



7th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION Academic

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Aplicación de la Norma NTC-ISO 14064 en el ITM campus Robledo, para la medición de en la emisión de Gases Efecto Invernadero (GEI) y la determinación de su Huella de Carbono (HC)

ARISTIZÁBAL, C. E. ^{a,b*}, GONZÁLEZ, J. L. ^a

a. Grupo de Investigación en Química Básica y Ambiente (ALQUIMIA). Facultad de Ciencias Exactas y Aplicadas. Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín

b. Grupo de Investigación en Materiales Avanzados y Energía (MATYER). Facultad de Ingenierías. Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín

*carlosaristizabal@correo.itm.edu.co

Resumen

El presente trabajo contiene el resultado de la medición de la Huella de Carbono (HC) del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín (ITM), institución pública prestadora de servicios de docencia, investigación y extensión. El cálculo de este indicador de sostenibilidad, se hizo para el campus Robledo, conforme a la metodología descrita en las normas ISO 14064 (Medición de Gases Efecto Invernadero), ISO 14040-14044 (Análisis de Ciclos de Vida), con la información suministrada por la Institución y avalada por las diferentes dependencias de sus consumos de materiales y recursos energéticos, necesarios para su funcionamiento y correcta operación. Adicionalmente, se tienen en cuenta los datos de factores de conversión y emisión asociados al contexto colombiano o sustraídos de la literatura, siendo estos lo más aproximados a las condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales, actuales del ITM.

Palabras clave: Gases Efectos Invernadero, Huella de Carbono, Ciclo de Vida, Sostenibilidad, Universidad

1. Introducción

El objetivo de este trabajo es cuantificar la Huella de Carbono (HC) del Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín (ITM), considerando y analizando los impactos significativos sobre el medio ambiente y la relación con el entorno, por el desarrollo de sus actividades operativas, para el cumplimiento de los objetivos misionales del ITM (Formación, Extensión e Investigación) desde una perspectiva del Análisis de Ciclo de Vida. La metodología utilizada para realizar el ACV, el Cálculo de la Huella de Carbono y los inventarios de las entradas y salidas de los diferentes subprocesos que comprenden el funcionamiento de la institución, siguen los requerimientos y directrices establecidas en las ISO 14001 (2015), 14040, 14041, 14043, 14064 (ver

Concepto	Alcance	$\frac{g}{und}$ CH ₄ /und	g N ₂ O/und	Kg CO ₂ /und.	Fuente
Consumo de papel (1.000 hojas papel Bond blanco tamaño carta)	1	-	-	0,85	[18], [19]

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Energía Eléctrica (KWh)	2	-	-	0,199	[20]). Teniend o claro que el objetivo y fin del estudio es la determin ación y análisis de la Huella de Carbono , los cuales están relacion ados con la impleme ntación de la norma NTC-ISO 14001:2 015 al interior del ITM, desde la perspect
Agua potable y de uso sanitaria (m3)	2	-	-	0,3519	[21]	
Vehículos, maquinaria y equipos que funcionan con gasolina (gal)	1	381,15	406,56	8,8085	[20]	
Vehículos, maquinaria y equipos que funcionan con Diésel o ACPM (gal)	1	136,78	533,43	10,149	[20]	
Compostaje (Ton de residuo orgánico)	1	1.800	26,81	0a	[14], [22]	
Disposición de residuos en relleno sanitario (Ton de residuo)	3	136.714b	-	-	[23]	
Material reciclado (Ton de material) ^c	1	0	0	0	[24]	
HCFC -123 (Extintor Solkaflam)	1	0	0	77	[25]	
Extintor de CO2 (Rojo)	1	0	0	1	[4], [26]	

iva de Análisis Ciclos de Vida y su compromiso con ser una institución educativa sostenible y carbono neutro.



Figura 1. Representación gráfica del ACV para el ITM

La incorporación del concepto de Ciclo de Vida pretende dar mayores beneficios en el corto y largo plazo, mediante el conocimiento y entendimiento de las etapas consecutivas e interrelacionadas del sistema del producto y/o servicio ofertado por la organización, desde la adquisición de materias primas o su generación, a partir de recursos naturales, hasta el tratamiento al final de su vida útil [1], [2]. Además, brinda las herramientas para tomar decisiones y diseñar políticas encaminadas a aumentar la competitividad, disminuir los costos y reducir los impactos ambientales negativos, por ejemplo, mediante un consumo racional y eficiente de la energía (ISO 50001) y/o una fabricación de un producto, y prestación de un servicio carbono neutro (ISO 14064) [3]–[6].

2. Estructura del Informe NTC-ISO 14064

2.1 Descripción del Objeto de Estudio¹

El Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín es una Institución Universitaria de orientación, vocación y tradición tecnológica, de carácter público y del orden municipal, la cual cuenta con cinco campus universitarios ubicados en la ciudad de Medellín; Robledo, Fraternidad, Floresta, Castilla y Prado. En este estudio, se analizará la situación del campus Robledo para el año 2016, el cual tiene en promedio 9.865 estudiantes

En la actualidad, la Institución sigue creciendo en infraestructura física, cualifica su planta de docentes y personal administrativo, innova sus programas académicos, y goza de un amplio reconocimiento de su trayectoria educativa como primera institución universitaria pública de Colombia en ser acreditada en Alta Calidad.

Adicionalmente, la Institución en su compromiso de mejora continua en lo referente a su Sistema de Gestión Ambiental, está adelantando acciones en pro de disminuir su Huella de Carbono y ser una organización Carbono Neutro en el mediano plazo, a través de programas encaminados hacia el uso racional y responsable de los recursos naturales, la correcta manipulación y disposición final de las sustancias químicas, además de brindar a todos sus estudiantes un componente en educación ambiental. Los siguientes son los Programas Ambientales en los que se enfoca el Sistema de Gestión Ambiental Institucional²: Programa de manejo de vertimientos, Programa de uso Eficiente y Ahorro de Agua, Programa de uso Eficiente y Ahorro de Energía, Programa para el manejo Integral de Residuos Sólidos, Programa para el Almacenamiento Adecuado de Sustancias Químicas y el Programa de Educación Ambiental.

2.1 Unidad Funcional

Debido a la misión, visión y objetivos de operación de la institución, la Unidad Funcional será Un (1) Estudiante en Formación y Activo. Sin embargo, se reportará la Huella de Carbono Total, por alcance y por recurso, ya que se desea comparar este indicador de sostenibilidad con el de otras instituciones prestadoras de servicios académicos y en la literatura aparece la Huella de Carbono total, como por ejemplo en la referencia [7].

2.2 Limite operacional

Para el cálculo de la Huella de Carbono (HC) del campus Robledo del ITM, primero, se deben cuantificar las emisiones directas e indirectas, que se tienen en cuenta dentro de los límites operacionales y los alcances del estudio, los cuales se describen a continuación y se ilustran en la Figura 1.

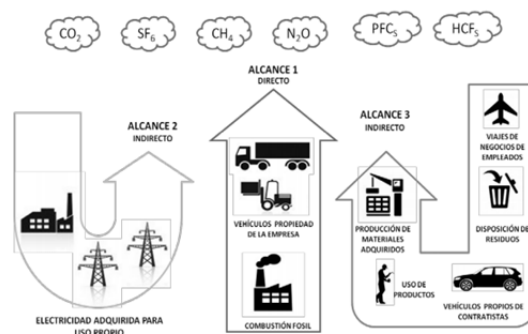


Figura 2. Representación gráfica de los alcances presentes en un estudio de determinación de emisión de GEI's. [8]

¹ La información de este apartado, fue tomada y ajustada de la página web institucional (<http://www.itm.edu.co/institucion/>) y la suministrada por la coordinación del SGA-ITM.

² <http://www.itm.edu.co/dependencias/sistema-de-gestion-ambiental/programas-ambientales-del-sga/>

- **Alcance 1. Emisiones directas de GEI:** Consumo de papel, Vehículos, Personal administrativo, operativo y docente, Equipos de refrigeración, aires acondicionado y Extintores
- **Alcance 2. Emisiones indirectas de GEI:** Consumo de energía eléctrica y Consumo de agua
- **Alcance 3. Otras emisiones indirectas:** Este alcance no será tenido en cuenta en su totalidad, ya que es la primera vez que se determina la HC del ITM. Además, la organización puede excluir de la cuantificación las fuentes de GEI directas o indirectas, cuya contribución a las emisiones o remociones de estos gases no sea significativa, y aquellas cuya cuantificación no sería técnicamente viable, de acuerdo al contexto organizacional (técnico, económico y temporal), pero, debe justificarse indicando de manera precisa la razón por la cual no se incluirá en el inventario de GEI, a pesar de tener el control operacional o financiero sobre la instalación [9].

Dadas las características específicas del funcionamiento, se incluyen en el Alcance 1 las emisiones asociadas a actividades de mitigación de GEI, como lo es el compostaje de los residuos orgánicos y biodegradables, y el reciclaje de residuos sólidos. Además, estas actividades de mitigación impactan varios conceptos que se consideran en el alcance 3, los cuales están relacionados con el transporte de residuos sólidos desde el ITM hasta el relleno sanitario.

3. Cálculo de la Huella de Carbono (CFP) y Factores de Emisión

La

Tabla 1 muestra la descripción y unidad utilizada para representar la categoría de impacto Cambio climático o Calentamiento Global.

Tabla 1. Ejemplo de indicador medioambiental de un ACV [10]

Indicador	Unidad de Representación	Descripción
Calentamiento Global	Kg CO ₂ equivalente	Cuantifica los efectos del cambio climático, resultantes de la emisión de dióxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄) u otros gases efecto invernadero causantes del calentamiento global.

En la Figura 3, se ilustra de manera gráfica la metodología seleccionada para la medición de los GEI's (NTC-ISO 14064-1) y de la Huella de Carbono del ITM, incluyendo la interacción con otras normas ISO.

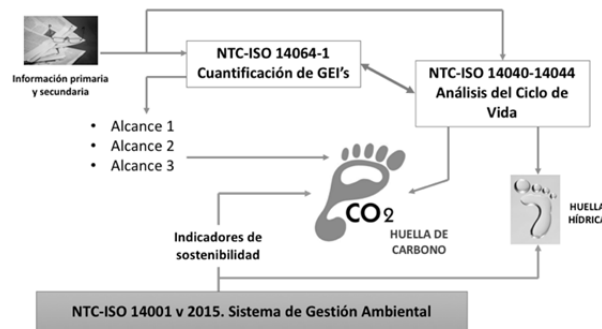


Figura 3. Metodología para el cálculo de la Huella de Carbono del ITM

Antes de proceder con el cálculo de la Huella de Carbono, se deben estimar todas las emisiones antropogénicas de GEI's al interior de la organización (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆), para luego con el factor potencial de calentamiento global, convertir esta información en emisiones de CO₂ equivalentes (KgCO₂ eq) [11], [12]. En la Tabla 3, se muestran los factores de conversión de los diferentes GEI's a Kg de CO₂ equivalentes.

Tabla 2. Factores de conversión de los diferentes GEI's a Kg de CO₂ equivalentes. [13], [14]

Compuesto	GWP	Tiempo de Vida (años)	
		20	100
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1	-	-

Metano	25	86	34
HFC-134a (hydrofluorocarbon)	13,4	3790	1550
CFC-11 (chlorofluorocarbon)	45	7020	5350
Óxido Nitroso (N ₂ O)	235	268	298
HFCF 123	77	-	-
Carbon tetrafluoride (CF ₄)	50000	4950	7350

Para los factores de emisión de acuerdo al tipo de recurso, se debe dar preferencia a las fuentes determinadas, mediante la aplicación de metodologías estandarizadas y avaladas mundialmente. Por ejemplo, un estudio ideal sería compatible con la norma ISO 14040/44, norma internacional sobre la evaluación del ciclo de vida ambiental [15]. Sin embargo, se podrán modificar los Factores que dependan de la ubicación geográfica o de características propias de la locación del objeto de estudio, para realizar un cálculo preciso [16], [17].

En la

Tabla 3, se ilustran los factores de emisión de GEI's para los recursos energéticos y naturales utilizados por el ITM durante su operación.

Tabla 3. Factores de emisión de GEI's, para los recursos energéticos y naturales empleados

Concepto	Alcance	$\frac{g}{CH_4/und}$	$g N_2O/und$	$Kg CO_2/und.$	Fuente
Consumo de papel (1.000 hojas papel Bond blanco tamaño carta)	1	-	-	0,85	[18], [19]
Energía Eléctrica (KWh)	2	-	-	0,199	[20]
Agua potable y de uso sanitaria (m ³)	2	-	-	0,3519	[21]
Vehículos, maquinaria y equipos que funcionan con gasolina (gal)	1	381,15	406,56	8,8085	[20]
Vehículos, maquinaria y equipos que funcionan con Diésel o ACPM (gal)	1	136,78	533,43	10,149	[20]
Compostaje (Ton de residuo orgánico)	1	1.800	26,81	0 ^a	[14], [22]
Disposición de residuos en relleno sanitario (Ton de residuo)	3	136.714 ^b	-	-	[23]
Material reciclado (Ton de material) ^c	1	0	0	0	[24]
HCFC -123 (Extintor Solkaflam)	1	0	0	77	[25]

Extintor de CO ₂ (Rojo)	1	0	0	1	[4], [26]
------------------------------------	---	---	---	---	-----------

^aLas operaciones de compostaje son consideradas carbono neutral (KgCO₂/Ton=0) [14]

^bRelleno sanitario sin recuperación de metano (CH₄)

^cLos residuos post-consumo de la Primera Vida no tienen ninguna carga ambiental cuando son reciclados y utilizados, como materia prima en la Segunda Vida [24]

Otro aspecto generador de emisiones de CO₂ y el cual no es generalmente tomado en cuenta, son las emisiones de CO₂ por la labor humana, es decir, por el consumo de la energía necesaria para desempeñar las diferentes actividades al interior de las organizaciones, por parte del metabolismo y respiración humana. En las referencias [27], [28] y [29], se ilustran las ecuaciones que permiten hallar dicha energía.

Con la ayuda de la información de los factores de emisión, el tipo de recurso y las características de la actividad que provoca la emisión, se procede a utilizar la Ec. 1, para el cálculo de la Huella de Carbono.

$$CFP = \sum_{i=1}^n (AD_i * EF_i) \quad (1)$$

Donde:

- CFP es la Huella de Carbono de la organización derivada de un proceso de consumo de bienes y/o servicios (kg de CO₂eq).
- AD_i: Datos de la actividad de la fuente i (basada en una unidad de medida).
- EF_i: Factor de emisión para la fuente i (kg CO₂eq / unidad de medida).

4. Resultados

La Tabla 4, muestra la Huella de Carbono Total (Ton. CO₂ eq/año) por alcance e ilustra la aportación de cada uno de los conceptos a este indicador de sostenibilidad.

Tabla 4. Huella de Carbono (Ton CO₂/año) para Instituciones de Educación Superior. [7] y para el ITM.

Alcance	Concepto	Total (Ton. CO ₂ eq/año)	(%)
Alcance 1	Papel	0,786	0,086%
	Personal	49,74	5,452%
	Fugas de agentes extintores	0,768	0,084%
			0,000%
	Aires acondicionados y equipos de refrigeración	66,475	7,287%
	Combustibles Fósiles	629,989	69,055%
	Compostaje	1,337	0,147%
	Mitigación por separación de residuos y tratamiento final	-87,076	-9,545%
Alcance 2	Agua	5,663	0,621%
	Electricidad	244,523	26,803%
Alcance 3	Transporte de residuos ordinarios hasta relleno sanitario	0,485	0,053%
	Mitigación transporte de residuos (material orgánico)	-0,291	-0,032%
	Mitigación transporte de residuos (material reciclable)	-0,097	-0,011%
Total		912,302	100%

En la **Tabla 5**, se ilustran los resultados de la Huella de Carbono Total (TonCO_{2eq}) y la Huella de Carbono específico por estudiante, para varias instituciones universitarias y centros de educación superior en USA y algunos países de Latinoamérica.

Tabla 5. Huella de Carbono (Ton CO₂/año) para Instituciones de Educación Superior. [7] y para el ITM.

Universidad	País	Año	Estudiantes	Emisiones por Universidad (Ton CO _{2eq})	Emisiones por Universidad (Ton CO _{2eq} /estudiante * año)
Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín (campus Robledo)	Colombia	2016	9.865	912,302	0,0925

“CLEANER PRODUCTION FOR ACHIEVING SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS”

Barranquilla – Colombia – June 21st and 22nd - 2018

University of Maryland	USA	2010	42.209	251.956	5,97
University of New Hampshire	USA	2011	180.172	56.303,70	0,31
University of Washington	USA	2005	63.300	196.000	3,10
Vanderbilt University	USA	2013	12.700	419.692	33,05
Indiana University	USA	2010	110.000	478.477	4,35
Duquesne University	USA	2010	10.381	42.044	4,05
Temple University	USA	2009	27.988	233.138	8,33
Xavier University	USA	2007	6.607	37.000	5,60
University of Massachusetts-Amherst	USA	2007	26.340	142.237	5,40
George Washington University	USA	2008	20.365	128.301	6,30
Cornell University	USA	2012	30.750	28.300	0,92
Instituto Tecnológico de Costa Rica	Costa Rica	2013	10.536	3.860	0,37
Universidad Nacional de Costa Rica	Costa Rica	2012	20.681	2.919	0,14
Instituto Politécnico Nacional	México	2008	153.027	10.788,29	0,07

Claramente, se observa que la HC del ITM sede Robledo, se encuentra muy por debajo de sus referentes de USA y cercano a sus contrapartes Latinoamericanas. Aunque, falta cuantificar la HC de las otras sedes del ITM, se espera que la HC Total para toda la institución no aumente, ya que el sistema de gestión ambiental se encuentra implementado y certificado en todas las sedes. Además, la sede estudiada es una de las dos sedes más grandes y es donde se encuentra el bloque administrativo y de dirección del ITM.

5. Conclusiones

El presente artículo muestra el procedimiento para el cálculo de la Huella de Carbono de la sede Robledo del ITM. Este indicador de sostenibilidad, se hizo conforme a la metodología descrita en las normas ISO 14064 (Medición de Gases Efecto Invernadero), ISO 14040-14044 (Análisis de Ciclos de Vida), con la información suministrada por la Institución y con información secundaria sustraída de artículos científicos de revistas indexadas y de reportes, datos y estadísticas de agencias gubernamentales y otras descentralizadas, relacionadas con la protección del medio ambiente y el uso de los recursos energéticos en un país, tales como la Agencia de Protección Ambiental (EPA) en EE.UU, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y el Departamento Nacional de Estadística (DANE) en Colombia, entre otras.

Uno de los grandes aportes que presenta este trabajo, es que se hace un cálculo de la Huella de Carbono asociadas a la actividad o la labor humana, el cual consta de un análisis de las emisiones directas de CO₂ atribuidas al gasto energético y a las características propias del funcionamiento del metabolismo humano.

A partir del cálculo de la Huella de Carbono por tipo de recurso y alcance, se puede establecer cuáles son las actividades que más impactan en la HC de la Institución. Por ejemplo, en este caso, las actividades que más emiten GEI son dentro del Alcance 1, el uso de combustibles fósiles, para transporte de equipos y funcionarios del ITM, con cerca del 69% y en el Alcance 2, el consumo de electricidad con un 26,8%. Por lo tanto, los esfuerzos para controlar y mitigar las emisiones de GEI deben concentrarse en como disminuir el consumo y hacer un uso racional de combustibles y electricidad, mediante cambios en la cultura organizacional, el uso de energías renovables y la reconversión tecnológica. Sin embargo, estas medidas pueden requerir altas inversiones, por lo que se recomienda copiar todas las medidas de mitigación exitosas en otras organizaciones, tales como la recuperación de materiales, a través del reciclaje, compost de residuos orgánicos y campañas institucionales que busquen generar conciencia ambiental en la comunidad del ITM sede Robledo, ya que este tipo de estrategias son de bajo costo de implementación, de corto plazo y ayudan a mitigar la emisión de GEI asociadas al Alcance 3, como lo es en la disminución de emisiones por el transporte de residuos sólidos al relleno sanitario.

Este estudio es la línea base, para realizar seguimiento, monitoreo, control y actividades de mitigación de GEI y de mejoramiento continuo al interior de la sede Robledo del ITM, ya que permite identificar por alcance, por recurso y/o actividad la cantidad de GEI emitidos a la atmosfera. Además, la metodología establecida en este trabajo, permite extrapolar el ejercicio a todos los campus del ITM, incluso puede servir como referente para estimar la Huella de Carbono de cualquier tipo de organización, ya que sigue estándares y normas internacionales, tales como; la ISO 14040-14044 y la ISO 14064.

6. Referencias

- [1] 14001 Academy, "Clause-by-clause explanation of ISO 14001:2015," 2016.
- [2] ICONTEC, "Interpretación de los requisitos. Sistema de Gestión Internacional," 2016.
- [3] V. Filimonau, "The Life Cycle Thinking Approach and the Method of Life Cycle Assessment (LCA)," in *Life Cycle Assessment (LCA) and Life Cycle Analysis in Tourism*, Switzerland: Springer International Publishing, 2016, pp. 9–43.
- [4] N. Gómez, M. Angeles, and F. Monsalve, "Carbon footprint of a university in a multiregional model: the case of the University of Castilla-La Mancha," *J. Clean. Prod.*, vol. 138, pp. 119–130, 2016.
- [5] A. Disterheft, S. Ferreira, M. Ramos, and D. M. Ulisses, "Environmental Management Systems (EMS) implementation processes and practices in European higher education institutions e Top-down versus participatory approaches," *J. Clean. Prod.*, vol. 31, pp. 80–90, 2012.
- [6] A. Kluczek and P. Olszewski, "Energy audits in industrial processes Aldona," *J. Clean. Prod.*, vol. 142, pp. 3437–3453, 2017.
- [7] M. Venegas, A. Rodríguez, and T. Salazar, "Informe del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero: un

- insumo en la gestión del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)," *Gestión y Ambient.*, vol. 18, no. 1, pp. 61–79, 2015.
- [8] D. Santos, "Reporte huella de carbono corporativa Freskaleche SAS planta bucaramanga versión 1: julio 2015.," Bucaramanga, 2015.
- [9] Secretaría Distrital de Ambiente, "Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono Corporativa," 2015.
- [10] K. Verghese, S. Lockrey, S. Clune, and D. Sivaraman, "Life cycle assessment of food and beverage packaging," *Emerg. Food Packag. Technol.*, pp. 380–408, 2012.
- [11] ICONTEC, "NTC-ISO 14064-1: GASES DE EFECTO INVERNADERO. PARTE 1: ESPECIFICACIÓN CON ORIENTACIÓN, A NIVEL DE LAS ORGANIZACIONES, PARA LA CUANTIFICACIÓN Y EL INFORME DE LAS EMISIONES Y REMOCIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO," *Norma Técnica Colomb.*, p. 23, 2006.
- [12] A. Ertug Ercin and Y. Hoekstra, "Carbon and Water Footprints," *Concepts, Methodol. Policy Responses*, no. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, pp. 1–24, 2012.
- [13] G. Myhre *et al.*, "Anthropogenic and Natural Radiative Forcing," in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2013, pp. 659–740.
- [14] A. Sánchez *et al.*, "Greenhouse gas emissions from organic waste composting," *Environ. Chem. Lett.*, vol. 13, no. 3, pp. 223–238, 2015.
- [15] P. G. Hammond and C. Jones, *Inventory of Carbon & Energy (ICE)*, vol. 161, 2008.
- [16] J. Bare, "TRACI 2.0: The tool for the reduction and assessment of chemical and other environmental impacts 2.0," *Clean Technol. Environ. Policy*, vol. 13, no. 5, pp. 687–696, 2011.
- [17] J. Bare, "Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other Environmental Impacts (TRACI): Version 2.1 User's Manual," *EPA. United States Environ. Prot. Agency*, no. July, 2012.
- [18] IPCC, *Summary for Policymakers*. 2014.
- [19] V. Yepes and O. Avilán, "Formulación de estrategias de mitigación y compensación de emisiones de gases efecto invernadero de Bridgestone de Colombia SAS, a partir del cálculo de la huella de carbono.," Universidad de la Salle, 2014.
- [20] UPME, "La calculadora FECOC 2016," 2016. [Online]. Available: http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html. [Accessed: 17-Mar-2017].
- [21] D. Kyung, D. Kim, N. Park, and W. Lee, "Estimation of CO2 emission from water treatment plant - Model development and application," *J. Environ. Manage.*, vol. 131, pp. 74–81, 2013.
- [22] A. Sánchez *et al.*, "Greenhouse Gas from Organic Waste Composting: Emissions and Measurement," in *CO2 Sequestration, Biofuels and Depollution, Environmental Chemistry for a Sustainable World*, vol. 5, Switzerland: Springer International Publishing, 2015, pp. 33–43.
- [23] S. Sharp, "Greenhouse Gas Emissions from Landfill Waste and Compost – The Carbon Roadshow," *Carbon Accounting & Calculators. The University of Texas at Austin*, 2016. [Online]. Available: <https://sites.utexas.edu/carbonroadshow/2016/03/30/greenhouse-gas-emissions-from-landfill-waste-and-compost/>. [Accessed: 24-Oct-2017].
- [24] L. Shen, E. Worrell, and M. K. Patel, "Open-loop recycling: A LCA case study of PET bottle-to-fibre recycling," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 55, no. 1, pp. 34–52, 2010.
- [25] D. UNEP, "HCFCs controlled under the Montreal Protocol," *United Nations Environmental Programme*, 2007. [Online]. Available: http://www.unep.fr/ozonaction/topics/hcfc_list.htm#footnote2. [Accessed: 02-Feb-2018].
- [26] European Environment Agency, *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016*, no. 21. Luxemburgo, 2016.
- [27] C. Henry, "Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations," *Public Health Nutr.*, vol. 8, no. 7a, pp. 1133–1152, 2005.
- [28] A. Carbajal, "Manual de Nutrición y Dietética," Madrid, 2013.
- [29] M. V. Z, L. L. P, and P. Barrera, "Gasto energético en reposo y composición corporal en adultos," *Rev Fac Med*, vol. 59, no. 1, pp. 43–58, 2011.