF <sub>EFLUENTE</sub>	Factor de emisión, (kg de N <sub>2</sub> O-N/kg de N)	0,005	0,0005 - 0,25

Fuente: Panel intergubernamental del cambio climático (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.*

$$Emisiones = 0,0529767 \frac{t \text{ de } CH_4}{año}$$

Para transformar el resultado anterior a toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente se debe realizar una multiplicación según el potencial de calentamiento atmosférico

co del gas metano.

$$Emisiones = 0,0529767 * 21$$

$$Emisiones \text{ totales} = 11125 \frac{t \text{ de } CO_2 \text{ eq}}{año}$$

Para calcular las emisiones de N<sub>2</sub>O se usa la si-

guiente ecuación, la cual está estipulada en las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI, Volumen 5 sobre tratamiento y eliminación de aguas residuales.

$$E = N \text{ efluente} * EF \text{ efluente} * \frac{44}{28} \quad (4)$$

En lo que concierne a la elección del factor de emisión para N<sub>2</sub>O tenemos por defecto el valor del IPCC para aguas servidas domésticas de efluentes con nitrógeno, dicho valor es 0,005 kg N<sub>2</sub>O-N/kg N.

$$N \text{ efluente} = (P * Proteína * F_{npr} * F_{non} - con * F_{ind - com}) - N \text{ lodo} \quad (5)$$

$$N \text{ efluente} = (3870 \text{ individuos} * 0,057 \frac{\text{kg de N}}{\text{individuos} * \text{año}} * 0,16 * 1,4 * 1,25) - 0$$

$$N \text{ efluente} = 61,7652 \frac{\text{Kg de N}}{\text{año}}$$

Una vez hallado este valor es posible calcular las emisiones de N<sub>2</sub>O de las aguas residuales, para lo cual se usa la ecuación 4 de esta manera:

$$Emisiones = 61,7652 \frac{\text{kg de N}}{\text{año}} * 0,005 \frac{\text{kg N}_2\text{O} - \text{N}}{\text{kg de N}} * \frac{44}{28}$$

$$Emisiones = 0,000485298 \frac{\text{t de N}_2\text{O}}{\text{año}}$$

Y utilizando el PCA del N<sub>2</sub>O:

$$Emisiones = 0,000485298 \frac{\text{t de N}_2\text{O}}{\text{año}} * \frac{310 \text{ t CO}_2 \text{ eq}}{1 \text{ t de N}_2\text{O}}$$

$$Emisiones \text{ totales} = 015044238 \frac{\text{t CO}_2 \text{ eq}}{\text{año}}$$

**Eliminación de residuos sólidos** El cálculo de metano a partir de la descomposición de residuos orgánicos, se realiza en base al método de descomposición de primer orden del IPCC.

Las "directrices del (IPCC, 2006) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 5 sobre Desechos" indica algunos valores por defecto indispensables para esta investigación.

Finalmente se transforma la cantidad de metano obtenida a toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, para lo cual se debe multiplicar el valor obtenido en la tabla anterior por el PCA del gas metano, obteniendo así:

$$E \text{ de CO}_2 = \frac{179,39 * 21}{1000} = 377 \text{ toneladas de CO}_2 \text{ eq}$$

**Insumos** Se escogió un bien material dentro de la UPS-Sur, que debido a su gran número y factor de emisión relativamente alto, es considerado como representativo para el año 2012. Este insumo es la silla.

Durante el año 2012 en las instalaciones del campus existían 3807 sillas y con la construcción del bloque G se añadieron otras 1377.

Los valores de huella de carbono y consumo energético de una silla son: 36,5 kg de CO<sub>2</sub>equivalente y 486,1 MJ equivalente respectivamente. (ENISA, 2012)

Las transformaciones correspondientes se presentan en la tabla 14.

**Tabla 12.** Composición anual de los residuos sólidos comunes.

Residuos sólidos comunes									
Año	# individuos	Comida (kg/año)	Jardín (kg/año)	Papel (kg/año)	Madera (kg/año)	Textiles (kg/año)	Pañales (kg/año)	Inertes (kg/año)	TOTAL (kg/año)
2007	1929	3686,22	378,76	1218,30	0,00	6,72	0,00	2385,90	<b>7675,90</b>
2009	2728	5212,79	535,62	1722,84	0,00	9,51	0,00	3373,97	<b>10854,73</b>
2011	3469	6628,73	681,11	2190,81	0,00	12,09	0,00	4290,44	<b>13803,18</b>
2012	3870	7394,98	759,84	2444,06	0,00	13,49	0,00	4786,39	<b>15398,76</b>

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela



**Tabla 13.** Obtención de resultado de gas metano

Año	Tipo residuo	Tiempo de vida medio (años)	exp1	Inicio de proceso de deposición	exp2	DOC que se puede descomponer (DDOCm)	DDOCm no reaccionado	DDOCm acumulado al final del año	DDOCm descom-puesto	CH <sub>4</sub> generado (kg)
2012	Comida	3,75	0,83	13,00	1,00	391,01	391,01	1293,09	183,32	122,21
	Jardín	6,93	0,90	13,00	1,00	53,57	53,57	208,86	16,33	10,89
	Papel	11,55	0,94	13,00	1,00	344,61	344,61	1463,97	69,22	46,14
	Madera y paja	23,10	0,97	13,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Textiles	11,55	0,94	13,00	1,00	1,14	1,14	4,85	0,23	0,15
	Pañales desechables	6,93	0,90	13,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL</b>										<b>179,39</b>

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

**Tabla 14.** Toneladas de CO<sub>2</sub>eq de insumos (sillas)

Cantidad	F-E (kg CO <sub>2</sub> /unidad)	kgCO <sub>2</sub>	t CO <sub>2</sub>
1377	36,5	50 260,5	50,26

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

**Tabla 15.** Volumen hormigón para edificaciones

Edificación	Volumen hormigón (m <sup>3</sup> )
Bloque G	2471,97
Nuevo auditorio	588,72

Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

**Construcción del bloque G y del nuevo auditorio**  
 Durante el año 2011 dentro de la UPS-Sur se empezó a construir de un nuevo edificio, con la finalidad de cumplir con la LOES, en la que se establece que todos los centros de educación superior deben realizar mejoras a su infraestructura.

Acorde a la demanda estudiantil las autoridades han visto la necesidad de incrementar la infraestructura por lo que se ha proyectado la construcción de un nuevo edificio de cuatro plantas y dos subsuelos para aulas, laboratorios; y dos salones auditorios. (Sánchez, 2011).

Además en 2012 se empezó con la construcción del nuevo auditorio, mismo que se encuentra entre los bloques G y A.

La construcción del bloque G concluyó a mediados del año 2012, por lo que se consideró relevante para este estudio calcular la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido indirectamente por la adquisición y uso de cemento.

Al analizar los planos arquitectónicos del bloque G y del nuevo auditorio, es posible determinar el volumen de hormigón utilizado durante su construcción. Estos resultados se muestran en la siguiente tabla.

La cantidad de cemento por cada metro cúbico de hormigón depende de su resistencia, y el valor recomendado para el hormigón es de 364 kg de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón. (Romo, 2008. Recuperado el 24 de noviembre de 2013).

El F-E del cemento que se usa en este cálculo, es el establecido por la empresa chilena Melón, S.A. debido a la inexistencia de un valor nacional para el cemento.

Así se tiene:

- Para el bloque G

$$(2471,97)(364)/1000 = 899,79 \text{ t cemento}$$

Usando la ecuación 1, se tiene:

$$(899,79)(0,532) = 478,69 \text{ t CO}_2 \text{ eq}$$

- Para el nuevo auditorio

$$(588,72)(364)/1000 = 214,29 \text{ t de cemento}$$

$$214,29(0,532) = 114 \text{ t CO}_2 \text{ eq}$$

Al realizar la suma de las emisiones de dióxido de carbono generadas por la construcción de estas dos edificaciones, se obtiene un valor final de 592,69 toneladas de CO<sub>2</sub> eq.

### 3. Resultados y discusión

Analizando los resultados de los Scopes, se puede obtener el valor total de la huella de carbono de la UPS-Sur para el año 2012.

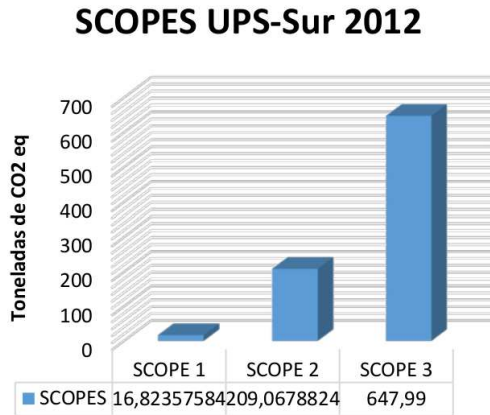


Figura 2. Scopes de la UPS-Sur 2012. Elaborado por: Fernando Dávila & Santiago Varela

Como se ve en la figura anterior, el Scope 3 es el que representa un valor mayor, con 647,99 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, el Scope 2 determinado es 209,07 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente y finalmente el menor valor, el del Scope 1, es 16,82 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

Al sumar los 3 Scopes se obtiene un total de 873,88 toneladas de CO<sub>2</sub> eq, y si dividimos este valor para la población del año 2012, es posible determinar la H-C personal, así:

$$HC_{personal} = \frac{873,88}{3870} \left| \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ t}} \right| = 225,81 \text{ kg CO}_2/\text{ind} * \text{año}$$

Esto demuestra que para el año 2012 cada individuo de la UPS-Sur generó 225,81 kg de dióxido de carbono, debido a las actividades desempeñadas dentro de la institución.

#### 3.1 Exclusiones

- Se excluye los cálculos de generación de GEI respecto a la quema de residuos de poda, puesto que estas emisiones son consideradas biogénicas; la combustión de materiales de

biomasa no aumenta el calentamiento global, ya que el CO<sub>2</sub> emitido como producto de su incineración, es el mismo que ha sido absorbido mientras el material vegetal se encontraba cumpliendo sus funciones vitales.

- Se excluye también los GEI asociados a la utilización de reactivos químicos de los laboratorios que funcionan en la UPS-Sur, puesto que las cantidades que se emplean al año son muy pequeñas y al tener F.E. bajos, no se considera que las emisiones producidas sean relevantes para este estudio. Tal es el caso del ácido nítrico, durante el año 2012 se usó únicamente medio litro (0,755 kg), y al multiplicarlo por su respectivo factor de emisión: 5 kg N<sub>2</sub>O/tonelada de ácido nítrico. (IPCC, 2006), va a dar como resultado apenas 0,0011 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.
- Las emisiones de los automóviles de alumnos y maestros que entran diariamente a las instalaciones de la UPS-Sur son descartadas, debido a que la metodología utilizada para este estudio incluye únicamente a los bienes materiales que pertenecen a la universidad.
- Se excluye las posibles emisiones generadas por los insumos utilizados en los servicios de limpieza y seguridad del campus debido a que la UPS-Sur no se encarga de realizar la compra de los mismos.
- Se excluye las emisiones de CO<sub>2</sub> producto de la descomposición aerobia de las aguas residuales, puesto a que éstas son de origen biogénico. (IPCC, 2006)

#### 3.2 Comparación con el software SimaPro 7.3

El SimaPro es un software desarrollado principalmente para realizar análisis de ciclo de vida de diferentes productos; así mismo permite realizar cálculos de H-C, huella hídrica y la determinación de varios impactos ambientales importantes.

El SimaPro posee una base de datos de materiales y procesos muy completa que incluye bases de datos científicas de reconocido prestigio internacional entre las que destacan Ecoinvent v3 o la European Life Ciclo Database (ELCD) entre otras. El

programa contiene también las principales metodologías de evaluación de impacto ReCiPe, USEtox, IPCC 2007, CML IA, Greenhouse Gas Protocol, Ecological footprint, y varios métodos de Huella Hídrica. (SimaPro, 2013. Recuperado el 1 de diciembre de 2013).

Para realizar la comprobación del valor final obtenido en esta investigación, se utilizó la versión 7.3 del SimaPro. Al ingresar a este software los datos de las actividades del 2012 de la UPS-Sur, se logró obtener un valor para la H-C de 861,031 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Al analizar este resultado nos podemos dar cuenta de que es menor que el valor obtenido al aplicar la metodología del GHG Protocol, pero esto se justifica ya que el software no considera las emisiones de GEI provenientes de los residuos sólidos orgánicos, ni de las descargas líquidas.

## 4. Conclusiones

- En este trabajo de investigación se consiguió determinar la huella de carbono de la UPS-Sur del año 2012, obteniendo un total de 873,878 toneladas de dióxido de carbono equivalente correspondiente a la sumatoria de los Scopes 1, 2 y 3.
- Se obtuvieron valores para cada uno de los Scopes con el fin de determinar cuál era el que generaba mayor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> y se determinó para el Scope 1 un valor de 16,82 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente; para el Scope 2 un valor de 209,07 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente y por último para el Scope 3 se halló un valor de 647,99 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Lo que demuestra que las emisiones indirectas son las que mayor relevancia presentaron en el 2012.
- El valor del Scope 3 es el mayor, debido a que durante el año 2012 se realizó la construcción del bloque G y del nuevo auditorio, con el objetivo de mejorar la infraestructura de la UPS-Sur de acuerdo a lo establecido por la ley orgánica de educación superior.
- Las principales actividades de la UPS-Sur que generan emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente son el consumo de energía eléctrica, la utilización de GLP en la cafetería para la preparación y posterior consumo de alimentos y la adquisición

de insumos por parte de la institución educativa.

- El consumo de combustibles líquidos, como diésel y gasolina no generan un impacto considerable, al igual que las emisiones de dióxido de carbono provenientes de la descomposición tanto de residuos sólidos orgánicos, como de las aguas residuales del campus.
- La huella de carbono de cada individuo de la UPS-Sur es de 225,81 kg de CO<sub>2</sub> eq/año. Este valor es mucho menor al establecido por el banco mundial para cada ecuatoriano (2 toneladas/año), debido a que las actividades realizadas dentro de las instalaciones del campus son diferentes y de menor duración que las que se realiza comúnmente en el hogar.
- El impacto ocasionado por la emisión de gases de efecto invernadero de la UPS-Sur no fue muy grande durante el año 2012, pero podría reducirse al aplicar proyectos de MDL para alcanzar el carbono neutralidad.
- El valor de la H-C establecido en este trabajo de investigación fue corroborado con el software de cálculo "SimaPro 7.3", dando como resultado cantidades de CO<sub>2</sub> eq muy similares.

## Referencias

- CONELEC. 2012. **Factor de emisión del sistema nacional interconectado al año 2012.**
- Ecuador, U. P. S. 2013. Recuperado el 22 de julio de 2013. <http://www.ups.edu.ec/sur>.
- ENISA. 2012. **Resumen del informe técnico, ecodiseño de una silla.** Santiago de Compostela.
- Garzón, I. 2010. **Diagnóstico ambiental del camal municipal de la ciudad de Santo Domingo y mejora de su gestión.** Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Heredia, E. F. y K. P. González. 2013. **Estudio de caracterización y cuantificación de residuos sólidos y líquidos de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur.**

- Ihobe. 2012. **Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de gases de efecto invernadero en organizaciones.** Bilbao: Ihobe.
- IPCC. 2006. **Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.**
- ISO14040:2006. 2006. **Gestión ambiental, análisis del ciclo de vida, principios y marco de referencia.**
- Romo, M. 2008. Recuperado el 24 de noviembre de 2013. **Temas de hormigón armado.** <http://ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/cementos-morteros-y-hormigones/otros-recursos-1/Dosificacion%20de%20Hormigones.pdf>.
- SimaPro. 2013. Recuperado el 1 de diciembre de 2013. **Lavola Sostenibilidad.** <http://www.simapro.es/>.
- Sánchez, R. 2011. **Análisis Ambiental Universidad Politécnica Salesiana Quito campus sur Proyecto de construcción nuevo edificio campus sur.**
- World Business Council for Sustainable Development. 2011. **Protocolo de Gases de Efecto Invernadero.**
- **GEI:** Gases de efecto invernadero. Son gases que por sus características provocan que el efecto invernadero suceda, de acuerdo al Protocolo de Kioto 6 gases son los más relevantes: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).
  - **GLP:** Gas licuado de petróleo.
  - **H-C:** Huella de carbono.
  - **IPCC:** Panel intergubernamental del cambio climático.
  - **ISO:** Organización internacional de la estandarización.
  - **LOES:** Ley orgánica de educación superior.
  - **MDL:** Mecanismos de desarrollo limpio.
  - **PCA:** Potencial de calentamiento atmosférico.
  - **PCI:** Poder calorífico inferior. Es la cantidad de energía que se desprende, en forma de calor, como producto de la combustión completa de cualquier combustible.
  - **PPC:** Producción per cápita.
  - **Protocolo de Kioto:** Protocolo aprobado el 11 de diciembre de 1997 en Japón y que forma parte de la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático; éste pretende que los países pertenecientes a su Anexo 1, disminuyan sus emisiones de GEI por lo menos un 5 % hasta el 2012, tomando como base el año 1990.
  - **Scope 1:** Emisiones directas de GEI que ocurren en fuentes que son propiedad de la institución.
  - **Scope 2:** Emisiones indirectas de GEI relacionadas con el consumo de electricidad.
  - **Scope 3:** Emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad, ni están controladas por la empresa. (World Business Council for Sustainable Development, 2011).
  - **UPS-Sur:** Universidad Politécnica Salesiana, sede Quito, campus Sur.

## Glosario de siglas y términos

- **CO<sub>2</sub> eq:** Dióxido de carbono equivalente.
- **CONELEC:** Consejo nacional de electricidad.
- **DBO<sub>5</sub>:** Parámetro que en una muestra líquida, mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos transcurridos cinco días de reacción. (García, 2010).
- **Efecto Invernadero:** Fenómeno de aumento térmico ocasionado por la acumulación de GEI en la atmósfera terrestre que impiden que la energía emitida por el sol, regrese al espacio exterior.
- **Emisiones biogénicas:** Son las emisiones provenientes del material vegetal y son fundamentales en los ciclos naturales del planeta.
- **F-E:** Factor de emisión.