

**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y DE LA HUELLA HÍDRICA DE
LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
EN EL AÑO 2018**

DANIEL RAMIRO VEGA SÁNCHEZ



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA, SANTANDER
2019**

**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y DE LA HUELLA HÍDRICA DE
LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
EN EL AÑO 2018**

DANIEL RAMIRO VEGA SÁNCHEZ

Trabajo de grado para optar por el título de:

INGENIERO AMBIENTAL

Docente Supervisor

Ing. JOHAN FERNANDO SUÁREZ FAJARDO



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL
BUCARAMANGA, SANTANDER**

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente del jurado

Jurado calificador

Jurado Calificador

Bucaramanga - Santander, Agosto de 2019.

DEDICATORIA

A Dios, al Señor Jesucristo, al Espíritu Santo, a la Santísima Virgen María y al Divino Niño por acompañarme y guiarme en todo momento, por todas las bendiciones que han derramado sobre mí y siempre mostrarme que lo importante en la vida es Creer, Confiar y tener Fe para cumplir las metas.

A mis padres Ramiro Vega Velasco y Doris Olga Sánchez Bonilla, a mis hermanos Jenny Yolima, Yudy Patricia y Hernán Darío, a mi tía Yamile Sánchez Bonilla y a mi sobrino Juan Diego Estupiñan Vega; por el esfuerzo, la lucha, el apoyo incondicional, la alegría, el amor, la unión y la motivación para lograr los objetivos.

Daniel Ramiro Vega Sánchez

AGRADECIMIENTOS

A Dios, al Señor Jesucristo, al Espíritu Santo, a la Santísima Virgen María y al Divino Niño por la Fe que me dan para obtener las metas, por brindarme la sabiduría, el entendimiento y la inteligencia para seguir adelante y cumplir los logros, por acompañarme y darme fortaleza siempre.

A mi mamá Doris Olga Sánchez Bonilla y a mi papá Ramiro Vega Velasco, a mis hermanos Jenny Yolima, Yudy Patricia y Hernán Darío, a mi tía Yamile Sánchez Bonilla y a mi sobrino Juan Diego Estupiñan Vega; por ser aquellas personas incondicionales, por el apoyo, motivación, tiempo y esfuerzo que han dedicado para cumplir mis objetivos.

A la Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga, en especial a la Facultad de Ingeniería Ambiental y a los docentes por el aprendizaje y la educación ofrecida en estos años.

Al Ingeniero Johan Fernando Suárez Fajardo, director del trabajo de grado, y a la Ingeniera Mary Elena Olarte Prada; por la colaboración a lo largo del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. OBJETIVOS.....	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2. ESTADO DEL ARTE.....	19
3. MARCO TEÓRICO	22
3.1 HUELLA DE CARBONO	22
3.1.1 Alcance 1: Emisiones Directas.....	24
3.1.1.1 Fuentes Móviles.....	24
3.1.1.2 Fuentes Fijas.	29
3.1.1.3 Emisiones Fugitivas.	30
3.1.1.4 Procesos Fisicoquímicos.	33
3.1.2 Alcance 2: Emisiones Indirectas.	35
3.1.2.1 Consumo de Energía Eléctrica.	36
3.1.3 Alcance 3: Otras Emisiones Indirectas	37
3.1.3.1 Residuos Generados.	37
3.1.3.2 Bienes y Servicios Adquiridos.....	39
3.1.3.3 Viajes de Trabajo: Aéreos y Terrestres.....	40
3.2 HUELLA HÍDRICA	41
3.2.1 Huella Hídrica Azul.	41
3.2.2 Huella Hídrica Verde.....	42
3.2.3 Huella Hídrica Gris.....	43
4. METODOLOGÍA	45

4.1 HUELLA DE CARBONO.....	46
4.1.1 Alcance 1: Emisiones Directas.....	46
4.1.1.1 Fuentes Móviles.....	46
4.1.1.2 Fuentes Fijas.....	47
4.1.1.3 Emisiones Fugitivas.....	47
4.1.1.4 Procesos Fisicoquímicos.....	47
4.1.2 Alcance 2: Emisiones Indirectas.....	49
4.1.2.1 Consumo de Energía Eléctrica.....	49
4.1.3 Alcance 3: Otras Emisiones Indirectas.....	49
4.1.3.1 Residuos Generados.....	49
4.1.3.2 Bienes y Servicios Adquiridos.....	50
4.1.3.3 Viajes de Trabajo: Aéreos y Terrestres.....	50
4.2 HUELLA HÍDRICA.....	50
4.2.1 Huella Hídrica Azul.....	51
4.2.2 Huella Hídrica Verde.....	51
4.2.3 Huella Hídrica Gris.....	51
5. RESULTADOS.....	53
5.1 HUELLA DE CARBONO.....	53
5.1.1 Alcance 1: Emisiones Directas.....	53
5.1.2 Alcance 2: Emisiones Indirectas.....	55
5.1.3 Alcance 3: Otras Emisiones Indirectas.....	56
5.1.4 Compendio resultados Huella de Carbono.....	59
5.1.5 Otras Emisiones.....	60
5.2 HUELLA HÍDRICA.....	62
5.2.1 Huella Hídrica Azul.....	62
5.2.2 Huella Hídrica Verde.....	64
5.2.3 Huella Hídrica Gris.....	65
5.2.4 Compendio resultados Huella Hídrica.....	65

6. ESTRATEGIAS DE MEJORA	67
6.1 ESTRATEGIAS PARA LA HUELLA DE CARBONO	67
6.2 ESTRATEGIAS PARA LA HUELLA HÍDRICA	76
6.3 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN DE RESULTADOS	78
7. CONCLUSIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	82
ANEXOS	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Metodología huellas ambientales	45
Figura 2. Recipiente para disposición de material recogido.....	48
Figura 3. Herramienta de cálculo de fuentes móviles	53
Figura 4. Herramienta de cálculo de fuentes fijas	54
Figura 5. Herramienta de cálculo de emisiones fugitivas.....	54
Figura 6. Herramienta de cálculo de procesos fisicoquímicos de PTAR.....	54
Figura 7. Herramienta de cálculo de procesos fisicoquímicos de compostaje	55
Figura 8. Herramienta de cálculo de consumo de energía eléctrica	56
Figura 9. Herramienta de cálculo de residuos generados.....	57
Figura 10. Herramienta de cálculo de bienes y servicios adquiridos	57
Figura 11. Herramienta de cálculo de viajes de trabajo aéreos	57
Figura 12. Herramienta de cálculo de viajes de trabajo terrestre (carro particular y bus).....	58
Figura 13. Herramienta de cálculo de viajes de trabajo terrestre (taxi).....	58
Figura 14. Herramienta de cálculo de consumo de energía eléctrica de concesionarios.....	58
Figura 15. Herramienta de cálculo de otras emisiones	61
Figura 16. Herramienta de cálculo del agua utilizada para riego	63
Figura 17. Herramienta de cálculo del agua de consumo y no contabilizada	63
Figura 18. Herramienta de cálculo del agua de evapotranspiración	64
Figura 19. Herramienta de cálculo del agua de material de poda.....	64
Figura 20. Herramienta de cálculo del agua afectada por contaminantes vertidos.....	65

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Factor de emisión de CO ₂	27
Tabla 2. Factor de emisión de CH ₄ y N ₂ O por defecto	27
Tabla 3. Factor de emisión para los biocombustibles	27
Tabla 4. Factor de emisión para lubricantes	28
Tabla 5. Densidad y poder calorífico interior de combustibles y biocombustibles .	28
Tabla 6. Potenciales de calentamiento global.....	28
Tabla 7. Factor de emisión de CO ₂	30
Tabla 8. Factor de emisión de CH ₄ y N ₂ O por defecto	30
Tabla 9. Factor de emisión para los biocombustibles	30
Tabla 10. Densidad y poder calorífico interior de combustibles y biocombustibles	30
Tabla 11. Fugas teóricas equipos de refrigeración	32
Tabla 12. Potenciales de calentamiento global.....	33
Tabla 13. Factor de emisión de CH ₄ y N ₂ O para las emisiones de compostaje	35
Tabla 14. Factor de emisión de residuos generados	38
Tabla 15. Factor de emisión de papel.....	39
Tabla 16. Factor de emisión de viajes de negocio	40
Tabla 17. Fuentes de emisión directa para las sedes de la UPB-Bucaramanga ...	48
Tabla 18. Caracterización ARnD en la UPB-Bucaramanga	52
Tabla 19. Valores límites Resolución 631 de 2015	52
Tabla 20. Emisiones Directas UPB-Bucaramanga 2018.....	55
Tabla 21. Emisiones Indirectas UPB-Bucaramanga 2018	56
Tabla 22. Otras Emisiones Indirectas UPB-Bucaramanga 2018	59
Tabla 23. Emisiones de la Huella de Carbono UPB-Bucaramanga 2018	59
Tabla 24. Otras emisiones por refrigerantes UPB-Bucaramanga 2018	61
Tabla 25. Otras emisiones por biocombustibles y la PTAR UPB-Bucaramanga 2018	61
Tabla 26. Huella Hídrica Azul UPB-Bucaramanga 2018.....	63

Tabla 27. Huella Hídrica Verde UPB-Bucaramanga 2018	64
Tabla 28. Huella Hídrica Gris UPB-Bucaramanga 2018	65
Tabla 29. Gasto de agua de la Huella Hídrica UPB-Bucaramanga 2018.....	65

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Emisiones de CO ₂ e de la Huella de Carbono UPB-Bucaramanga 2018	60
Gráfica 2. Gasto de agua de la Huella Hídrica UPB-Bucaramanga 2018	66

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Formato para la entrega de insumos	86
ANEXO B. Bitácora – emisiones fugitivas	86
ANEXO C. Formato control compostaje	87
ANEXO D. Formato registro de consumo de servicios públicos – luz.....	87
ANEXO E. Formato registro de consumo de servicios públicos – agua	88

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y DE LA HUELLA HÍDRICA DE LA UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA EN EL AÑO 2018

AUTOR(ES): DANIEL RAMIRO VEGA SÁNCHEZ

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Ambiental

DIRECTOR(A): JOHAN FERNANDO SUÁREZ FAJARDO

RESUMEN

El presente documento describe el trabajo realizado para estimar la Huella de Carbono y la Huella Hídrica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga para el año 2018. En el proyecto se empleó la metodología Greenhouse Gas Protocol (GHG) para el cálculo de la Huella de Carbono, que consta de 3 alcances y para cada uno se tuvo en cuenta las emisiones producidas. Los datos finales se indican en toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO_{2e}). El alcance 1 hace referencia a las emisiones directas (fuentes móviles, fuentes fijas, emisiones fugitivas y procesos fisicoquímicos), el alcance 2 corresponde a las emisiones indirectas (energía eléctrica consumida) y el alcance 3 cita otras emisiones indirectas (residuos generados, bienes y servicios adquiridos y viajes de trabajo: aéreos y terrestres). Para la determinación de la Huella Hídrica se siguieron los lineamientos establecidos por la World Wildlife Fund (WWF). El método considera tres categorías importantes las cuales son la Huella Hídrica Azul, Huella Hídrica Verde y Huella Hídrica Gris. Los valores se expresan en metros cúbicos (m³) ya que indica un volumen de agua determinado. Los resultados generales en el año de estudio señalan que el total de emisiones de la Huella de Carbono fue de 409,19 t CO_{2e}, mientras que la estimación de la Huella Hídrica fue de 66.880,55 m³. De igual manera el proyecto plantea las estrategias para mitigar el impacto generado por la institución siendo un aporte para la estrategia de UPB sostenible.

PALABRAS CLAVE:

Huella de carbono, huella hídrica, gases de efecto invernadero, agua.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: ESTIMATE CARBON FOOTPRINT AND WATER FOOTPRINT AT UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECTIONAL BUCARAMANGA IN 2018

AUTHOR(S): DANIEL RAMIRO VEGA SÁNCHEZ

FACULTY: Facultad de Ingeniería Ambiental

DIRECTOR: JOHAN FERNANDO SUÁREZ FAJARDO

ABSTRACT

This document describes the work done to estimate the Carbon Footprint and Water Footprint of the Universidad Pontificia Bolivariana sectional Bucaramanga in 2018. The proposed methodology was Greenhouse Gas Protocol (GHG) for calculating the Carbon Footprint, consisting of three scopes and each being taken into account the emissions produced. The final data is given in metric tons of carbon dioxide equivalent (t CO₂e). The scope 1 refers to direct emissions (mobile sources, stationary sources, fugitive emissions and physiochemical processes), scope 2 corresponds to indirect emissions (electricity consumption) and scope 3 cites other indirect emissions (waste, goods and services purchased and business trips: air and land transport). To determine the Water Footprint the guidelines established by the World Wildlife Fund (WWF) were followed. The method considers three major categories which are the Blue Water Footprint, the Green Water Footprint and the Grey Water Footprint. Values are expressed in cubic meters (m³) to indicate a given volume of water. The overall results in the year of the study indicate that the total emissions of the Carbon Footprint was 409,19 t CO₂e, while the estimating Water Footprint was 66.880,55 m³. Similarly, the project proposes strategies to mitigate the impact generated by the institution being a contribution to the strategy of sustainable UPB.

KEYWORDS:

Carbon footprint, water footprint, greenhouse gas, water.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

Las actividades humanas se han considerado como una de las fuentes principales del cambio climático que se presenta a nivel mundial y en consecuencia, se han constituido en uno de los grandes retos ambientales que se deba enfrentar para lograr el desarrollo sostenible dado el impacto y la presión que se genera sobre el medio que nos rodea. Así mismo, se considera que los gases de efecto invernadero (GEI) y el uso desmedido del agua están íntimamente relacionados y vienen ocasionados por esta acción.

El cambio climático y deterioro del recurso hídrico ha venido afectando el entorno y específicamente Colombia ya ha sufrido los efectos directos del calentamiento global y la demanda hídrica con presencia de fenómenos naturales como el de la niña (inundaciones, lluvias extremas, desbordamiento de corrientes hídricas) y del niño (sequía, pérdida de fuentes hídricas, temperaturas extremas, entre otros).

En este contexto, la determinación de la Huella de Carbono (HC) y la Huella Hídrica (HH) se convierten en un factor determinante para establecer el impacto de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y el consumo de agua de personas y organizaciones a través de metodologías establecidas a nivel nacional e internacional con el fin de estudiar nuevas formas de conseguir un desarrollo sostenible y que no se vea afectado el entorno en el que vivimos debido a un consumo no controlado de los recursos y aumento en la generación de gases que afectan de manera negativa el ambiente. Este factor ha sido usado en las organizaciones como un indicador de responsabilidad social y cuidado íntegro del medio ambiente.

En el desarrollo de este proyecto, se evidencia la determinación de la Huella de Carbono (HC) y la Huella Hídrica (HH) en el campus universitario, sedes alternas

(Centro de Proyección Social e Instituto Familia y Vida) y concesionarios (cooperativas, cafeterías y entidades financieras) de la Universidad Pontificia Bolivariana – Seccional Bucaramanga producto de la realización de las actividades diarias administrativas, académicas y deportivas bajo la implementación de la metodología internacional denominada Greenhouse Gas Protocol (GHG) y la establecida por los lineamientos de la World Wildlife Fund (WWF) respectivamente. Dentro de este periodo de estudio se toman datos de consumo por las diferentes fuentes y procesos llevados a cabo en la institución.

Con el proyecto se deja documentado los valores de la Huella de Carbono y Huella Hídrica para el año 2018 con el fin de que se continúe en los siguientes años con el cálculo de las huellas respectivas para tener una trazabilidad de estas, y así conocer el aporte de la UPB - Bucaramanga a la estrategia de sostenibilidad.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la Huella de Carbono y la Huella Hídrica de la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga para el año 2018 aplicando las metodologías Greenhouse Gas Protocol (GHG) y la establecida por la World Wildlife Fund (WWF) definidas por la estrategia de sostenibilidad UPB Colombia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar la medición de la Huella de Carbono teniendo en cuenta la metodología Greenhouse Gas Protocol (GHG).

Ejecutar el cálculo de la Huella Hídrica de acuerdo a los lineamientos de la World Wildlife Fund (WWF).

Plantear estrategias de mejora para mitigar el impacto generado por la UPB seccional Bucaramanga.

2. ESTADO DEL ARTE

Es relevante indicar que los temas relacionados con el ambiente han ido tomando auge en los últimos años, la problemática ambiental ha conllevado a que las personas, organizaciones, industrias e instituciones acaparen medidas que permitan conocer el impacto ambiental que generan. A continuación se presenta una recopilación de algunos estudios que han ejecutado respecto a las temáticas de la Huella de Carbono y Huella Hídrica.

La Universidad Pontificia Bolivariana – Sede Central ejecutó un estudio titulado Reporte Huellas Ambientales, en este se muestra que para el año 2016 la huella de carbono corporativa fue de 16065,2 t CO₂e/año, de las cuales el 0,4% de las emisiones corresponden a fuentes del Alcance I (Emisiones Directas), el 4,4% a fuentes de Alcance II (emisiones indirectas por consumo de energía), y el 95,2% restante a fuentes de Alcance III (otras emisiones indirectas), y la huella hídrica determinada fue de 642255,31 m³/año, de las cuales el 4,2% corresponden a huella hídrica azul; el 11% a huella hídrica verde y el 84,8% a restante a huella gris. Para el año 2017 la huella de carbono corporativa fue de 16034,4 t CO₂e/año, de las cuales el 0,4% de las emisiones corresponden a fuentes del Alcance I, el 2,1% a fuentes de Alcance II y el 97,5% restante a fuentes de Alcance III; y la huella hídrica estimada fue de 658980,92 m³/año, de las cuales el 3,7% corresponden a huella hídrica azul, el 14% a huella hídrica verde y el 82,3% a restante a huella gris. Este reporte se realizó en la UPB seccional Medellín.

El Ministerio de Cultura realizó un trabajo llamado Informe Huella de Carbono, este presenta las emisiones de CO₂ determinadas para el año 2017, el valor total de la huella de carbono fue de 409,72 t CO₂e/año, de las cuales 112,10 t CO₂e/año hacen referencia a las emisiones directas (fuentes móviles, fuentes fijas y emisiones de procesos), 256,51 t CO₂e/año a emisiones indirectas (energía adquirida), y 41,11 t

CO₂e/año a otras emisiones indirectas (papel bond, número de viajes realizados). Además muestra que para los años 2014, 2015 y 2016 la huella de carbono fue de 919,46 t CO₂e/año, 707,3 t CO₂e/año y 466,27 t CO₂e/año respectivamente. Este Informe se ejecutó en el Ministerio de Cultura de Colombia y sus sedes en la ciudad de Bogotá.

Otro informe denominado Huella de carbono en Santa Marta, Colombia: Análisis desde el enfoque de los determinantes sociales de la salud – 2014, indica que para la ciudad se encontró una huella de carbono (HC) promedio de 29,95 t CO₂e por persona y según sus prácticas de consumo. Dicha HC estuvo constituida principalmente por la compra de bienes y servicios (39,5%), seguido por el consumo de alimentos (27,5%) y servicios del hogar (27,4 %); y en último lugar se encontró el transporte (5,5%). Se trabajó con una muestra de 811 personas seleccionadas aleatoriamente.

Los autores Arévalo, D; Lozano, J & Sabogal, J efectuaron el Estudio Nacional de Huella Hídrica Colombia: Sector Agrícola en el año 2011, en este se muestra como resultado global la estimación de una huella hídrica con un valor de 39144 Mm³/año, de las cuales aproximadamente el 7% corresponde a la huella hídrica azul, 88% a la huella hídrica verde y el 5% a la huella hídrica gris. El producto más importante en términos de huella hídrica es el café con una distribución porcentual del 23%, lo cual da una tendencia de ser el principal cultivo agrícola del país; seguido se encuentra el maíz (14%), arroz (12%), plátano (11%), caña de azúcar (11%), palma africana (8%), yuca (5%), papa (3%), cacao (3%), banano (2%) y por último otros productos con un valor porcentual de 8%.

El estudio llamado Estimación sectorial de la huella hídrica de la ciudad de Bogotá generada en el año 2014 y el cual fue desarrollado por Castillo, Á., Castro, M., Gutiérrez, Á., & Aldana, G. indica que teniendo en cuenta los sectores doméstico, industrial, alimentario y de residuos sólidos esta huella correspondió a

9.489'587.694,93 m³. De ellos el sector que más aporta es el agrícola, seguido por el doméstico, el de residuos sólidos y el industrial. La huella hídrica para la ciudad de Bogotá está compuesta en mayor proporción por aportes de agua gris con el 51,78 % de los mismos, estos son generados principalmente por el sector doméstico, seguidos por el volumen de agua requerido en la disposición de residuos sólidos y el sector industrial, mientras que el volumen de agua verde 39,47 % de la huella hídrica, se debe en gran parte a las actividades relacionadas con el sector alimentario, que a su vez es el que más contribuye a la huella total de la ciudad. El componente con menor volumen dentro de la huella hídrica corresponde al agua captada de fuentes hídricas superficiales, destinada al cubrimiento de la demanda de los diferentes sectores de la ciudad, que aporta el 8,75 % restante.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 HUELLA DE CARBONO

La Huella de Carbono es un indicador que busca cuantificar la cantidad de Emisiones de Gases Efecto Invernadero (directas e indirectas), medidas en emisiones de CO₂ equivalente, que son liberadas a la atmósfera debido a las actividades humanas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Una de las metodologías que determina la huella de carbono es la Greenhouse Gas Protocol (GHG), ésta fue desarrollada por World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales) y World Business Council for Sustainable Development (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible), la metodología logra determinar las emisiones de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) en base a la dinámica de la Universidad, sus procesos y su funcionamiento (Universidad Pontificia Bolivariana - Sede Central, 2017).

Los GEI son componentes gaseosos de la atmósfera, tanto natural como antropogénico que absorbe y emite radiación a longitudes de onda específicas, dentro del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes (Secretaría Distrital de Ambiente. Subdirección de Políticas y Planes Ambientales. Alcaldía de Bogotá, 2015). De acuerdo a la metodología mencionada los GEI a tener en cuenta para el presente proyecto son: Dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonados (HFC's), perfluorocarbonados (PFC's), hexafloruro de azufre (SF₆) y trifloruro de nitrógeno (NF₃).

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas que se produce de forma natural y también como subproducto de la combustión de la biomasa, cambios en el uso de las tierras

y procesos industriales mediante el uso de combustibles fósiles. Es el principal gas de efecto invernadero antropogénico que afecta al equilibrio de radiación del planeta, y es el gas de referencia a partir del cual se miden otros gases de efecto invernadero según el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático – IPCC. El óxido nitroso (N_2O) es emitido por los fertilizantes agrícolas, el estiércol del ganado, el tratamiento de las aguas servidas, la combustión y otros procesos industriales. Los gases fluorados se generan en los procesos industriales, refrigeración, y el uso de una variedad de productos de consumo contribuyen a las emisiones de gases fluorados, que incluyen los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019). El CH_4 puede ser obtenido principalmente de la descomposición de materia orgánica en sistemas biológicos, también es producido en pequeñas cantidades desde la combustión de combustibles debido a la combustión incompleta de hidrocarburos en el combustible (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM, 2007). El trifluoruro de nitrógeno (NF_3) es uno de los muchos gases utilizados durante la fabricación de pantallas de panel plano de cristal líquido, células fotovoltaicas de película delgada y microcircuitos (Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego, 2008).

La metodología Greenhouse Gas Protocol (GHG) indica que se deben definir las emisiones directas e indirectas que están dentro los límites operacionales de la institución. Basado en la GHG se diferencia tres alcances según el tipo de emisión generado: Alcance 1: Emisiones Directas, Alcance 2: Emisiones Indirectas y Alcance 3: Otras Emisiones Indirectas.

Para estimar las emisiones de GEI de la mayoría de fuentes de emisión se realiza multiplicando los datos de actividad por un factor de emisión asociado con la actividad que se mide (Ecuación 1); para algunas fuentes, la medición de las emisiones de GEI son de manera directa (World Resources Institute, 2014).

Ecuación 1. Cálculo de las emisiones de GEI

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Datos de actividad} * \text{Factor de Emisión}$$

Los datos de actividad son una medida cuantitativa de un nivel de actividad que da lugar a emisiones de GEI que tienen lugar durante un período de tiempo determinado (por ejemplo, el volumen de gas utilizado, los kilómetros recorridos, las toneladas de residuos enviados a los vertederos, etc.). Un factor de emisión es una medida de la masa de las emisiones de GEI con respecto a una unidad de actividad. Por ejemplo, la estimación de las emisiones de CO₂ provenientes del uso de la electricidad implica multiplicar los datos en kilovatios-hora (kWh) de electricidad utilizada por el factor de emisión (kgCO₂/kWh) para la electricidad, lo cual dependerá de la tecnología y el tipo de combustible utilizado para generar la electricidad (World Resources Institute, 2014).

3.1.1 Alcance 1: Emisiones Directas. Las emisiones directas ocurren de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa (GHG PROTOCOL, 2005). Es importante indicar que las emisiones directas de CO₂ procedentes de la combustión de biomasa no se incluirán en el Alcance 1, si no que se informarán por separado. Las emisiones de GEI no cubiertas por el Protocolo de Kyoto, e.g. CFC, NO_x, etc., no se incluirán en el ámbito de aplicación del Alcance 1, pero podrán notificarse por separado (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017). Las fuentes de emisiones directas corresponden a: Fuentes Móviles, Fuentes Fijas, Emisiones Fugitivas y Procesos Físicoquímicos.

3.1.1.1 Fuentes Móviles. Se consideran los vehículos o máquinas (no estacionarias) que utilizan combustibles para su funcionamiento. Las emisiones estimadas de las fuentes se evalúan considerando el combustible consumido. Se debe tener en cuenta las emisiones de CO₂ de vehículos terrestres generada por combustibles fósiles, emisiones de CH₄ y N₂O de vehículos terrestres generada por combustibles fósiles y las emisiones de CO₂ provenientes de aceites lubricantes.

Una de las formas para calcular cada una de las emisiones procedente de las fuentes móviles se presentan en las siguientes ecuaciones:

Ecuación 2. Emisiones de CO₂ de vehículos terrestres (IPCC, 2006)

$$Emisiones = \sum_a [Combustible_a * FE_a]$$

Donde:

Emisiones: Emisiones de CO₂ (Kg)

Combustible_a: Combustible consumido (TJ = Terajulios)

FE_a: Factor de emisión del combustible consumido en el país de procedencia (Kg/TJ). Esto es igual al contenido de C del combustible multiplicado por 44/12

a: Tipo de combustible

Ecuación 3. Emisiones de CH₄ y N₂O de vehículos terrestres (IPCC, 2006)

$$Emisiones = \sum_a [Combustible_a * FE_a]$$

Donde:

Emisiones: Emisiones en Kg

Combustible_a: Combustible consumido (TJ) (representado por el combustible vendido) para una actividad de fuente móvil dada

FE_a: Factor de emisión (kg/TJ)

a: Tipo de combustible

Ecuación 4. Emisiones de CO₂ proveniente de aceites lubricantes (IPCC, 2006)

$$Emisiones\ de\ CO_2 = LC * CC_{lubricante} * ODU_{lubricante} * 44/12$$

Donde:

Emisiones de CO₂: Emisiones de CO₂ generadas por los lubricantes, t de CO₂

LC: Consumo total de lubricantes, TJ

CC_{lubricante}: Contenido de carbono de los lubricantes (por defecto) tonelada de C/TJ (=kg de C/GJ)

ODU_{lubricante}: Factor ODU (basado en la composición por defecto de aceites y grasas), fracción

44/12: Cociente de masa del CO₂/C

Según el IPCC el factor ODU es la fracción de carbono del combustible fósil que se oxida durante el uso.

Emisiones de Biocombustibles. Respecto a las emisiones de biocombustibles es importante indicar que las emisiones de CO₂ de la proporción de combustible de origen biológico (biomasa o biocombustible) deben ser cuantificadas separadas del inventario principal, esto se basa en el hecho de que las emisiones de CO₂ producidas con la combustión de biomasa tienen carácter neutro, es decir que, se podría indicar que la cantidad de dióxido de carbono capturado por la biomasa en los procesos metabólicos durante su crecimiento, se considera equivalente a la cantidad de dióxido de carbono liberado durante la combustión, por lo cual el balance de emisiones de los combustibles procedentes de biomasa es cero, y no deberían cuantificarse unidos con el resto de combustibles (Fundación Natura, 2016).

Las emisiones de CH₄ y N₂O originadas por la biomasa, si deben ser cuantificadas dentro del inventario, en el alcance que corresponda según sus características, ya que estos GEI no son capturados en los procesos metabólicos de la biomasa, solamente el CO₂ (Fundación Natura, 2016).

Factor de emisión (FE). Los Factores de Emisión (FE) son datos variables que permiten calcular la cantidad de emisiones por el uso de una determinada sustancia, en este caso, determinado combustible. Generalmente los factores de emisión se expresan como las unidades de masa del gas de efecto invernadero emitido (por ejemplo: toneladas, kilogramos o gramos de CO₂, de CH₄ o de N₂O) por unidad de peso de volumen o de energía de la sustancia o combustible consumido, (por ejemplo: Kilogramos de CO₂ equivalente por metro cúbico de gas natural

consumido, toneladas de CO₂ equivalente por tonelada de carbón puesto en combustión, kilogramos de CO₂ equivalente por kilómetro recorrido en un automóvil, Kilogramos de CO₂ equivalente por galón de gasolina etc.) (Fundación Natura, 2016).

Los cálculos de los factores de emisión de los combustibles se fundamentan en las bases teóricas suministradas por la estequiometría de cada uno, la cual es establecida a partir de su composición elemental. Conociendo la composición elemental del combustible y las correspondientes ecuaciones estequiométricas, es posible calcular la cantidad de los productos obtenidos sobre una base dada de combustible (Fundación Natura, 2016).

A continuación se presenta las tablas referentes a los factores de emisión de CO₂ (combustibles y biocombustibles), CH₄ y N₂O y de aceites lubricantes que se tuvieron en cuenta para el proyecto.

Tabla 1. Factor de emisión de CO₂

Combustible	CO₂ (Kg / TJ)
Gasolina	69.323,686

Fuente: (UPME, 2016)

Tabla 2. Factor de emisión de CH₄ y N₂O por defecto

Combustible	Kg CH₄ / TJ	Kg N₂O / TJ
Gasolina	33	3,2

Fuente: (IPCC, 2006)

Tabla 3. Factor de emisión para los biocombustibles

Combustible	Kg CO₂ / TJ (UPME, 2016)	Kg CH₄ / TJ (IPCC, 2006)	Kg N₂O / TJ (IPCC, 2006)
Etanol anhidro	84.758,116	18	41

Tabla 4. Factor de emisión para lubricantes

Combustible	Kg CO ₂ / TJ
Lubricantes	73.300,000

Fuente: (IPCC, 2006)

Densidad (ρ) y Poder Calorífico Interior (PCI). Los valores de densidad y poder calorífico se usan para convertir las unidades de los datos de actividad (consumo de combustible y aceite lubricante) de volumen o masa en energía.

Tabla 5. Densidad y poder calorífico interior de combustibles y biocombustibles

Combustible	ρ (Kg / L)	PCI (KJ / Kg)
Gasolina	0,7405	45.329,53
Etanol anhidro	0,8208	22.480,20
Lubricantes	0,8564	40.200,00

Fuente: (UPME, 2016)

Potencial de Calentamiento Global (PCG). El potencial de calentamiento global (PCG) es el nivel de energía calórica que puede ser capturado por una molécula de GEI. Se usan para comparar el nivel de calentamiento global que produce cualquier GEI con respecto al CO₂. Al multiplicar las emisiones de cualquier GEI por este factor, se puede hablar de dióxido de carbono equivalente (CO₂e). Los PCG se actualizan periódicamente por parte del IPCC (Fundación Natura, 2016).

Tabla 6. Potenciales de calentamiento global

GEI	Fórmula Química	PCG a 100 años
Dióxido de Carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	28
Óxido Nitroso	N ₂ O	265

Fuente: (IPCC, 2013)

De manera general se considera que al tener las emisiones de GEI calculadas se multiplican por el Potencial de Calentamiento Global con el fin de obtener las emisiones de CO₂ equivalentes; es decir, se puede representar de la siguiente manera:

Ecuación 5. Emisiones CO₂ equivalentes

$$Emisiones\ CO_2\ equivalentes = Emisiones\ GEI * PCG$$

3.1.1.2 Fuentes Fijas. Se consideran las máquinas, aparatos u otros equipos estacionarios que utilizan combustibles para su funcionamiento. Estas fuentes también son consideradas como combustión estacionaria. Existen algunos métodos para estimar las emisiones de CO₂ y las emisiones de CH₄ y N₂O, en las siguientes ecuaciones se representan el cálculo para determinar las emisiones mencionadas.

Ecuación 6. Emisiones de CO₂ provenientes de la combustión de fuentes fijas (IPCC, 2006)

$$Emisiones\ CO_2 = Consumo\ Combustible_{combustible} * Factor\ Emisión_{GEI,combustible}$$

Donde:

Emisiones CO₂: Emisiones de CO₂ dado por tipo de combustible (kg GEI)

Consumo Combustible_{combustible}: Cantidad de combustible quemado (TJ)

Factor de emisión_{GEI,combustible}: Factor de emisión de CO₂ dado por tipo de combustible (kg CO₂ / TJ). Se considera el factor de oxidación de 1

Ecuación 7. Emisiones de CH₄ y N₂O provenientes de la combustión de fuentes fijas (IPCC, 2006)

$$Emisiones\ GEI = Consumo\ Combustible_{combustible} * Factor\ Emisión_{GEI,combustible}$$

Donde:

Emisiones GEI: Emisiones de GEI dado por tipo de combustible (kg GEI)

Consumo Combustible_{combustible}: Cantidad de combustible quemado (TJ)

Factor Emisión_{GEI,combustible}: Factor de emisión de GEI dado por tipo de combustible (kg CO₂ / TJ)

Emisiones Biocombustibles. Ver ítem de Emisiones Biocombustibles de Fuentes Móviles (3.1.1.1).

Factor de Emisión. Se muestra las tablas referentes a los factores de emisión de CO₂ (combustibles y biocombustibles) y de CH₄ que se tuvieron en cuenta para el proyecto.

Tabla 7. Factor de emisión de CO₂

Combustible	CO ₂ (Kg / TJ)
Diésel	74.193,483
Gasolina	69.323,686

Fuente: (UPME, 2016)

Tabla 8. Factor de emisión de CH₄ y N₂O por defecto

Combustible	Kg CH ₄ / TJ	Kg N ₂ O / TJ
Diésel	10	0,6
Gasolina	10	0,6

Fuente: (IPCC, 2006)

Tabla 9. Factor de emisión para los biocombustibles

Combustible	Kg CO ₂ / TJ (UPME, 2016)	Kg CH ₄ / TJ (IPCC, 2006)	Kg N ₂ O / TJ (IPCC, 2006)
Biodiésel	54.806,487	10	0,6
Etanol anhidro	84.758,116	10	0,6

Densidad (ρ) y Poder Calorífico Interior (PCI)

Tabla 10. Densidad y poder calorífico interior de combustibles y biocombustibles

Combustible	ρ (Kg / L)	PCI (KJ / Kg)
Diésel	0,8519	42.418,47
Gasolina	0,7405	45.329,53
Biodiésel	0,8751	37.907,85
Etanol anhidro	0,8208	22.480,20

Fuente: (UPME, 2016)

Potencial de Calentamiento Global (PCG). Ver ítem de Potencial de Calentamiento Global de Fuentes Móviles (3.1.1.1.).

3.1.1.3 Emisiones Fugitivas. Las emisiones fugitivas resultan de liberaciones intencionales o no intencionales, como fugas en las juntas, sellos o empaques de

los equipos; emisiones de metano provenientes de minas de carbón y emisiones de hidrofluorocarbonos (HFCs) durante el uso de equipo de aire acondicionado y refrigeración; y fugas de metano en el transporte de gas (GHG PROTOCOL, 2005).

Las fuentes de emisiones fugitivas correspondientes al proyecto son: aires acondicionados, equipos refrigerantes (bebederos, dispensadores de agua, neveras y chillers) y extintores de CO₂ y R-123. Para determinar las emisiones de las fuentes se calcula por medio de las siguientes ecuaciones:

Ecuación 8. Emisiones de CO₂ de equipos de refrigeración y aire acondicionado (GHG PROTOCOL, 2005)

$$OE = \sum_{i=1}^m (Ni * Ci * ALRi * GWP * CF)$$

Donde:

OE: Emisiones de la operación de equipos de refrigeración / aire acondicionado en equivalentes de dióxido de carbono

i: Tipo de equipo de refrigeración / aire acondicionado en la instalación

Ni: El número de equipos de tipo i en la instalación

Ci: Carga/recarga de refrigerante original en cada equipo de tipo i (kg)

ALRi: Tasa de fuga anual de equipos de tipo i (%).

GWP: Potencial de calentamiento global de 100 años del refrigerante utilizado en equipos de tipo i

CF: Factor de conversión de toneladas a kilogramos = 1 tonelada / 1000 kg

m: Número de diferentes tipos de equipos producidos

En el proyecto, las emisiones por fugas en los aires acondicionados se cuantificaron de acuerdo a las recargas de refrigerantes realizadas en el año, es decir, para su calculo no se tiene en cuenta la variable ALRi pues su valor esta implicito en el valor de la recarga del refrigerante.

Ecuación 9. Emisiones de CO₂ para extintores

$$Emisiones_{extintores} = \sum Ni * Cap_i * PCG * FC$$

Donde:

Emisiones_{extintores}: Emisiones de la operación de extintores en equivalentes de dióxido de carbono

i: Tipo de extintor

Ni: El número de equipos de tipo i

Cap_i: Capacidad del extintor (carga refrigerante) en cada equipo de tipo i (kg)

PCG: Potencial de Calentamiento Global

FC: Factor de Conversión de toneladas a kilogramos = 1 tonelada / 1000 kg

En el proyecto, las emisiones por fugas en extintores se cuantifican y se consideran fugas por la totalidad del contenido debido a que se recargan de acuerdo a la clasificación que contengan y al uso, es decir, para el cálculo no se tiene en cuenta las fugas como variable independiente.

En la Tabla 11 se presenta los diferentes equipos refrigerantes con el valor respectivo de fugas anuales. Por otra parte, en la Tabla 12 se muestra los Potenciales de Calentamiento Global de cada uno de los refrigerantes.

Tabla 11. Fugas teóricas equipos de refrigeración

Aplicación	Tiempo de vida (años)	Carga (Kg)	Factor de emisión (% de la carga inicial/año)		
			Ensamble	Fugas anuales	Eficiencia de recirculación
Refrigeración doméstica	12 - 15	0,05 – 0,5	0,2 - 1%	0,1 - 0,5%	70%
Aplicaciones comerciales	8 - 12	0,2 - 6	0,5 - 3%	1 - 10%	70 - 80%
Refrigeración comercial mediana y larga	7 - 10	50 - 2000	0,5 - 3%	10 - 30%	80 - 90%
Transporte de refrigeración	6 - 9	3 - 8	0,2 - 1%	15 - 50%	70 - 80%
Refrigeración industrial	10 - 20	10 - 10000	0,5 - 3%	7 - 25%	80 - 90%

incluyendo procesos de comida y almacenamiento en frío					
Chillers	10 - 30	10 - 2000	0,2 - 1%	2 - 15%	80 - 95%
A/C residenciales y comerciales incluyendo bombas de calentamiento	10 - 15	0.5 - 100	0,2 - 1%	1 - 5%	70 - 80%
Aires acondicionados portátiles	12	No provisto	0,5%	10 - 20%	0%

Fuente: (GHG PROTOCOL, 2005)

Tabla 12. Potenciales de calentamiento global

	Fórmula Empírica	Número ASHRAE	PCG
Agente Extintor	CO ₂	CO ₂	1,00
Agente Extintor	HCFC – Hidroclorofluorocarbonos	R – 123	79,00
Refrigerante	HCFC – Hidroclorofluorocarbonos	R – 22	1.760,00
Refrigerante	HFC – Hidrofluorocarbonos	R – 134a	1.300,00
Refrigerante	HFC – Hidrofluorocarbonos	R – 410a	1.923,50
Refrigerante	HFC – Hidrofluorocarbonos	R – 404a	3.942,80
Refrigerante	CFC – Clorofluorocarbonos	R – 12	10.200,00
Refrigerante	HC – Hidrocarburo	R – 600a	3,00
Refrigerante	HC – Hidrocarburo	R – 290	3,00

Fuente: (IPCC, 2013), (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014)

3.1.1.4 Procesos Físicoquímicos. La mayor parte de estas emisiones resultan de la manufactura o el procesamiento de químicos y materiales, como cemento, aluminio, ácido adípico, manufactura de amoníaco y procesamiento de residuos (GHG PROTOCOL, 2005).

Las fuentes de emisiones de los procesos físicoquímicos correspondiente al proyecto son las producidas por la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) y las generadas a partir del compostaje.

Las emisiones de las unidades de tratamiento de aguas residuales y lodos son de CO₂ y CH₄. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales aeróbicos producen principalmente CO₂, mientras que los sistemas anaeróbicos producen una mezcla

de CH₄ y CO₂. Las Ecuaciones 10 y 11 proporcionan un medio general para estimar las emisiones de CO₂ y CH₄ directamente de cualquier tipo de proceso de tratamiento de aguas residuales, suponiendo que todo el carbono orgánico eliminado de las aguas residuales se convierta en CO₂, CH₄ o biomasa nueva (EPA, 2010).

Ecuación 10. Emisiones CO₂ de la PTAR

$$CO_2 = 10^{-6} * Q_{ww} * OD * Eff_{OD} * CF_{CO_2} * [(1 - MCF_{ww} * BG_{CH_4})(1 - \lambda)]$$

Ecuación 11. Emisiones CH₄ de la PTAR

$$CH_4 = 10^{-6} * Q_{ww} * OD * Eff_{OD} * CF_{CH_4} * [(MCF_{ww} * BG_{CH_4})(1 - \lambda)]$$

Donde:

CO₂: Tasa de emisión de CO₂ (Mg CO₂ / h)

CH₄: Tasa de emisión de CH₄ (Mg CH₄ / h)

10⁻⁶: Factor de conversión de unidades (Mg / g)

Q_{ww}: Caudal de afluente de aguas residuales (m³ / h)

OD: Demanda de oxígeno de las aguas residuales afluentes a la unidad de tratamiento biológico determinada como DBO₅ o DQO (mg / L = g / m³)

Eff_{OD}: Eficiencia de eliminación de la demanda de oxígeno de la unidad de tratamiento biológico

CF_{CO₂}: Factor de conversión para la generación máxima de CO₂ por unidad de demanda de oxígeno = 44/32 = 1.375 g CO₂ / g de demanda de oxígeno

CF_{CH₄}: Factor de conversión para la generación máxima de CH₄ por unidad de demanda de oxígeno = 16/32 = 0.5 g CH₄ / g de demanda de oxígeno

MCF_{ww}: Factor de corrección de metano para la unidad de tratamiento de aguas residuales

BG_{CH₄}: Fracción de carbono como CH₄ en el biogás generado (el valor predeterminado es 0.65)

λ: Rendimiento de biomasa (g C convertida en biomasa / g C consumida en el proceso de tratamiento de aguas residuales).

Las emisiones de CO₂ en la fabricación de compostaje son de origen biogénico, razón por la cual no se contabilizan dentro del inventario de emisiones de GEI. Sin embargo, se generan emisiones de CH₄ y N₂O que deben ser contabilizadas dentro de las emisiones de GEI (Universidad Pontificia Bolivariana, 2017).

El cálculo de las emisiones procedentes del proceso de compostaje se realiza multiplicando la cantidad de material vegetal (hojas, palos, césped, entre otros) utilizado en el año por el factor de emisión correspondiente (Universidad Pontificia Bolivariana, 2017), se puede representar mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 12. Emisiones de compostaje

$$Emisiones_{Compostaje} = MV * FE$$

Donde:

Emisiones_{Compostaje}: Emisiones del proceso de compostaje (t CO_{2e})

MV: Masa del material vegetal (ton)

FE: Factor de emisión (tCO_{2e} / ton)

Factor de emisión

Tabla 13. Factor de emisión de CH₄ y N₂O para las emisiones de compostaje

Material Vegetal	Factor Emisión (tCO _{2e} / ton compostaje)
Césped	0,0748
Hojas	0,0748
Ramas	0,0748

Fuente: (Universidad Pontificia Bolivariana, 2017)

3.1.2 Alcance 2: Emisiones Indirectas. El alcance 2 incluye las emisiones de la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa. Electricidad adquirida se define como la electricidad que es comprada, o traída dentro del límite organizacional de la empresa (GHG PROTOCOL, 2005).

3.1.2.1 Consumo de Energía Eléctrica. En el inventario de GEI de la Universidad Pontificia Bolivariana, se cuantifican las emisiones por el consumo de energía eléctrica en las instalaciones de la organización, sus sedes y concesionarios respectivos. Las emisiones generadas por los concesionarios no se tienen en cuenta en el alcance 2 debido a que cada uno de estos es quien paga a la Universidad por el consumo de energía, estas son reportadas en el alcance 3 (Otras Emisiones Indirectas).

Para calcular las emisiones de electricidad adquirida se tiene en cuenta la siguiente ecuación.

Ecuación 13. Emisiones de GEI por electricidad adquirida (Universidad Pontificia Bolivariana, 2017)

$$\text{Emisiones GEI} = \text{Consumo de electricidad} * \text{Factor Emisión}$$

Donde:

Emisiones GEI: Emisiones de GEI (CO₂, CH₄ y N₂O) dado por el consumo de electricidad (kg GEI)

Consumo de electricidad: Cantidad de electricidad adquirida (kWh)

Factor de emisión: Factor de emisión de GEI calculado (kg GEI/ kWh)

Factor de Emisión. La generación de electricidad para Colombia está determinada por un mix eléctrico distribuido entre generadores hidroeléctricos, térmicos y pequeños generadores y cogeneradores; cada uno de estos componentes aporta un porcentaje al mix eléctrico. El factor de emisión en la generación (FEG), se calculó a partir de las emisiones de CO₂ provenientes del uso de combustibles divididas entre la cantidad de electricidad generada (ver Ecuación 14) (Universidad Pontificia Bolivariana, 2017).

Ecuación 14. Cálculo del factor de emisión del mix eléctrico colombiano

$$FEG_y = \frac{\sum_m EG_{m,y} * EF_{EL,m,y}}{\sum_m Generación\ neta_m}$$

Donde:

FEG_y: Factor de emisión del mix eléctrico colombiano (kg GEI/kWh)

EG_{m,y}: Consumo de combustible por cada unidad de generación m en el año y (kWh)

EF_{EL,m,y}: Factor de emisión de los combustibles para el año y (t CO₂/ kWh)

Generación neta_m: Energía eléctrica entregada a la red de transmisión por cada unidad de generación m

m: Unidades de generación conectadas a la red

y: año correspondiente a los datos utilizados

3.1.3 Alcance 3: Otras Emisiones Indirectas. Las emisiones del alcance son consecuencia de las actividades de la empresa, pero ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa (GHG PROTOCOL, 2005).

El origen de las emisiones para el alcance 3 corresponde a las categorías de residuos generados, bienes y servicios adquiridos, y viajes de trabajo: aéreos y terrestres.

3.1.3.1 Residuos Generados. Los residuos de esta categoría son aquellos que se generan de los diferentes procesos que se llevan a cabo en una organización. De manera general los residuos considerados en el proyecto se clasifican como residuos ordinarios, residuos de reciclaje, residuos de aparatos eléctricos y electrónicos – RAEE, residuos peligrosos – RESPEL y residuos especiales. Para la determinar las emisiones se realiza por medio de la Ecuación 15 y se considera los siguientes tipos de residuos:

- Residuos ordinarios (Ordinarios)
- Residuos de plástico y pasta (Reciclaje): Para plástico se tienen en cuenta los pet, pet ambar, pet verde, plástico, vaso desechable y tapas.

- Residuos de chatarra (Reciclaje)
- Residuos de papel, cartón y periódico (Reciclaje)
- Residuos de vidrio (Reciclaje)
- Residuos de metal (Reciclaje): Aluminio y acero
- Residuos orgánicos: Residuos de cocina y material vegetal (barrido y poda) llevado a compostaje.
- Residuos electrónicos (RAEE)
- Residuos de pilas (RESPEL)
- Residuos de escombros (Especiales)
- Residuos peligrosos (RESPEL)

Ecuación 15. Emisiones CO₂ de residuos generados

$$\text{Emisiones CO}_2\text{e residuos generados} = \text{Peso tipo residuo} * \text{Factor Emisión}$$

Donde:

Emisiones CO₂e residuos generados: Emisiones de CO₂e generadas a partir de la actividad (Kg CO₂e)

Peso tipo residuo: Peso de cada tipo residuo (Kg)

Factor Emisión: Factor de Emisión (kg CO₂ e/ kg)

Factor de Emisión

Tabla 14. Factor de emisión de residuos generados

Tipo de Residuo	Factor de Emisión (kg CO ₂ / kg)
Residuos ordinarios	0,421
Residuos de plástico	0,021
Residuos de chatarra	0,021
Residuos de papel y cartón	0,021
Residuos de vidrio	0,021
Residuos de metal (aluminio y acero)	0,021
Residuos orgánicos	0,006
Residuos electrónicos	0,021
Residuos de pilas	0,076
Residuos especiales (escombros)	0,002
Residuos peligrosos	0,076

Fuente: (Universidad Pontificia Bolivariana, 2017)

3.1.3.2 Bienes y Servicios Adquiridos. Esta categoría incluye todas las emisiones generadas a partir de los productos comprados o adquiridos por la organización en el año de referencia. Los productos incluyen tanto los bienes (productos tangibles) y servicios (productos intangibles). Para el cálculo de emisiones de bienes y servicios se realiza mediante el método de datos promedio, donde el dato de la actividad es la masa o número de unidades de bienes o servicios adquiridos en un año determinado (kg, m³, horas gastadas) y el factor de emisión de los bienes o servicios adquiridos por unidad de masa o unidad de producto (por ejemplo, kg CO₂/kg ó kg CO₂/hora gastada) (Universidad Pontificia Bolivariana, 2017). En esta categoría se considera el papel carta blanco y sus emisiones se determinan teniendo en cuenta la Ecuación 16.

Ecuación 16. Emisiones CO₂ del papel

$$Emisiones\ CO_{2e}\ papel\ carta = W_{resmas} * Factor\ Emisión$$

Donde:

Emisiones CO_{2e} papel carta: Emisiones de CO_{2e} generadas a partir de la actividad (Kg CO_{2e})

Wresmas: Peso de las resmas (Kg papel), donde se calcula: Wresmas = Cantidad unidades papel * Peso 1 unidad resma (Kg))

Factor Emisión: Factor de Emisión (kg CO₂ e/ kg Papel)

Factor de Emisión. De acuerdo al proyecto, para el factor de emisión se considera lo siguiente: el papel adquirido proviene de plantaciones forestales sostenibles, considerado 100% reciclado.

Tabla 15. Factor de emisión de papel

Factor de Emisión	Unidades
1,6	kg CO ₂ e / kg Papel

Fuente: (Universidad Pontificia Bolivariana, 2017)

3.1.3.3 Viajes de Trabajo: Aéreos y Terrestres. Esta categoría incluye las emisiones de transporte aéreo y terrestre que se genera por el desplazamiento de los empleados y estudiantes en actividades relacionadas con la institución. Los recorridos pueden ser de nivel local (viajes terrestres), regional (viajes terrestres), nacional (viajes aéreos y terrestres) o internacional (viajes aéreos). Las emisiones de los viajes de trabajo pueden darse por:

- Viajes en avión
- Viajes en autobús
- Viajes en automóvil (carro particular o taxi)

Para deducir las emisiones por viajes aéreos, se puede emplear un software o aplicación avalada y segura (tal como la aplicación: International Civil Aviation Organization), donde se elige la ciudad origen y destino y este automáticamente calcula las emisiones del recorrido (Kg CO₂).

Para el cálculo de emisiones por viajes terrestres, se realiza mediante el método de cálculo basado en la distancia. Los datos de actividad que se incluyen son: distancia total recorrida por los empleados o estudiantes en el año de referencia y tipo de transporte utilizado para desplazarse (avión, autobús, automóvil). Los factores de emisión necesarios dependen de cada modo de transporte (por ejemplo, avión, autobús o automóvil), expresados en unidades de GEI emitidos por kilómetro recorrido.

Factor de Emisión

Tabla 16. Factor de emisión de viajes de negocio

Factor de Emisión	Kg CO ₂ / Km	Kg CH ₄ / Km	Kg N ₂ O / Km
Bus	0,6843	-	0,000003
Carro particular	0,2636	-	0,000001
Taxi	0,2545	0,000054	0,0000046

Fuente: (Área Metropolitana, 2017)

3.2 HUELLA HÍDRICA

La huella hídrica de un individuo, empresa o nación es definida como el volumen total de agua necesaria, directa e indirectamente, para alimentar las cadenas de producción y suministro de los bienes y servicios producidos, consumidos y/o exportados por los individuos, las empresas o los países. De esta forma la huella hídrica de un individuo no está sólo relacionada con su consumo directo de agua, sino con sus hábitos de vida (Arévalo, Lozano, & Sabogal, 2011).

De igual modo, se indica que la huella hídrica es un indicador del uso de agua dulce, geográficamente explícito, que no solo representa el volumen de agua utilizada y contaminada, sino también la localización geográfica y el momento del año que esta es utilizada. Este indicador se basa en diferenciar claramente tres conceptos: el agua realmente consumida, el uso no consuntivo y la cantidad de agua contaminada con el vertimiento. La metodología por medio de la cual se realiza el cálculo de la huella hídrica fue la establecida por la World Wildlife Fund (Fondo Mundial para la Naturaleza), a partir de las investigaciones de Hoekstra y Chapagain y difundida ampliamente por Water Footprint Network (Red de Huella Hídrica) (Universidad Pontificia Bolivariana - Sede Central, 2017).

La determinación de la Huella Hídrica incluye tres componentes fundamentales: Huella Hídrica Azul (HHA), Huella Hídrica Verde (HHV) y la Huella Hídrica Gris (HHG).

3.2.1 Huella Hídrica Azul. La Huella Hídrica Azul es el agua que se ha obtenido de los recursos de aguas superficiales o subterráneas y se evapora, se incorpora a un producto o se extrae de un cuerpo de agua y se devuelve a otro (Universidad Pontificia Bolivariana - Sede Central, 2017). Para determinar la huella hídrica azul en el presente proyecto se tiene en cuenta tres categorías: agua utilizada para riego, agua de consumo y agua no contabilizada.

La unidad de la huella hídrica del proceso azul es el volumen de agua por unidad de tiempo, por ejemplo, por día, mes o año. Cuando se divide sobre la cantidad de producto que se deriva del proceso, la huella hídrica del proceso también se puede expresar en términos de volumen de agua por unidad de producto. La huella hídrica azul se calcula como (Water Footprint Network (WFN), 2011):

Ecuación 17. Cálculo de la Huella Hídrica Azul

$$HHA = \text{EvaporacionAguaAzul} + \text{IncorporacionAguaAzul} + \text{FlujoRetornoPerdido}$$

Donde:

HHA: Huella Hídrica Azul (volumen/tiempo = m³/año)

EvaporaciónAguaAzul: Volumen de agua evaporada (volumen = m³)

IncorporaciónAguaAzul: Volumen de agua incorporada (volumen = m³)

FlujoRetornoPerdido: Volumen de agua que no regresa a la misma cuenca (volumen = m³)

El último componente se refiere a la parte del flujo de retorno que no está disponible para su reutilización dentro de la misma cuenca dentro del mismo período de retiro, ya sea porque se devuelve a otra cuenca (o se descarga en el mar) o porque se devuelve en otro período de tiempo.

3.2.2 Huella Hídrica Verde. La Huella Hídrica Verde se refiere al agua de precipitación que se almacena en la zona de la raíz del suelo y se evapora, transpira o incorpora en las plantas. Se calcula con la evapotranspiración y el agua en los productos vegetales (Universidad Pontificia Bolivariana - Sede Central, 2017). Para encontrar la huella hídrica verde en el proyecto se considera las categorías del agua de evapotranspiración y el agua de material de poda.

La huella hídrica verde se expresa como volumen de agua por unidad de tiempo. La huella respectiva es igual a (Water Footprint Network (WFN), 2011):

Ecuación 18. Cálculo de la Huella Hídrica Verde

$$HHV = \text{EvaporacionAguaVerde} + \text{IncorporacionAguaVerde}$$

Donde:

HHV: Huella Hídrica Verde (volumen/tiempo = m³/año)

EvaporaciónAguaVerde: Volumen de agua evaporada (volumen = m³)

IncorporaciónAguaVerde: Volumen de agua incorporada (volumen = m³)

Se indica que la distinción entre la huella hídrica azul y verde es importante porque los impactos hidrológicos, ambientales y sociales, así como los costos de oportunidad económica del uso del agua superficial y subterránea para la producción, difieren distintivamente de los impactos y costos del uso del agua de lluvia.

3.2.3 Huella Hídrica Gris. La Huella Hídrica Gris es el volumen teórico de agua dulce necesario para asimilar la carga contaminante vertida a un cuerpo receptor con base en las normas de calidad ambiental (Universidad Pontificia Bolivariana - Sede Central, 2017). Para hallar la huella hídrica gris en el presente proyecto se estudia la categoría del agua afectada por contaminantes vertidos por la UPB-Bucaramanga.

La huella hídrica gris se expresa como volumen de agua por unidad de tiempo, ésta se calcula dividiendo la carga contaminante (L, en masa/tiempo) por la diferencia entre el estándar de calidad del agua ambiente para ese contaminante (la concentración máxima aceptable c_{max} , en masa/volumen) y su concentración natural en el cuerpo de agua receptor (c_{nat} , en masa/volumen). La huella respectiva se determina por la siguiente ecuación (Water Footprint Network (WFN), 2011):

Ecuación 19. Cálculo de la Huella Hídrica Gris

$$HHG = \frac{L}{c_{max} - c_{nat}}$$

Donde:

HHG: Huella Hídrica Gris (volumen/tiempo = $m^3/año$)

L: Carga contaminante (masa/tiempo = $Kg/año$)

Cmax: Concentración máxima aceptable de acuerdo normatividad ambiental (masa/volumen = Kg/m^3)

Cnat: Concentración natural de la fuente de agua receptora (masa/volumen = Kg/m^3)

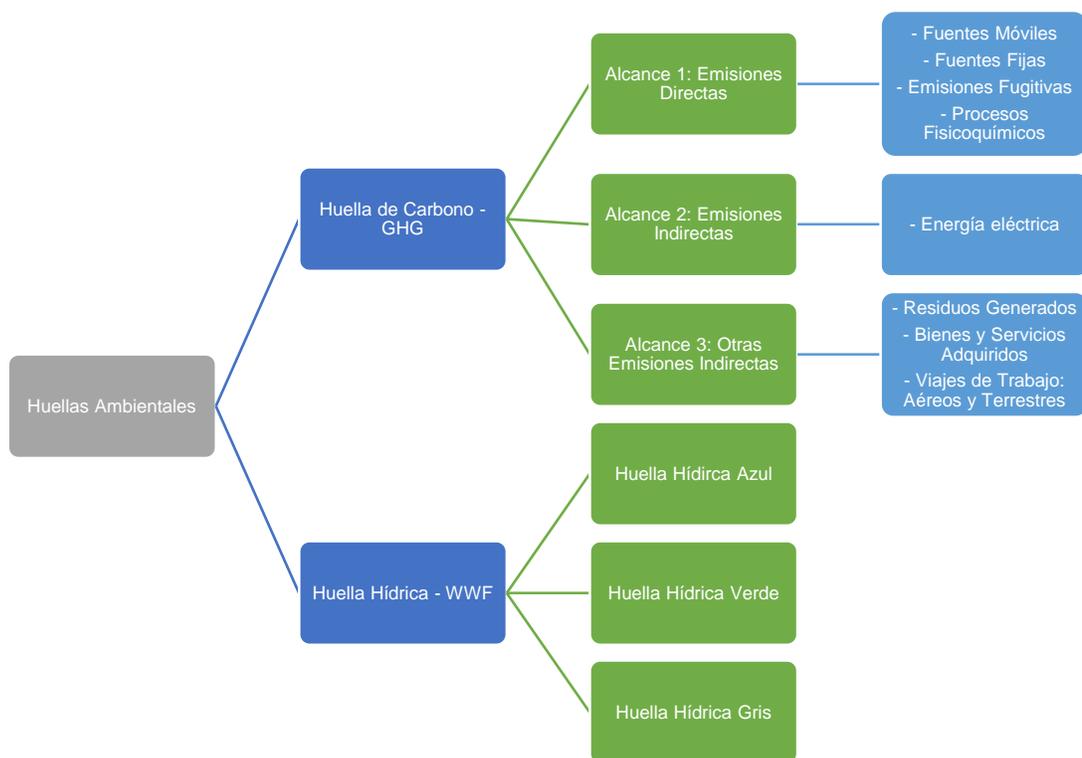
Los estándares de calidad del agua ambiental a menudo existen en la legislación nacional o estatal o tienen que ser formulados por la cuenca y / o el cuerpo de agua en el marco de la legislación nacional o por un acuerdo regional, no existen para todas las sustancias y para todos los lugares. Lo más importante es, por supuesto, especificar qué estándares de calidad del agua y concentraciones naturales se han utilizado en el cálculo de huella de agua gris. Es relevante señalar que el indicador de huella hídrica no tiene en cuenta los procesos naturales que pueden mejorar la calidad del agua a lo largo del flujo de la cuenca.

4. METODOLOGÍA

Las huellas ambientales se pueden determinar a través de diferentes métodos; sin embargo, para la ejecución del proyecto se llevó a cabo por medio de dos metodologías científicas denominadas: Greenhouse Gas Protocol (GHG) y los lineamientos establecidos por la World Wildlife Fund (WWF) para la huella de carbono y huella hídrica respectivamente. En la Figura 1 se presenta las fases que se tuvo en cuenta en la investigación.

La información recolectada para aplicar las metodologías correspondientes de la huella de carbono y huella hídrica en la Universidad Pontificia Bolivariana se obtuvo con apoyo de algunas unidades organizacionales (Facultades y Departamentos) de la seccional, estos se señalan respectivamente en los ítems de cada huella.

Figura 1. Metodología huellas ambientales



4.1 HUELLA DE CARBONO

La metodología utilizada para determinar la huella de carbono fue la Greenhouse Gas Protocol (GHG) y se trató de manera institucional (corporativa) debido a que es una organización educativa.

La información recolectada para cada uno de los alcances se incorporó a la herramienta diseñada (formatos de Excel) y suministrada por la UPB seccional Medellín con el fin de estimar las emisiones de t CO₂e generadas.

4.1.1 Alcance 1: Emisiones Directas. De acuerdo al estudio, en la Tabla 17 se presenta las fuentes de emisión de las sedes de la UPB Bucaramanga teniendo en cuenta su categoría, además de sus respectivas cantidades por cada una; estas fuentes que se muestran son las que se consideraron para la metodología aplicada.

4.1.1.1 Fuentes Móviles. Se tuvo en cuenta el tipo y cantidad de combustible que usan los vehículos que son propiedades de la UPB, guadañadoras, sopladoras, cortasetos, motosierra, fumigadora y extractora. Los datos de los vehículos de la UPB fueron suministrados por el Departamento de Compras y Activos Fijos y la Facultad de Ingeniería Mecánica, mientras que las fuentes restantes por el Departamento de Servicios Generales (Sector: Jardinería).

Se trabajó con un formato para la recolección de información de las fuentes (guadañadora, sopladora, cortaseto, motosierra, fumigadora o extractora), conociendo el combustible que se utiliza con la respectiva proporción, el trabajador encargado de realizar ese proceso y la fecha correspondiente (Ver anexos: Formato para la entrega de insumos. Código AF-FO-156)

Para el cálculo de CO₂e se ingresaron los datos en la calculadora (herramienta de Excel).

4.1.1.2 Fuentes Fijas. Se indagó sobre el tipo y la cantidad de combustible que se emplea en las plantas eléctricas, una caldera eléctrica y una máquina mezcladora. La información se facilitó con apoyo del Departamento de Servicios Generales y las Facultades de Ingeniería Mecánica e Ingeniería Civil.

4.1.1.3 Emisiones Fugitivas. Se evaluó los tipos de gases de efecto invernadero (refrigerante) con su respectiva carga (inicial o recargada) que utiliza los aires acondicionados, extintores, bebederos, dispensadores de agua, neveras y chillers.

A través del Departamento de Compras y Activos Fijos se accedió a un listado de los equipos anteriormente mencionados existentes en el campus, sedes alternas y concesiones. Para la recolección de las cifras respectivas se realizó visitas a cada oficina, salón o lugar que tuviese algún equipo mencionado anteriormente, este proceso se llevó a cabo con asistencia de operarios del Departamento de Planta Física (Sector: Mantenimiento). Los datos se recolectaron en una bitácora de campo (Ver anexos: Bitácora – Emisiones fugitivas).

4.1.1.4 Procesos Físicoquímicos. Se determinó algunas variables de la planta de tratamiento de aguas residuales, tales como: Caudal del afluente de aguas residuales (Q_{ww}), Demanda de oxígeno del afluente (OD), Eficiencia de eliminación de la demanda de oxígeno (Eff_{OD}) y las horas de funcionamiento de la planta de tratamiento.

Por otra parte, se estimó la cantidad de compostaje generado teniendo en cuenta las actividades de barrido (hojas, palos), corte de césped y poda de árboles que se realizan en el campus UPB, para estos trabajos se elaboró un formato con el fin de llevar un control diario (Ver anexo: Formato Control Compostaje). En dicho formato está citado en cada actividad los números de viajes realizados, estos hacen referencia a la cantidad de material (hojas, palos, césped, entre otros) que va para

el compostaje. Un viaje corresponde al peso del material que se ocupa en un recipiente con el cual trabajan los operarios (ver Figura 2).

Las cifras respectivas de la planta de tratamiento fueron entregadas por los técnicos que trabajan en ésta (Departamento de Servicios Generales – Área: Gestión Ambiental), mientras que los de compostaje con los encargados de realizar las actividades citadas anteriormente en los lugares de la UPB (Departamento de Servicios Generales – Sector: Jardinería).

Figura 2. Recipiente para disposición de material recogido



Tabla 17. Fuentes de emisión directa para las sedes de la UPB-Bucaramanga

Sede	Categoría	Fuente de Emisión	Cantidad
Campus UPB Bucaramanga	Fuentes móviles	Automóvil	1
		Camioneta	1
		Motocicleta	1
		Motor tractor	1
		Guadañadora	7
		Sopladora	4
		Cortaseto	2
		Motosierra	1
		Fumigadora	1
		Extractora	1
	Fuentes Fijas	Planta eléctrica	6
		Caldera eléctrica	1

	Emisiones fugitivas	Mezcladora	1
		Aire acondicionado	1
		Extintores	80
		Bebederos	16
		Dispensador de agua	17
		Nevera	22
		Chiller	3
	Procesos fisicoquímicos	Planta de tratamiento	1
		Área de compostaje	1
	Centro de Proyección Social	Emisiones fugitivas	Bebederos
Nevera			1
Instituto de Familia y Vida	Emisiones fugitivas	Dispensador de agua	1

4.1.2 Alcance 2: Emisiones Indirectas. Para el desarrollo del proyecto tan solo se tomó el consumo de electricidad, la cual es adquirida y consumida por la UPB – Bucaramanga.

4.1.2.1 Consumo de Energía Eléctrica. Se consideró la energía eléctrica consumida en el campus universitario, sedes alternas y concesiones. La información necesaria del campus y las sedes alternas la proporcionó el Departamento de Servicios Generales teniendo en cuenta un formato (Ver anexos: Formato registro de consumo de servicios públicos - Luz. Código: PS-FO-056) de registro de servicios públicos en el cual mes a mes llevan el control respectivo. Para las concesiones, los operarios del Departamento de Planta Física (Sector: Automatización) brindaron apoyo en la recolección de datos de gasto energético (lectura y verificación de contadores).

4.1.3 Alcance 3: Otras Emisiones Indirectas. Las emisiones consideradas en este alcance son aquellas que son derivadas de las actividades desarrolladas en la UPB – Bucaramanga, pero que ocurren en fuentes que no están controladas y en algunas ocasiones no son de su propiedad.

4.1.3.1 Residuos Generados. Se calculó la cantidad de los diferentes tipos de residuos tales como son los ordinarios, plástico y pasta (reciclaje), chatarra (reciclaje), papel, cartón y periódico (reciclaje), vidrio (reciclaje), metal: aluminio y

acero (reciclaje), orgánicos, electrónicos (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos – RAEE), pilas (residuos peligrosos – RESPEL), escombros (especiales) y peligrosos (RESPEL). Los datos fueron entregados por el Departamento de Servicios Generales (Área: Gestión Ambiental). Se aclara que los datos totales de residuos incluyen lo acumulado en las jornadas de recolección de residuos posconsumo realizadas en el campus UPB (se efectuó 2 veces en el año) que no son directamente generados por la UPB, pues algunas empresas, personas naturales o estudiantes depositan en los puntos de acopio.

4.1.3.2 Bienes y Servicios Adquiridos. Se estimó la cuantía de papel blanco de oficina (resmas) que se dispone para diferentes actividades en el campus y concesiones. El Departamento de Servicios Generales (Área: Gestión Ambiental) brindó el reporte para obtener las cifras respectivas.

4.1.3.3 Viajes de Trabajo: Aéreos y Terrestres. Se tuvo en cuenta los viajes realizados por el personal vinculado a la UPB, tanto los aéreos (nacional e internacional) como los terrestres, que incluye los recorridos en automóvil: carro particular o taxi (local, regional y nacional) y buses (local, regional y nacional). Los datos y valores requeridos fueron suministrados por el Departamento de Procesos Contables y el Departamento de Servicios Generales (Sector: Transporte Terrestre) respectivamente.

4.2 HUELLA HÍDRICA

Los lineamientos empleados para determinar la Huella Hídrica fueron los establecidos por la World Wildlife Fund (WWF). De igual manera se trabajó con la herramienta diseñada (formatos de Excel) y suministrada por la UPB seccional Medellín, en la cual se ingresó los valores y datos para el tratamiento de información con sus cálculos respectivos y de este modo determinar el volumen de agua que se consideró en metros cúbicos (m³).

4.2.1 Huella Hídrica Azul. Se consideró el gasto del recurso hídrico en riego, consumo y el que no es contabilizado. El agua de riego es aquella que se utilizó para las zonas verdes, esta es agua veredal y es proveniente de la quebrada la Guayana (hace parte de la microcuenca Río Lato, subcuenca Río Oro, cuenca del Río Lebrija), además se tuvo en cuenta la cantidad de días promedio que riegan y los meses que lo realizan (siete). El agua de consumo corresponde a la gastada dentro del campus y sedes alternas. Y el agua no contabilizada hace referencia a la que no es registra en el consumo normal debido a que existen unas perdidas dentro del proceso, estas pérdidas se presenta en un porcentaje del agua de consumo.

Las cifras del gasto del recurso hídrico en riego las proporcionó el Departamento de Servicios Generales (Sector: Jardinería), las de consumo las facilitó el Departamento de Servicios Generales en base al formato (Ver anexos: Formato registro de consumo de servicios públicos - Agua. Código: PS-FO-056) de registro de servicios públicos, y también los valores del agua no contabilizada los brindó el Departamento de Servicios Generales.

4.2.2 Huella Hídrica Verde. Se contempló el agua de precipitación que se acumula en el suelo y que luego realiza el proceso de evapotranspiración. Además se tuvo en cuenta otras variables como: Área de vegetación, velocidad del viento, humedad relativa, temperatura, radiación solar y presión atmosférica. En cooperación con la Facultad de Ingeniería Civil y la Facultad de Ingeniería Ambiental se obtuvo los valores de las variables mencionadas, pues dichas escuelas son las encargadas de las estaciones meteorológicas en la UPB – Bucaramanga. Para esta huella también se tuvo en cuenta el agua de material de poda (agua en los productos vegetales) generado, la información fue entregada por los operarios del Departamento de Servicios Generales – Área: Gestión Ambiental.

4.2.3 Huella Hídrica Gris. Se determinó el volumen de agua que va a la fuente receptora (quebrada Mensulí) y que disuelve los contaminantes generados en el

recurso hídrico por la UPB-Bucaramanga para dar cumplimiento al criterio de calidad que exige las normas ambientales. Se consideró las Aguas residuales no domesticas (ARnD) y las Aguas residuales domesticas (ARD) que en su proceso final se vierten a la planta de tratamiento, además para cada una de estas (ARnD y ARD) se conoció los siguientes parámetros: Caudal Vertido, demanda biológica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total (NTK), fósforo total, grasas y aceites y sustancias activas al azul de metileno (SAAM). También se tuvo en cuenta el caudal de consumo de la UPB. Como verificación y soporte de la calidad del vertimiento y la asimilación de la fuente receptora se realizó un comparativo con los valores límites planteados por la autoridad ambiental del área.

Los datos y valores correspondientes fueron suministrados por el Departamento de Servicios Generales (Área: Gestión Ambiental) pues ésta área es la encargada de la administración y control de la planta de tratamiento de aguas residuales, la caracterización realizada al vertimiento cumple con todos los requerimientos legales y es ejecutada por un laboratorio acreditado por el IDEAM.

Tabla 18. Caracterización ARnD en la UPB-Bucaramanga

Parámetro	Unidad	Datos Caracterización
		ARnD
DBO ₅	mg/L	34,10
DQO	mg/L	57,60
SST	mg/L	13,20
Grasas y aceites	mg/L	9,00

Tabla 19. Valores límites Resolución 631 de 2015

Parámetro	Unidad	Datos Caracterización
		ARnD
DBO ₅	mg/L	50,00
DQO	mg/L	150,00
SST	mg/L	50,00
Grasas y aceites	mg/L	10,00

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

5. RESULTADOS

Al realizar la recopilación de los datos para el cálculo de cada una de las huellas se utilizó las herramientas computacionales diseñadas (formatos de Excel) y suministradas por la UPB seccional Medellín con el fin de obtener las emisiones de t CO₂e y el consumo de m³ de agua para la Huella de Carbono y Huella Hídrica respectivamente.

5.1 HUELLA DE CARBONO

A continuación se presenta los resultados y evidencias respecto a la Huella de Carbono del 2018 de la UPB-Bucaramanga, sus sedes alternas y concesiones.

5.1.1 Alcance 1: Emisiones Directas. Las Figuras 3, 4, 5, 6 y 7 evidencian el uso de la herramienta de cálculo diseñada y proporcionada por la UPB – Medellín para obtener los resultados de las emisiones directas.

Figura 3. Herramienta de cálculo de fuentes móviles

UPB Sostenible - Bucaramanga														
Emisiones directas. Combustión en fuentes móviles 2018														
N°	Descripción de la fuente						Información de la instalación						COMBUSTIBLE USADO	
	Placa	Módulo	Línea	Cilindrada (cm ³)	Marca	Tipo de Vehículo	Departamento	Municipio	Tipo de dato de actividad	% Combustible fósil	% Biocombustible	Ena	Feb	
1	HVL536	2015	CERATO PRO EX	1591	KIA	Automóvil	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	14,04	7,80
2	DLM250	2013	NEV SPORTAGE LX	1998	KIA	Camioneta	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	84,22	37,05
3	BE9308	Buggy Buggy				Motocicleta	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	0	1
4	N00010004	MS - 860	Motosierra		STHILL	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	0,0	0,0
5	N00015175	HS 32R	Cortaseto		STHILL	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	1,0	1,0
6	15680	HS 81R	Cortaseto		STHILL	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	1,0	1,0
7	BE7839		Guadañadora		MAPUYAMA	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	2,7	2,7
8	N00000671	AE 420	Guadañadora		MAPUYAMA	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	2,7	2,7
9	N00013734	BF 43R	Guadañadora		MAPUYAMA	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	2,7	2,7
10	N00015117	BCF 420H	Guadañadora		MAPUYAMA	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	2,7	2,7
11	N00015118	BCF 420H	Guadañadora		MAPUYAMA	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	2,7	2,7
12	N00018236	H3R-II	Guadañadora		HUSQVARNA	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	2,7	2,7
13	N00016391	FS 280	Guadañadora	38,9	STHILL	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	-	-
14	N00000333		Sopladora			Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	4,5	4,5
15	N00006037		Sopladora			Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	4,5	4,5
16	N00013733	570 BTS	Sopladora		HUSQVARNA	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	4,5	4,5
17	N00015116	BR600	Sopladora		STHILL	Maquinaria Agrícola	Santander	Bucaramanga	Combustión gasolina	90%	10%	E10 Etanol/Gasolina	4,5	4,5

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Figura 4. Herramienta de cálculo de fuentes fijas

UPB Sostenible - Bucaramanga

Emisiones directas. Combustión en fuentes fijas 2018

N°	Descripción de la fuente					Información de la instalación						
	Placa	Módulo	Equipo	Capacidad	Marca	Departamento	Municipio	Sede	Bloque	Tipo de dato de actividad	% Combustible fósil	% Biocombustible
1	B007450	80 DGDA	Planta Eléctrica	100	Cummins	Santander	Bucaramanga	Floridablanca	B	Combustión diesel	90%	10%
2	B007451	80 DGDA	Planta Eléctrica	100	Cummins	Santander	Bucaramanga	Floridablanca	D	Combustión diesel	90%	10%
3	N00007650	100DGDU-3631	Planta Eléctrica	125	Cummins	Santander	Bucaramanga	Floridablanca	H	Combustión diesel	90%	10%
4	N00007651	C100 D6 4	Planta Eléctrica	125	Cummins	Santander	Bucaramanga	Floridablanca	J	Combustión diesel	90%	10%
5	N00007652	C400 D6 4	Planta Eléctrica	500	Cummins	Santander	Bucaramanga	Floridablanca	K	Combustión diesel	90%	10%
6	N00010523	C3010C6	Planta Eléctrica	260	Cummins	Santander	Bucaramanga	Floridablanca	L	Combustión diesel	90%	10%
7	B012041	CC07369	Caldera Eléctrica ACPM y/o GAS		Continental	Santander	Bucaramanga	Floridablanca	I	Combustión diesel	90%	10%
8	N00009289	Eléctrica Capacidad 92 baño	Mezcladora facultad de ingeniería civil		SIEMENS	Santander	Bucaramanga	Floridablanca		Combustión gasolina	90%	10%

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Figura 5. Herramienta de cálculo de emisiones fugitivas

UPB Sostenible- Bucaramanga

Emisiones directas. Cálculo de emisiones fugitivas 2018

N°	Descripción de la fuente				Ubicación del equipo				
	Equipo	Marca	N° de inventario	Responsable	Empresa que realiza el mantenimiento	Departamento	Municipio	Bloque	Oficina/ Laboratorio
1	Aires Acondicionados	York	N00012896			Santander	Floridablanca	I	203
2	Extintores	N/A	N/A			Santander	Floridablanca	todos	N/A
3	Extintores	N/A	N/A			Santander	Floridablanca	todos	N/A
4	Extintores	N/A	N/A			Santander	Bucaramanga	todos	N/A
5	Extintores	N/A	N/A			Santander	Bucaramanga	todos	N/A
6	Bebedero	Inducool	N00003246			Santander	Floridablanca	B	Piso 1
7	Bebedero	Inducool	N00008333			Santander	Floridablanca	E	Piso 3
8	Bebedero	Inducool	N00003245			Santander	Floridablanca	F	Piso 3
9	Bebedero	Inducool	N00017556			Santander	Floridablanca	I	Piso 1
10	Bebedero	Inducool	N00003244			Santander	Floridablanca	J	Auditorio Menor
11	Bebedero	Inducool	N00004807			Santander	Floridablanca	K	Piso 1
12	Bebedero	Inducool	N00008332			Santander	Floridablanca	K	Piso 2
13	Bebedero	Inducool	N00004806			Santander	Floridablanca	K	Piso 3
14	Bebedero	Inducool	N00017563			Santander	Floridablanca	K	Piso 4
15	Bebedero	Inducool	N00004805			Santander	Floridablanca	K	Piso 5
16	Bebedero	Inducool	N00004804			Santander	Floridablanca	K	Piso 6

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Figura 6. Herramienta de cálculo de procesos fisicoquímicos de PTAR

UPB Sostenible- Bucaramanga

Emisiones directas. Procesos físicos o químicos (Planta de tratamiento residuales) 2018

Información básica

$$CO_2 = 10^{-6} \times Q_{WW} \times OD \times Eff_{OD} \times CF_{CO_2} \times [(1 - MCF_{WW} \times BG_{CH_4})(1 - \lambda)]$$

$$CH_4 = 10^{-6} \times Q_{WW} \times OD \times Eff_{OD} \times CF_{CH_4} \times [(MCF_{WW} \times BG_{CH_4})(1 - \lambda)]$$

CO ₂ (mg CO ₂ /hr)	28.534,81	CH ₄ (mg CO ₂ /hr)	0.11
CO ₂ (g CO ₂ /hr)	28,53	CH ₄ (g CO ₂ /hr)	0,00
CO ₂ (kg CO ₂ /hr)	0,03	CH ₄ (kg CO ₂ /hr)	0,00
CO ₂ (t CO ₂)	0,09	CH ₄ (t CO ₂)	0,00
Horas funcionamiento planta de tratamiento	3.132,00	Horas funcionamiento planta de tratamiento	3.132,00
10 ⁶ mg/g	0,00	10 ⁶ mg/g	0,00
Q _{WW} (L/s)	0,80	Q _{WW} (L/s)	0,80
Q _{WW} (m ³ /h)	2,88	Q _{WW} (m ³ /h)	2,88

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Figura 7. Herramienta de cálculo de procesos fisicoquímicos de compostaje

UPB Sostenible - Bucaramanga																	
Emisiones directas. Procesos físicos o químicos 2018 (Compostaje)																	
																	
Fuente de emisión	Departamento	Municipio	Cantidad de compostaje producido												Cantidad	Unidades	Mt CO2e
			Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.			
Compostaje	Santander	Bucaramanga													28,34	t	2,120

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Tabla 20. Emisiones Directas UPB-Bucaramanga 2018

Categoría	Cantidad	Unidad	t CO ₂ /año	t CH ₄ /año	t N ₂ O/año	t HFC/año	t PFC/año	t SF ₆ /año	t NF ₃ /año	t CO ₂ e/año	Aporte (%)
Emisiones Fuentes Móviles	1176,91	gal	10,3830	0,0050	0,0008	0	0	0	0	10,7450	10,3
Emisiones Fuentes Fijas	988,20	gal	10,0292	0,0015	0,0001	0	0	0	0	10,0943	9,7
Emisiones Fugitivas	331,32	Kg	0	0	0	0,3313	0	0	0	81,2615	78,0
Procesos físico-químicos	28,34	t	0	0	0	0	0	0	0	2,1198	2,0
Total Alcance 1. Emisiones directas										104,2206	100

En las emisiones directas, la categoría responsable de la mayor generación de tCO₂e/año son las emisiones fugitivas con un porcentaje de 78,0 % el cual hace referencia a los tipos de refrigerante utilizado en los aires acondicionados, extintores, bebederos, dispensadores de agua, neveras y chillers; el segundo aporte lo realiza la emisiones de fuentes móviles con un valor del 10,3 % y corresponde al gasto de combustible de los vehículos y de la maquinaria agrícola (guadañadoras, sopladoras, cortasetos, motosierra, fumigadora y extractora) que son propiedad de la UPB; la contribución restante la ocasiona la emisiones de fuentes fijas (combustible que se usa en las plantas eléctricas, una caldera eléctrica y una maquina mezcladora) y los procesos fisicoquímicos (emisiones de PTAR y compostaje) con cifras de 9,7 % y 2,0 % respectivamente.

5.1.2 Alcance 2: Emisiones Indirectas. La Figura 8 muestra el uso de la herramienta de cálculo diseñada y proporcionada por la UPB – Medellín para obtener los resultados de las emisiones indirectas.

Figura 8. Herramienta de cálculo de consumo de energía eléctrica

UPB Sostenible - Bucaramanga										
Emisiones indirectas. Cálculos 2018										
INFORMACIÓN DE LA INSTALACIÓN					DATOS DE CONSUMO					
Dirección	Nombre	Departament	Municipio	Sede	Año	Mes	Cantidad	Unidad	Emisiones CO ₂ (t CO ₂)	Emisiones CH ₄ (t CH ₄)
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Enero	880.734,00	kWh	14.820	0,000
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Febrero	777.382,00	kWh	14.545	0,000
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Marzo	994.630,00	kWh	15.959	0,000
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Abril	937.989,00	kWh	16.235	0,000
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Mayo	994.482,00	kWh	15.948	0,000
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Junio	1610.95,00	kWh	13.205	0,000
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Julio	1616.96,00	kWh	13.253	0,000
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Agosto	202.947,00	kWh	16.609	0,000
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Septiembre	191.765,00	kWh	15.725	0,000
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Octubre	203.980,00	kWh	16.556	0,000
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Noviembre	172.947,00	kWh	14.982	0,000
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	2018	Diciembre	136.251,00	kWh	11.173	0,000
Carrera 8 No. 6 - 37	Centro de Proyeccion Social	Santander	Piedecuesta	Bucaramanga	2018	Enero	2.016,00	kWh	0,165	0,000
Carrera 8 No. 6 - 38	Centro de Proyeccion Social	Santander	Piedecuesta	Bucaramanga	2018	Febrero	2.160,00	kWh	0,177	0,000
Carrera 8 No. 6 - 39	Centro de Proyeccion Social	Santander	Piedecuesta	Bucaramanga	2018	Marzo	2.210,00	kWh	0,189	0,000
Carrera 8 No. 6 - 40	Centro de Proyeccion Social	Santander	Piedecuesta	Bucaramanga	2018	Abril	2.850,00	kWh	0,234	0,000
Carrera 8 No. 6 - 41	Centro de Proyeccion Social	Santander	Piedecuesta	Bucaramanga	2018	Mayo	2.760,00	kWh	0,228	0,000

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Tabla 21. Emisiones Indirectas UPB-Bucaramanga 2018

Categoría	Cantidad (kWh)	t CO ₂ /año	t CH ₄ /año	t N ₂ O/año	t HFC/año	t PFC/año	t SF ₆ /año	t NF ₃ /año	t CO ₂ e/año	Aporte (%)
Consumo de energía eléctrica	2.046.362,3	167,8017	0,0034	0,0020	0	0	0	0	168,4222	100,0
Total Alcance 2. Emisiones indirectas										100

Las emisiones indirectas corresponden a la energía eléctrica que se consume en el Campus UPB-Bucaramanga y sedes alternas (Instituto Familia y Vida y Centro de Proyección Social), a partir de este consumo (2.046.362,3 kWh) se generan 168,4222 t CO₂e/año.

5.1.3 Alcance 3: Otras Emisiones Indirectas. Las Figuras 9, 10, 11, 12, 13 y 14 presentan el uso de la herramienta de cálculo diseñada y proporcionada por la UPB – Medellín para obtener los resultados de otras emisiones indirectas.

Figura 9. Herramienta de cálculo de residuos generados

UPB Sostenible - Bucaramanga																			
Otras emisiones indirectas. Cálculo de emisiones residuos generados 2018																			
DESCRIPCIÓN DE LA FUENTE				DATO DE ACTIVIDAD										Cálculo					
Tipo de Residuo	Clasificación	Departamento	Municipio	Cantidad de residuos generados												Unidades	Emisiones de CO ₂ e (kg CO ₂ e)		
				Eno.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.			Total	
Residuos ordinarios	Ordinarios	Santander	Bucaramanga														39.226,00	kg	16.514,15
Residuo plástico y pasta	Reciclaje	Santander	Bucaramanga														1044,50	kg	2393
Residuo Chatarra	Reciclaje	Santander	Bucaramanga														203,00	kg	4,26
Residuo papel, cartón y periódico	Reciclaje	Santander	Bucaramanga														6.842,00	kg	143,68
Residuo vidrio	Reciclaje	Santander	Bucaramanga														661,00	kg	13,88
Residuo metal: Aluminio y acero	Reciclaje	Santander	Bucaramanga														160,70	kg	3,37
Residuos orgánicos		Santander	Bucaramanga														41.498,25	kg	248,89
Residuos de electrónicos	RAEE	Santander	Bucaramanga														85,10	kg	1,79
Residuos de pilas	RESPEL	Santander	Bucaramanga														79,70	kg	5,94
Residuos de escombros	Especiales	Santander	Bucaramanga														130.572,00	kg	2611,4
Residuos peligrosos (RESPEL)	RESPEL	Santander	Bucaramanga														501,00	kg	64,83

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Figura 10. Herramienta de cálculo de bienes y servicios adquiridos

UPB Sostenible						
Otras emisiones indirectas. Bienes y servicios adquiridos-Consumo de papel 2018						
Papel		Cantidad	Unidades	W _{resmas} (kg papel)	kg CO ₂	t CO ₂
Papel carta blanco X500 CARTOPRINT		1.000,00	Unidad	2.259,90	3.621,18	3,62
Total Emisiones t CO₂ e						3,62

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Figura 11. Herramienta de cálculo de viajes de trabajo aéreos

UPB Sostenible - Bucaramanga										
Otras emisiones indirectas. Cálculo de emisiones - viajes de trabajo (aéreos) 2018										
N°	NUMERO DE FACTURA	NOMBRE MES	NOMBRE AEROLINEA	RUOTA	FECHA PRIMER VUELO	FECHA ULTIMO VUELO	DIAS DE VUELO	TIPO DE TRAYECTO	NOMBRE DEL PASAJERO	
1	35425034	ABRIL	UNITED AIRLINES	BGAPTYIAHYZIAHPTYBGA	15/06/2018	21/06/2018	6	PASAJES INTERNACIONALES	VILLAMIZAR AMAYA SANDRA ROCIO	
2	35425038	ABRIL	DELTA AIR LINES	BGABOGATLPHLATLBOBGBGA	25/05/2018	04/06/2018	10	PASAJES INTERNACIONALES	SANCHEZ TORRES MARTHA CAROLINA	
3	10	MAYO	AVIANCA	BOBGBGA	11/05/2018	11/05/2018	-	PASAJES NACIONALES	LEON LOZANO ALBERTO	
4	12	MAYO	AVIANCA	BOBGBGA	18/05/2018	18/05/2018	-	PASAJES NACIONALES	LEON LOZANO ALBERTO	
5	18	MAYO	LUFTHANSA	TXLLFRABOGBOGFRATXL	03/06/2018	12/06/2018	9	PASAJES INTERNACIONALES	WOITHE HENDRIK	
6	19	MAYO	AMERICAN AIRLINES	TXLLHRMIABOGMIALHRTXL	01/06/2018	11/06/2018	10	PASAJES INTERNACIONALES	NIEDERMEIER FRANK	
7	21	MAYO	UNITED AIRLINES	BGAPTYIAHYZIAHPTYBGA	15/06/2018	21/06/2018	6	PASAJES INTERNACIONALES	VILLAMIZAR AMAYA SANDRA ROCIO	
8	26	MAYO	DOXA AIRLINES	BGAPTYIYZPTVBOBGBGA	15/07/2018	21/07/2018	6	PASAJES INTERNACIONALES	GARCIA VILLAMIZAR CLARA INES	
9	27	MAYO	DELTA AIR LINES	BGABOGATLPHLATLBOBGBGA	25/05/2018	04/06/2018	10	PASAJES INTERNACIONALES	SANCHEZ TORRES MARTHA CAROLINA	
10	28	MAYO	AVIANCA	BGABOGMADLGVXOBGBGBGA	18/06/2018	07/07/2018	19	PASAJES INTERNACIONALES	CERQUERA CORDOBA ARA MERCEDES	
11	3	MAYO	AVIANCA	BGABOGSMRBOBGBGA	10/05/2018	13/05/2018	3	PASAJES NACIONALES	RINCON JAIME ANDRES	
12	30	MAYO	AVIANCA	BGABOGSHVBOBGBGA	17/11/2018	24/11/2018	7	PASAJES INTERNACIONALES	REDONDO PACHEDO JESUS	
13	32	MAYO	AVIANCA	BGAMDEBOBGBGA	03/05/2018	05/05/2018	2	PASAJES NACIONALES	MENDEZ PAREDES GUSTAVO	
14	34	MAYO	EASYFLY S.A.					PASAJES NACIONALES	MENDEZ PAREDES AURIANA	
15	35	MAYO	AVIANCA	BGABOGJFKBOBGBGA	10/07/2018	16/07/2018	6	PASAJES INTERNACIONALES	RAMIREZ MONTANEZ JULIO CESAR	
16	36	MAYO	AVIANCA	BGABOGJFKBOBGBGA	10/07/2018	16/07/2018	6	PASAJES INTERNACIONALES	RAMIREZ TORRES JACOBO	

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Figura 12. Herramienta de cálculo de viajes de trabajo terrestre (carro particular y bus)

UPB Sostenible - Bucaramanga

Otras emisiones indirectas. Cálculo de emisiones - viajes de trabajo (carro particular-bus) 2018



n°	Mes	Día	Destino	Municipio	Hora salida	Hora regreso	Pasajeros	Vehículo	N° travesía	Distancia recorrida (km)/Trayecto
1	Enero	25	Colegio Balbino García (calle 8 # 9-50 Centro - Piedecuesta) - UPB con regreso al colegio.	Local	7:45 a.m.	11:30 a.m.	125	4	2	59,60
2	Febrero	4	UPB - Lebríja Vereda el Pantano - UPB	Regional	6:30 A.M.	100 P.M.	3	1	2	56,40
3	Febrero	9	UPB - Lebríja Vereda Bella Vista - UPB	Regional	4:00 P.M.	7:00 P.M.	6	1	2	57,40
4	Febrero	10	UPB - Lebríja Vereda Bella Vista - UPB	Regional	2:00 P.M.	5:00 P.M.	8	1	2	57,40
5	Febrero	16	Colegio Jose Elías Pujana - Floridablanca (calle 4 # 11-79) - upb - con regreso al colegio.	Local	7:45 a.m.	11:30 a.m.	95	5	2	39,00
6	Febrero	14	Colegio Jose Elías Pujana - Sede en La Cumbre (calle 24 # 9E-9I) - UPB - con regreso al colegio.	Local	7:30 a.m.	11:30 a.m.	65	2	2	16,80
7	Febrero	16	Instituto Gabriela Mistral - Floridablanca (carrera 9 # 3-73) -UPB - con regreso al colegio.	Local	7:45 a.m.	11:30 a.m.	150	5	2	37,00
8	Febrero	20	Colegio Integrado San José- Floridablanca (calle 1 # 3-25) - UPB - con regreso al colegio.	Local	7:45 a.m.	11:30 a.m.	34	1	2	9,70
9	Febrero	22	UPB - Hálorogamoso - UPB	Regional	6:00 a.m.	100 p.m.	20	1	2	126,30
10	Febrero	23	UPB - Iglesia Sagrado Corazón de Jesús (sólo un recorrido)	Local	5:30 P.M.		33	1	1	5,20
11	Febrero	24	UPB - Planta De Producción Coca-Cola - UPB	Local	9:00 a.m.	100 p.m.	13	1	2	30,90
12	Febrero	27	Colegio Santa Isabel de Hungria (calle 13 # 13-38 Villabel) -UPB - con regreso al colegio.	Local	7:30 a.m.	11:30 a.m.	74	3	2	43,80
13	Marzo	3	PLANTA DE CEMENTO ASFÁLTICO Y EMULSIONES HUMBERTO QUINTERO S.A. Sector La Lizama	Regional	5:30 a.m.	4:00 p.m.	19	1	2	102,00
14	Marzo	6	Colegio Nuestra Señora del Rosario - Bja (camera 62 # 72-02 Lagos del Cañique) con regreso al colegio.	Local	7:50 a.m.	11:30 a.m.	25	1	2	24,20
15	Marzo	6	UPB - Casa de San José Floridablanca - UPB	Local	3:30 p.m.	6:00 p.m.	21	1	2	7,00
16	Marzo	9	UPB - Lebríja Vereda Bella Vista - UPB	Regional	4:00 P.M.	7:00 P.M.	7	1	2	57,40

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Figura 13. Herramienta de cálculo de viajes de trabajo terrestre (taxi)

UPB Sostenible- Bucaramanga

Otras emisiones indirectas. Cálculo de emisiones - viajes de trabajo (taxis) 2018



n°	Mes	Categoría del Recorrido	Dependencia	Centro de costos	N. Recorridos	Unidades	Distancia recorrida (km)	Tipo de vehículo	Cálculo	
									kg CO ₂	
1	ENERO	Local	CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS	BCAE	2	491	24,42	Taxi	6,216	
2	ENERO	Local	CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL	BCIB	3	759	37,98	Taxi	9,667	
3	ENERO	Local	CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRONICA	BCIL	2	469	22,50	Taxi	5,727	
4	ENERO	Local	CENTRO DE TECNOLOGÍA, INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES	BJTI	6	983	43,86	Taxi	11,164	
5	ENERO	Local	DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES Y TRANSFERENCIA	BJDI	6	1352	66,00	Taxi	16,800	
6	ENERO	Local	DPTO B. U. TRABAJO SOCIAL	BJTS	2	898	48,24	Taxi	12,279	
7	ENERO	Local	DPTO. B. U. PROMOCIÓN Y PREVENCIÓN	BUSA	8	1938	96,12	Taxi	24,466	
8	ENERO	Local	FORMACIÓN EN TEMAS ADMINISTRATIVOS ESSA	BFTA	8	1234	53,88	Taxi	13,715	
9	ENERO	Local	INSTITUTO DE FAMILIA Y VIDA	BJAP	1	392	21,00	Taxi	5,345	
10	ENERO	Local	JEFATURA DPTO. EDUCACION CONTINUA	BJEC	10	1881	87,66	Taxi	22,313	
11	ENERO	Local	JEFATURA DPTO. PROCESOS CONTABLES	BUCC	2	206	7,32	Taxi	1,863	
12	ENERO	Local	JEFATURA DPTO. SERVICIOS GENERALES	BJSG	7	1467	70,38	Taxi	17,915	
13	ENERO	Local	PROYECTO NO. 021-0717-9560	BI021S	4	718	33,00	Taxi	8,400	
14	ENERO	Local	PROYECTO NO. 022-0717-9560	BI022S	5	956	44,76	Taxi	11,393	

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Figura 14. Herramienta de cálculo de consumo de energía eléctrica de concesionarios

UPB Sostenible

Otras emisiones indirectas. Cálculos de emisiones por activos arrendados 2018



INFORMACIÓN DEL CONCESIONARIO							AÑO	Ene.	Feb.	Mar.
N°	CATEGORÍA	NOMBRE	Departamento	Municipio	Sede	Ubicación				
1	ENTIDADES FINANCIERAS	Banco de Bogota	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	Edificio C	2018	1.067,5	861,9	671,0
2	CAFETERÍAS	Cafetería A (La Cafeta)	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	Edificio A	2018	4.068,4	3.626,0	3.205,3
3	CAFETERÍAS	Cafetería L (JaKyburger)	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	Edificio L	2018	1.025,1	930,4	730,9
4	CAFETERÍAS	Kilimanjaro	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	Edificio K	2018	1.441,7	1.244,1	1.022,2
5	CAFETERÍAS	Restaurante Campesre	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	Edificio L	2018	2.419,6	1.891,9	1.657,6
6	CAFETERÍAS	Telebucaramanga	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	Edificio D	2018	697,2	578,8	554,0
7	COOPERATIVA	Coombe Oficina	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	Edificio D	2018	578,8	465,9	293,6
8	CAFETERÍAS	Paperería y Heladería	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	Edificio F	2018	853,2	758,8	513,2
9	CAFETERÍAS	El Mango	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	Edificio B	2018	853,2	758,8	513,2
10	CAFETERÍAS	la Academia	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	Edificio B	2018	853,2	758,8	513,2
11	CAFETERÍAS	Chile Gourmet	Santander	Floridablanca	Bucaramanga	Edificio B	2018	853,2	758,8	513,2

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Tabla 22. Otras Emisiones Indirectas UPB-Bucaramanga 2018

Categoría	Cantidad	Unidad	t CO ₂ /año	t CH ₄ /año	t N ₂ O/año	t HFC/año	t PFC/año	t SF ₆ /año	t NF ₃ /año	t CO ₂ e/año	Aporte (%)
Residuos generados	221.224,25	Kg	0	0	0	0	0	0	0	17,2840	12,7
Bienes y servicios adquiridos (resmas de papel)	2.259,90	Kg	0	0	0	0	0	0	0	3,6212	2,6
Viajes de trabajo: aéreos	118	Viajes	0	0	0	0	0	0	0	41,1160	30,1
Viajes de trabajo: terrestres	121.218,05	Km	61,7599	0,0024	0,0004	0	0	0	0	61,9414	45,4
Consumo de energía eléctrica de concesionarios	152.926,70	kWh	12,5400	0,0003	0,0001	0	0	0	0	12,5864	9,2
Total Alcance 3. Otras emisiones indirectas										136,5490	100

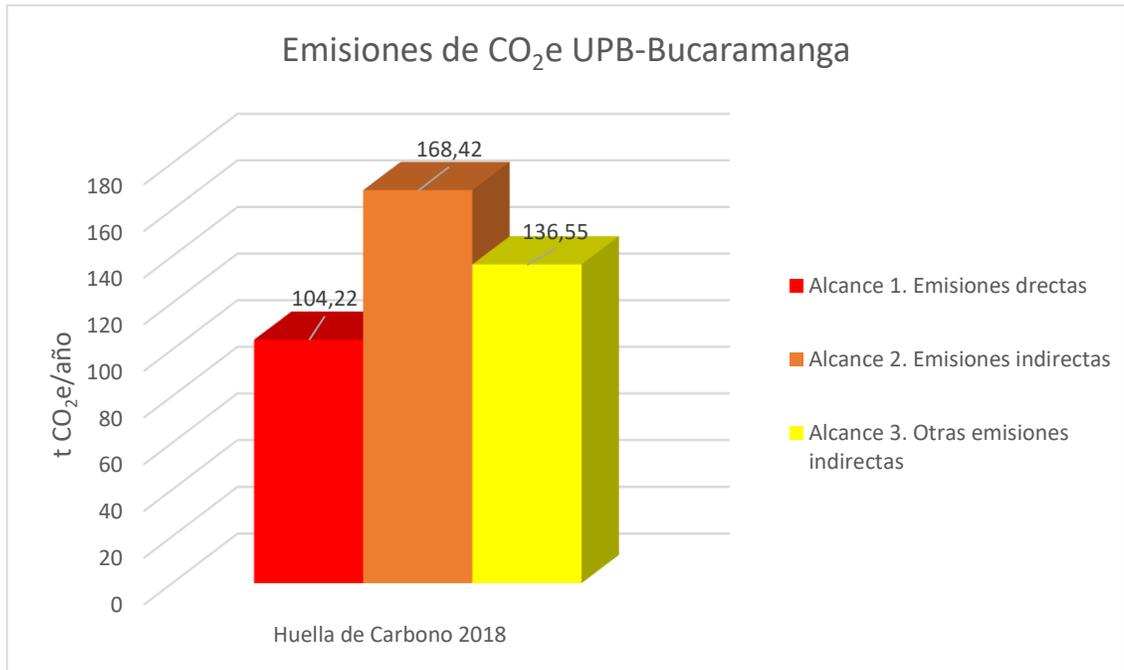
El aporte más grande de t CO₂e/año que se genera en el alcance 3 es el de los viajes de trabajo: terrestres y aéreos, tienen un valor de 75,5 % (45,4 % + 30,1%) y hacen referencia a los viajes (nacionales e internacionales) realizados por el personal vinculado a la UPB, seguido se encuentra los residuos generados y el consumo de energía eléctrica de concesionarios (cooperativas, cafeterías y entidades financieras) con cifras de 12,7 % y 9,2 % respectivamente, finalmente se ubica la categoría de bienes y servicios adquiridos que tiene una contribución del 2,6 %.

5.1.4 Compendio resultados Huella de Carbono.

Tabla 23. Emisiones de la Huella de Carbono UPB-Bucaramanga 2018

Categoría	t CO ₂ e/año	Aporte (%)
Alcance 1. Emisiones directas	104,22	25,47
Alcance 2. Emisiones indirectas	168,42	41,16
Alcance 3. Otras emisiones indirectas	136,55	33,37
Total HC	409,19	100,00

Gráfica 1. Emisiones de CO₂e de la Huella de Carbono UPB-Bucaramanga 2018



En base a la Tabla 23 y la Gráfica 1 se observa que el total de emisiones de Huella de Carbono generada por la UBP-Bucaramanga es de 409,19 t CO₂e/año; de las cuales su mayor aporte es proveniente del alcance 2 (emisiones indirectas) con un porcentaje de 41,16 %, después se encuentra el alcance 3 (otras emisiones) con un valor de 33,37 % y por último está el alcance 1 (emisiones directas) que realiza una contribución del 25,47 %.

5.1.5 Otras Emisiones. Como se mencionó en el Capítulo 3 (Marco Teórico) los gases de efecto invernadero (Tabla 24) que no están considerados en el protocolo de Kyoto no se incluyen dentro de los valores totales de las emisiones de la Huella de Carbono, estos se reportan de forma independiente; además en la Tabla 25 se presentan las emisiones directas de CO₂ proveniente de la quema de biocombustibles (tampoco se incluyen en las cifras totales de la Huella de Carbono). Para el proyecto se identificaron las siguientes emisiones: Fugas de gases refrigerantes R-22, R-600a y R-290 y emisiones de CO₂ por el uso de

biocombustibles, en Colombia se tiene una mezcla de bioetanol o biodiésel de un 10 %. Por otra parte, los valores de CO₂ producidos por la PTAR no se tuvieron en cuenta en el reporte final de la Huella de Carbono pero se reportaron los valores respectivos por aparte (Tabla 25).

La Figura 15 evidencia el uso de la herramienta de cálculo diseñada y proporcionada por la UPB – Medellín para obtener los resultados de otras emisiones.

Figura 15. Herramienta de cálculo de otras emisiones

UPB Sostenible - Bucaramanga																
Otras emisiones 2018																
Sede	Alcance	Categoría	Fuente de emisión	Cantidad UPB	Combustible /refrigerante	Cantidad	Unidades	Extraer	Factor de emisión			Unidades				
									CO	CH	N	t CO ₂ / año	t CH ₄ / año	t N ₂ O / año		
Campus Bucaramanga	1	Emisiones fugitivas	Dispensador de agua y nevera	5	R-12	0,27	kg	10,200,00	-	-	-	kg GEI /kg	-	-	-	
			Nevera	8	R-600	0,00	kg	3,00	-	-	-	kg GEI /kg	-	-	-	
			Bebederos	6	R-290	0,00	kg	3,00	-	-	-	kg GEI /kg	-	-	-	
		Procesos físicos y químicos		Planta de tratamiento	1									0,03		
		Fuentes móviles		Automóvil, camioneta, motocicletas, motosiers, contentores, opladoras, tractor, gradiladores, fumigadores y extractores	20	Etanol	128,35	gal	5,52	0,00	0,00	kg GEI/gal	0,76	-	-	
		Fuentes fijas		Planta Eléctrica	6	Biodiesel	109,80	gal	6,88	0,00	0,00	kg GEI/gal	0,756	-	-	

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Tabla 24. Otras emisiones por refrigerantes UPB-Bucaramanga 2018

Categoría	Cantidad	Unidad	t CO ₂ / año	t CH ₄ / año	t N ₂ O/ año	t HFC/ año	t HC/ año	t SF ₆ / año	t NF ₃ / año	t CO ₂ e/año
Carga dispensador de agua y nevera (R-12)	0,2731	Kg	0	0	0	0,0003	0	0	0	2,7860
Carga neveras (R-600a)	0,0019	Kg	0	0	0	0	0,000002	0	0	0,00001
Carga bebederos (R-290)	0,0029	Kg	0	0	0	0	0,000003	0	0	0,00001
Total Otras emisiones										2,7860

Tabla 25. Otras emisiones por biocombustibles y la PTAR UPB-Bucaramanga 2018

Categoría	Cantidad	Unidad	t CO ₂ / año	t CH ₄ / año	t N ₂ O/ año	t HFC/ año	t PFC/ año	t SF ₆ / año	t NF ₃ / año	t CO ₂ e/año
Fuentes Móviles: Consumo Etanol Automóvil,	128,3536	gal	0,7599	0,0002	0,0004	0	0	0	0	0,7599

camioneta, motocicleta, motosierra, cortaseto, sopladoras, tractor, guadañadoras, fumigadora y extractora										
Fuentes Fijas: Consumo Biodiésel Plantas eléctricas	109,8000	gal	0,7557	0,0001	0,00001	0	0	0	0	0,7557
Fuentes Fijas: Consumo Etanol Mezcladora Facultad de Ingeniería Civil	0	gal	0	0	0	0	0	0	0	0
Procesos Físicoquímicos: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	0	-	0,0894	0	0	0	0	0	0	0,0894
Total Otras emisiones por biocombustible										1,6050

De acuerdo a la Tabla 24, los refrigerantes R-12, R-600a y R-290 generan 2,7860 tCO_{2e}/año y según la Tabla 25, los biocombustibles (etanol y biodiésel) producen 1,5156 t CO_{2e}/año y la PTAR ocasiona 0,0894 t CO_{2e}/año; por tanto, estas categorías (otras emisiones) generan un total de 4,3910 t CO_{2e}/año, además no son contempladas en el valor global de la Huella de Carbono.

5.2 HUELLA HÍDRICA

A continuación se muestra la información de las cifras y las evidencias en relación a la Huella Hídrica del 2018 de la UPB-Bucaramanga, sus sedes alternas y concesiones.

5.2.1 Huella Hídrica Azul. Las Figuras 16 y 17 muestran el uso de la herramienta de cálculo diseñada y proporcionada por la UPB – Medellín para obtener los resultados de la Huella Hídrica Azul.

Figura 16. Herramienta de cálculo del agua utilizada para riego

UPB Sostenible-Bucaramanga		
Cantidad de agua utilizada para riego 2018 		
Información general	Datos de caudal	
El agua utilizada para el riego de las zonas verdes en UPB Bucaramanga es agua veredal y proviene de la quebrada la Guayana identificada con el código 121-48, perteneciente a la microcuenca Río Lato, subcuenca Río Oro, cuenca del Río Lebrija.	Caudal (l/s)	0,456
	Caudal (m ³ /día)	39,364
	Días promedio de riego por mes	12
	Cantidad de meses que realizan riego	7
	Cantidad días de riego	84
Total riego de aguas lluvias/año		3.306,6

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Figura 17. Herramienta de cálculo del agua de consumo y no contabilizada

UPB Sostenible - Bucaramanga								
Cálculo huella hídrica azul de consumo y no contabilizada 2018 								
Dirección	Nombre	año	Mes	Consumo de agua Total Campus (m ³)	Factor de uso doméstico ⁽¹⁾	Pérdidas	HH azul Consumo consumo directo	HH azul agua no contabilizada
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Enero	1187,0	15%	14%	178,05	166,2
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Febrero	2.323,0	15%	14%	348,45	325,2
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Marzo	2.323,0	15%	14%	348,45	325,2
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Abril	1.566,0	15%	14%	234,90	219,2
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Mayo	1.566,0	15%	14%	234,90	219,2
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Junio	1.206,0	15%	14%	180,90	168,8
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Julio	1.206,0	15%	14%	180,90	168,8
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Agosto	1.845,0	15%	14%	276,75	258,3
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Septiembre	1.845,0	15%	14%	276,75	258,3
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Octubre	2.347,0	15%	14%	352,05	328,6
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Noviembre	2.347,0	15%	14%	352,05	328,6
Kilometro 7 Via Piedecuesta	Campus UPB Bucaramanga	2018	Diciembre	1.206,0	15%	14%	180,90	168,8
Carrera 8 No. 6 - 37	Centro de Proyeccion Social	2018	Enero	10,0	15%	0%	1,50	-
Carrera 8 No. 6 - 38	Centro de Proyeccion Social	2018	Febrero	10,0	15%	0%	1,50	-
Carrera 8 No. 6 - 39	Centro de Proyeccion Social	2018	Marzo	10,0	15%	0%	1,50	-
Carrera 8 No. 6 - 40	Centro de Proyeccion Social	2018	Abril	10,0	15%	0%	1,50	-
Carrera 8 No. 6 - 41	Centro de Proyeccion Social	2018	Mayo	6,0	15%	0%	0,90	-
Carrera 8 No. 6 - 42	Centro de Proyeccion Social	2018	Junio	6,0	15%	0%	0,90	-
Carrera 8 No. 6 - 43	Centro de Proyeccion Social	2018	Julio	10,0	15%	0%	1,50	-

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Tabla 26. Huella Hídrica Azul UPB-Bucaramanga 2018

Categoría	Cantidad	Unidad	Aporte (%)
Agua utilizada para riego	3.306,563	m³/año	35,1
Agua de consumo	3.190,950	m³/año	33,8
Agua no contabilizada	2.935,380	m³/año	31,1
Total HH Azul	9.432,893	m³/año	100

El mayor gasto de agua lo genera la categoría que es utilizada para riego, ésta equivale al 35,1 % con una cantidad de 3.306,563 m³/año; seguido se encuentra el agua de consumo con un porcentaje del 33,8 % y por último está el volumen de líquido que no es contabilizado que representa el 31,1 %.

5.2.2 Huella Hídrica Verde. Las Figuras 18 y 19 presentan el uso de la herramienta de cálculo diseñada y proporcionada por la UPB – Medellín para obtener los resultados de la Huella Hídrica Verde.

Figura 18. Herramienta de cálculo del agua de evapotranspiración

UPB Sostenible-Bucaramanga																	
Cálculo huella hídrica verde Evapotranspiración 2018																	
DATOS METEOROLÓGICOS																	
Año	Mes	Altura (m)	Velocidad del viento (m/s) ²	Humedad relativa (%) ¹⁰	T mínima (C) ¹⁰	T máxima (C) ¹⁰	Rn (W/m ²) ¹⁰	P atm (KPa)	t (MJ/kg)	g (Kpa/C)	T media (C)	e ¹ Tm (Kpa)	e ² Tm (Kpa)	e ³ Tmedia (Kpa) ²	es (Kpa)	ea (Kpa)	D (Kpa/C)
2018	Enero	1452,0	1,34	81,22	18,40	29,50	155,36	85,27	2,45	0,06	23,95	2,12	4,12	2,37	3,12	2,53	0,19
2018	Febrero	1452,0	1,56	75,18	17,30	29,30	157,06	85,27	2,45	0,06	23,60	2,05	4,08	2,31	3,06	2,30	0,18
2018	Marzo	1452,0	1,37	65,50	20,00	29,70	155,62	85,27	2,45	0,06	24,85	2,34	4,17	3,14	3,25	2,13	0,19
2018	Abril	1452,0	1,27	56,33	18,10	29,20	143,32	85,27	2,45	0,06	23,65	2,08	4,05	2,32	3,06	1,73	0,18
2018	Mayo	1452,0	1,16	53,87	18,60	28,60	122,43	85,27	2,45	0,06	23,60	2,14	3,91	2,31	3,03	1,63	0,18
2018	Junio	1452,0	0,93	49,67	19,70	29,10	105,94	85,27	2,45	0,06	23,30	2,16	4,03	2,37	3,03	1,51	0,19
2018	Julio	1452,0	1,20	46,00	18,20	30,30	127,65	85,27	2,45	0,06	24,25	2,09	4,32	3,03	3,20	1,47	0,19
2018	Agosto	1452,0	1,23	38,61	18,20	30,60	171,70	85,27	2,45	0,06	24,40	2,09	4,39	3,06	3,24	1,25	0,19
2018	Septiembre	1452,0	1,14	28,0	18,7	30,6	170,37	85,27	2,45	0,06	24,65	2,16	4,39	3,10	3,27	0,92	0,20
2018	Octubre	1452,0	1,28	78,4	19,6	29,6	163,18	85,27	2,45	0,06	24,60	2,28	4,15	3,09	3,21	2,52	0,19
2018	Noviembre	1452,0	1,14	81,4	18,5	30,2	144,55	85,27	2,45	0,06	24,35	2,13	4,29	3,05	3,21	2,61	0,19
2018	Diciembre	1452,0	1,25	41,3	18,3	29,1	150,26	85,27	2,45	0,06	23,70	2,10	4,03	2,33	3,07	1,27	0,18

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Figura 19. Herramienta de cálculo del agua de material de poda

UPB Sostenible-Bucaramanga		
Huella hídrica Verde Material de poda		
Característica	valor	Unidad
Masa de material	-	kg/año
Humedad 1	-	%
Humedad 2	-	%
Humedad 3	-	%
Humedad Promedio	-	%
HHV material de poda	0	m ³ /año

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Tabla 27. Huella Hídrica Verde UPB-Bucaramanga 2018

Categoría	Cantidad	Unidad	Aporte (%)
Agua de evapotranspiración	21.269,624	m ³ /año	100,0
Agua de material de poda	0	m ³ /año	0,0
Total HH Verde	21.269,624	m³/año	100

La contribución total de la huella hídrica verde se genera por la categoría de evapotranspiración con una cantidad de 21.269,624 m³/año. El agua por material

de poda tiene un valor de cero debido a que la cantidad total generada es tratada dentro del campus en procesos de compostaje.

5.2.3 Huella Hídrica Gris. La Figura 20 evidencia el uso de la herramienta de cálculo diseñada y proporcionada por la UPB – Medellín para obtener los resultados de la Huella Hídrica Gris.

Figura 20. Herramienta de cálculo del agua afectada por contaminantes vertidos

UPB Sostenible - Bucaramanga												
Cálculo Huella Hídrica gris UPB 2018												
Sede	Datos			Uso del recurso hídrico			Parámetro	Unidad	C ₂₀₁₅ ⁽¹⁾ Valor (2017-2022) Reso. 631 de 2015 art. 15	C ₂₀₁₈ ⁽²⁾ 2018		
	Consumo de agua UPB 2018 (m ³)	Factor de retorno	% Pérdidas	Caudal de consumo UPB (L/s)	Tramo	Corto Plazo (0-2 años)					Mediano Plazo (2-5 años)	Largo Plazo (5-10 años)
Campus - Bucaramanga	20.967,00	0,85	4,0%	108	4 Anecón Sur-Aula Ambiental (21,0-37,1)km	Industrial estético receptor y transporte de vertimientos cumpliendo normas ambientales vigentes	Industrial estético receptor y transporte de vertimientos cumpliendo normas ambientales vigentes	Industrial estético receptor y transporte de vertimientos cumpliendo normas ambientales vigentes	Caudal vertido	L/s	-	
									DBO ₅	mg/L	50,00	
									DSO	mg/L	50,00	
									SST	mg/L	50,00	
									Nitrógeno total (NTK)	mg/L	-	
									Fósforo Total	mg/L	-	
									Grasas y aceites	mg/L	10,00	
									Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	mg/L	-	
												3,04
												5,01
												88,40

Fuente: Universidad Pontificia Bolivariana seccional Medellín

Tabla 28. Huella Hídrica Gris UPB-Bucaramanga 2018

Categoría	Cantidad	Unidad	Aporte (%)
Agua afectada por contaminantes vertidos	36.178,036	m ³ /año	100,0
Total HH Gris	36.178,036	m³/año	100

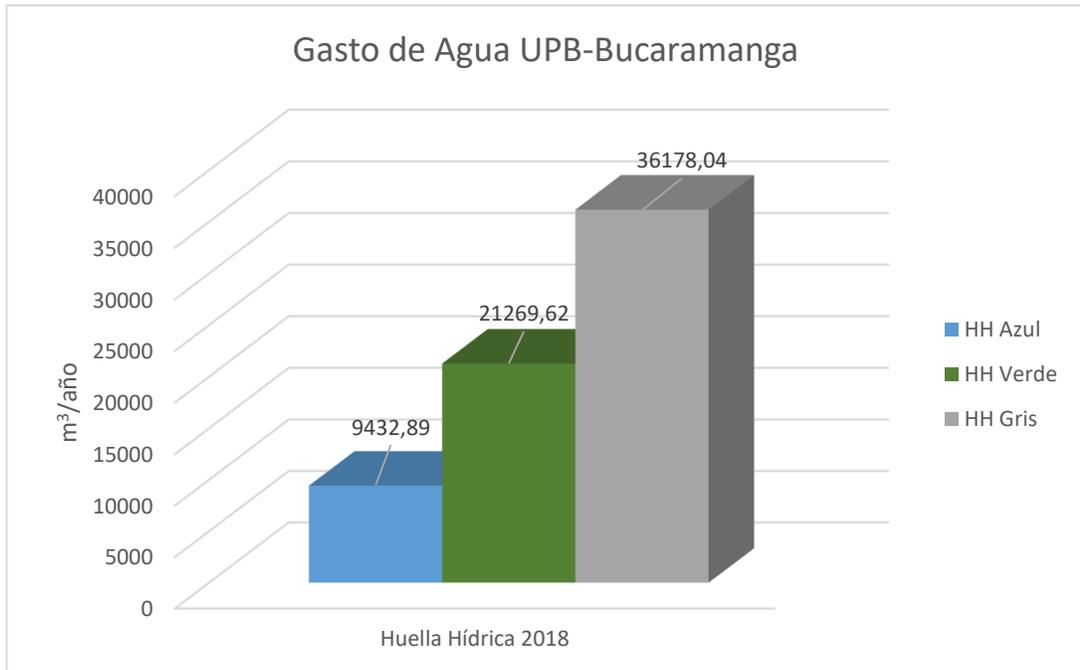
En la presente huella tan solo se deriva el agua afectada por contaminantes vertidos ocasionados por la institución, ésta representa el 100 % y tiene un volumen 36.178,036 m³/año.

5.2.4 Compendio resultados Huella Hídrica.

Tabla 29. Gasto de agua de la Huella Hídrica UPB-Bucaramanga 2018

Categoría	m ³ /año	Aporte (%)
Huella Hídrica Azul	9.432,89	14,11
Huella Hídrica Verde	21.269,62	31,80
Huella Hídrica Gris	36.178,04	54,09
Total HH	66.880,55	100,00

Gráfica 2. Gasto de agua de la Huella Hídrica UPB-Bucaramanga 2018



De acuerdo a la Tabla 29 y la Gráfica 2 se indica que el total de gasto de agua de la Huella Hídrica ocasionada por la UPB-Bucaramanga es de 66.880,55 m³/año; su mayor aporte es procedente de la HH Gris con una cantidad de 36.178,04 m³/año que equivale al 54,09 %, seguido se ubica la HH Verde que representa el 31,80 % con un valor de 21.269,62 m³/año y finalmente se encuentra la HH Azul que corresponde al 14,11 %.

6. ESTRATEGIAS DE MEJORA

En la presente sección se indica estrategias y planes para la UBP-Bucaramanga con el fin disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que muestra la Huella de Carbono y reducir el consumo de agua que registra la Huella Hídrica; así mismo se mitiga el impacto generado por la institución y se contribuye a una sostenibilidad ambiental.

6.1 ESTRATEGIAS PARA LA HUELLA DE CARBONO

- En base a las fuentes móviles (alcance 1) la Universidad posee dos vehículos (automóvil y camioneta) para disposición de los directivos administrativos, estos utilizan Etanol/Gasolina como combustible, en una proporción de 10 % y 90 % respectivamente; por ende el combustible fósil es el de mayor consumo. Teniendo en cuenta lo anterior, se propone el cambio de estos vehículos actuales por la adquisición de vehículos eléctricos (energía renovable), pues para su funcionamiento no se emplean combustibles y por tanto las emisiones generadas tienden a disminuir.

Un vehículo eléctrico es un vehículo propulsado por uno o más motores eléctricos. La tracción puede ser proporcionada por ruedas o hélices impulsadas por motores rotativos, o en otros casos utilizar otro tipo de motores no rotativos, como los motores lineales o los motores inerciales (García, 2015).

Los vehículos eléctricos (EVs por sus siglas en inglés) son ampliamente considerados por parte del sector del transporte como una tecnología prometedora para la reducción del consumo de energía, de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de contaminación del aire local. Existen cuatro diseños básicos para automóviles: vehículos híbridos eléctricos (HEVs por sus siglas en inglés),

vehículos híbridos eléctricos enchufables (PHEVs por sus siglas en inglés), vehículos eléctricos de batería pura (BEVs por sus siglas en inglés) y vehículos de pila de combustible de hidrógeno (FCEVs por sus siglas en inglés). Dado a que solamente los PHEVs y BEVs necesitan enchufarse para cargarse, generalmente se les combina y se les llama vehículos eléctricos enchufables (PEVs por sus siglas en inglés) (Gómez, Mojica, Kaul, & Isla, 2016).

También están los vehículos híbridos eléctricos, los cuales combinan un sistema eléctrico, batería y motor eléctrico con un motor de combustión interna. Esta combinación puede priorizar el uso del sistema eléctrico o de la combustión del motor, creando diferentes niveles de hibridación (Gómez, Mojica, Kaul, & Isla, 2016).

Algunas de las ventajas que presentan los vehículos eléctricos son (García, 2015):

- Un motor eléctrico no quema combustibles durante su uso, por lo que no emite gases a la atmósfera; un motor eléctrico producido en serie es más compacto, más barato y mucho más simple que un motor de combustión interna. No necesita circuito de refrigeración, ni aceite, ni demasiado mantenimiento.
- Prácticamente no hace ruido al funcionar y sus vibraciones son imperceptibles.
- Resulta sencillo recuperar la energía de las frenadas (o parte de ella) para recargar las baterías, porque un motor eléctrico puede ser también un generador eléctrico.
- En cuanto a la eficiencia del motor eléctrico, ésta se sitúa alrededor del 90 %. Por limitaciones termodinámicas un motor diésel se situaría en eficiencias de hasta un 40 %, siendo éste superior a la eficiencia de un motor de gasolina.

Por otra parte, la desventaja principal de un vehículo eléctrico es la autonomía que tiene el vehículo eléctrico sin conectarlo a la red. El hecho de que a los 100 o 120 kilómetros de viaje se tenga que recargar las baterías limita mucho a los usuarios. En cambio, con los motores de combustión el tiempo entre repostaje y repostaje es mucho más elevado. Aun así las marcas de vehículos trabajan para aumentar la

autonomía de sus modelos y cada vez nos encontramos modelos con más autonomía; otro inconveniente relacionado con la autonomía del vehículo es el tiempo de repostaje, ya que se requieren de horas para realizar una carga completa (García, 2015).

- En base a la categoría de Fuentes Móviles (alcance 1) la Universidad cuenta con algunas máquinas como guadañadoras, sopladoras, cortasetos, motosierra, fumigadora y extractora, estas funcionan con Etanol/Gasolina (10%/90%) y aceite lubricante, lo que indica que trabajan con combustibles fósiles.

En el campus de la institución los operarios del Departamento de Servicios Generales (Área: Gestión Ambiental) realizan la actividad de barrido (recolección de hojas, palos) en el 100 % del área (vías, senderos, plazoletas y prados) durante 5 días a la semana (de lunes a viernes), esta actividad la realizan con las sopladoras.

Con el objetivo de disminuir el uso de combustibles fósiles por la utilización de las sopladoras, se plantea una reestructuración en la actividad de barrido de la siguiente manera:

- Barrer los días lunes, miércoles y viernes el área de plazoletas y senderos.
- Barrer los días lunes y jueves el área de vías y prados.

Para la actividad de corte de césped los operarios utilizan las guadañadoras y las cortasetos, se sugiere que la actividad la ejecuten 2 veces al mes. Por otra parte, para las actividades de poda de árboles y fumigación se emplea la motosierra y fumigadora, para estas últimas labores se recomienda realizarla cada 6 meses o en caso extraordinario cuando sea necesario.

Para las actividades citadas (barrido, corte de césped, poda de árboles y fumigación) se planea que al realizar estas labores de manera efectiva se logra mantener el campus limpio y aseado, y principalmente se va disminuir el consumo

de combustibles fósiles y así mismo se reduce las emisiones generadas y se contribuye a una sostenibilidad ambiental.

- Teniendo en cuenta que el alcance 2 (Consumo de energía eléctrica) es el que genera mayor emisiones de la Huella de Carbono, se sugiere la implementación de sensores de electricidad y luminaria led en todo el campus y sedes alternas de la institución con el propósito de provocar un consumo eficiente y un ahorro energético, y a su vez disminuir las emisiones provocadas.

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. Esto se realiza en tres fases (Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, 2016):

- Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física.
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje.
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta.

El autor (Carral, 2014) indica que: La tecnología “LEDs”, acrónimo inglés de “light-emitting diode”, traducido como “diodo emisor de luz”. Es un componente optoelectrónico pasivo fabricado con material semiconductor. Optoelectrónico porque es capaz de transformar la energía eléctrica en luz y viceversa, emitiendo radiación cuando por ellos circula una corriente eléctrica en sentido directo; y pasivo porque es un elemento que ofrece resistencia a la corriente eléctrica. Su funcionamiento, básicamente, está sujeto al efecto de la luminiscencia; de ahí, la unión de dos terminales “p-n” (ánodo y cátodo respectivamente) que caracteriza a un LED. El color de un diodo viene dado por la longitud de onda de luz emitida, que dependerá de los materiales del ánodo y cátodo y el material del semiconductor. Es decir, del

material con que esté fabricado el LED, emitiendo en distintos colores de luz visible o en infrarrojos.

En los diodos LED los electrones circulan en un único sentido, el “directo”, es decir, de ánodo (P) a cátodo (N). Éstos sufren el proceso denominado recombinación de electrones que tiene como resultado la emisión de energía en forma de fotones.

Ventajas:

- El ahorro energético, es importantísima; aportando un descenso de electricidad del orden de 70-80 % respecto a otras fuentes de iluminación como pueden ser los fluorescentes o las bombillas convencionales.
 - La durabilidad es otra gran característica. Los LEDs encabezan la lista de vida útil, alcanzando en torno las 50.000-45.000 horas, cifras cinco veces mayores que un fluorescente y 50 más que una bombilla incandescente.
 - Respecto a medio ambiente, los LEDs no contienen tungsteno/wolframio, como las bombillas convencionales, ni mercurio, como en el caso de los fluorescentes. Tampoco poseen ningún tipo de metal pesado o derivados, por lo que no suponen un problema a la hora de su destrucción.
 - Esta tecnología sin radiación ultravioleta y con una menor disipación de calor, repercute favorablemente en el ahorro energético.
-
- Con la idea base del ítem anterior (mayor generación de emisiones por el consumo de energía eléctrica) se propone la implementación de paneles solares (paneles fotovoltaicos) en el UPB-Bucaramanga (energía limpia).

La organización (Autosolar Energy Solutions SLU, 2015) indica que un panel solar es un dispositivo que aprovecha la energía del sol para generar calor o electricidad. Según estos dos fines podemos distinguir entre colectores solares, que producen agua caliente (generalmente de uso doméstico) utilizando la energía solar térmica,

y paneles fotovoltaicos, que generan electricidad a partir de la radiación solar que incide sobre las células fotovoltaicas del panel.

Los paneles solares fotovoltaicos constan de multitud de celdas, llamadas células fotovoltaicas, que convierten la radiación solar en electricidad. Se genera electricidad debido al 'efecto fotovoltaico' que provoca la energía solar (fotones), generando cargas positivas y negativas en dos semiconductores próximos de distinto tipo, lo que genera un campo eléctrico que producirá corriente eléctrica. Los materiales más utilizados para fabricar estas células son el arseniuro de galio (GaAs), que se utiliza en otros dispositivos electrónicos complejos, y el silicio (Si), de menor coste económico y que se utiliza también en la industria microelectrónica.

- Para la huella se recomienda realizar un inventario de plantas en el campus universitario con el fin de conocer las diferentes especies vegetales y la cantidad de individuos por cada una.

Los inventarios de plantas usualmente han tenido como objetivo listar de forma exhaustiva las especies vegetales presentes en un sitio. Sin embargo, un inventario puede abarcar mucho más, dado que es una medida puntual en el tiempo de uno o varios elementos de la biodiversidad vegetal de un área. Por ello, los inventarios también pueden ser diseñados para determinar el número de individuos de una o unas pocas especies individuales, su hábitat y/o el estado actual de ciertos procesos que las involucran. Asimismo, pueden ser diseñados para evaluar las formas en que las especies se encuentran espacialmente y temporalmente distribuidas en una región, lo que le da al paisaje una fisionomía o aspecto que lo caracteriza e identifica (e. g. un bosque es completamente reconocible como tal y distinguible de una sábana o un pastizal). La información recolectada durante un inventario también puede constituir la línea base o el primer dato durante un estudio de monitoreo. En este sentido, sus resultados podrían servir para evaluar los efectos de catástrofes como huracanes o incendios, de cambios de uso de suelo o para estudiar procesos

de un ecosistema o recursos vegetales usados por algún grupo animal (González, Ferro, Rodríguez, & Berzaín, 2017).

- Teniendo en cuenta el inventario de plantas (anterior estrategia) se aconseja realizar el cálculo de biomasa que tiene el campus, esto con el propósito de conocer la capacidad de captación de CO₂ que tiene las especies vegetales.

Las plantas tienen la capacidad de captar el CO₂ atmosférico y mediante procesos fotosintéticos metabolizarlo para la obtención de azúcares y otros compuestos que requieren para el normal desarrollo de su ciclo vital. En general, se puede concluir que, las plantas, a través de la fotosíntesis, extraen el carbono de la atmósfera (en forma de CO₂) y lo convierten en biomasa. La biomasa al descomponerse se convierte en parte del suelo (en forma de humus) o en CO₂ (a través de la respiración de los microorganismos que procesan la biomasa (Mota, Alcaraz, Iglesias, Martínez, & Carvajal).

La biomasa se puede definir como el conjunto de materiales orgánicos generados a partir de la fotosíntesis o bien producidos en la cadena biológica, pudiéndose distinguir así dos grandes tipos: biomasa vegetal y biomasa animal.

Se calcula que por lo menos el 40 % del carbono de la biomasa del árbol completo se encuentra en las hojas y en las ramas que se queman o se descomponen rápidamente después de la corta del árbol. Del 60 % del carbono restante, las operaciones de transformación dejan menos de la mitad del volumen total en el producto final; esto significa que aproximadamente el 75 % del carbono que había almacenado en el árbol regresa a la atmósfera. Los estudios de biomasa son claves para determinar el CO₂ almacenado en la vegetación. La producción de biomasa y su distribución en los componentes del árbol son dos características importantes de estimar en las especies forestales (Nájera, 1999).

- Para la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga se propone implementar el proyecto de “Carbono Neutro” o “Carbono Neutral”, en este se pretende compensar las emisiones de GEI generadas con el desarrollo de un proyecto ambiental sostenible.

El término "Carbono Neutral" se refiere al estado en el que las emisiones netas de gases efecto invernadero expedidas al ambiente equivalen a cero. El objetivo final es no afectar la concentración natural de gases efecto invernadero que existe en la atmósfera. Debido a que el CO₂ es el principal gas de efecto invernadero, el término "CO₂ Neutral" o "Carbono Neutral" a menudo se equipara con "clima neutral". Ser "carbono neutral" significa que el resultado final de una actividad, un proceso o un proyecto tal como la producción de un bien, la provisión de un servicio o su consumo no haya emitido más gases efecto invernadero a la atmósfera que los que hayan podido capturar o remover (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2019).

Otra organización define que el Carbono Neutro es un término que significa tener una huella de carbono igual a cero emisiones, es decir, que el balance entre la cantidad de carbono liberada frente a la cantidad equivalente secuestrada o compensada es igual a cero. La compensación se puede hacer comprando las reducciones logradas por otros proyectos o implementando programas forestales o energéticos, dentro de la compañía. El concepto de carbono neutro incorpora todos los GEI medidos en términos de CO₂ equivalente, más su compensación. Estas emisiones se pueden calcular, de acuerdo con normas internacionales como la norma ISO 14064, ISO 14044 ó la PAS2050 (Icontec Internacional, 2016).

Es importante indicar que la Universidad Pontificia Bolivariana, en la Sede Central, recibió el certificado de carbono neutro por parte del Icontec y se consolida como la primera Universidad en Colombia y Latinoamérica en obtenerlo. El campus de la Sede Central fue rebautizado como 'Eco campus UPB', gracias a que acoge a una

comunidad de más de 20.000 personas, y en el que habitan más de 30 especies de aves y alrededor de 1.400 individuos arbóreos.

Esta certificación se logró después de la medición de la huella de carbono y un análisis que permitió recoger todas las iniciativas y acciones institucionales desde la docencia, la investigación y la transferencia para definir el remanente a compensar en un proyecto de reforestación en la Amazonia con la empresa CO2Cero.

La Universidad tiene un reto para consolidar los proyectos que permitan trazar la hoja de ruta para la reducción y mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero de los siguientes próximos años, tales como la implementación del Plan de movilidad empresarial sostenible con la estrategia Yo Peatón, el programa institucional “Cero papel” y las iniciativas de reducción de consumo de agua, aprovechamiento de residuos, buenas prácticas en los sistemas de refrigeración y gestión de la energía, entre otros lideradas por el Comité UPB Ambiental y el Grupo de Investigaciones Ambientales –GIA– (Universidad Pontificia Bolivariana, 2019).

La fuente de información de la empresa CO2Cero se extrajo de (CO2Cero, 2019), esta es una organización que lidera acciones innovadoras frente al cambio climático, generando proyectos y servicios para el beneficio de nuestros aliados que impactan positivamente al planeta, manteniendo un modelo de negocio rentable, sostenible y replicable.

En el año 2011, a punta de sudor, esfuerzo, tenacidad y el deseo de dejar un mundo mejor para las futuras generaciones, se fundó la empresa ECOLOGIC S.A.S, siendo CO2CERO® y VERDE DE VERDAD® sus principales marcas. Al día de hoy, tenemos presencia en varios departamentos de Colombia, hemos sembrado más de un millón de árboles, tenemos el proyecto forestal más grande de captura de emisiones de carbono a nivel nacional, certificado por el ICONTEC y somos el aliado

estratégico en cambio climático y sostenibilidad de varias empresas Colombianas, entre ellas, COLDEPORTES, CEMEX, Empresa de Energía de Bogotá, entre otras.

Los proyectos que presta la empresa CO2Cero son:

1) Proyectos de Carbono

- Comercialización de certificados de carbono
- Desarrollo de proyectos de carbono

2) Consultoría en Sostenibilidad

- Acompañamiento en adhesiones y certificaciones en sostenibilidad
- Métricas en sostenibilidad (Huella de Carbono y Huella Hídrica)
- Sello VERDE DE VERDAD®
- Jornadas de siembra
- Educación ambiental
- Mercado verde
- Consultoría social

3) Consultoría Especializada y Legal

- Calidad del aire y agua
- Licencias y permisos ambientales
- Estudios de impacto ambiental
- Planes de manejo ambiental
- Gestión ambiental empresarial

6.2 ESTRATEGIAS PARA LA HUELLA HÍDRICA

- En base a la Huella Hídrica Azul se recomienda generar medición (sistema de macromedición y micromedición) a la red hidráulica para determinar el consumo interno de la seccional y tener mayor exactitud, debido a que el valor de pérdidas

es un dato que se generó por la observación en la disminución del nivel del agua en los tanques de almacenamiento durante unos tiempos establecidos.

La micromedición es la actividad que se refiere a la medición, instalación y reparación de los medidores, los cuales se definen como un dispositivo de carácter domiciliario, que mide y acumula el caudal de agua que pasa hacia una propiedad, y con dicha medida se cobra el servicio prestado al usuario. Generalmente, se encuentran dos ámbitos de la medición del agua potable: Micromedición y macromedición.

La micromedición se define como aquella actividad de medición y control del caudal, cuyo diámetro de alimentación y descarga se encuentran entre 0.5 y 1 pulgadas (entre 15 y 25 mm). Los micromedidores básicamente son instalados en las residencias y pequeños locales comerciales. Por otra parte, la macromedición es aquella actividad de medición y control de grandes caudales, cuyos diámetro de alimentación y descarga superan 1 pulgadas (mayor a 25 mm). Los macromedidores son utilizados para realizar las mediciones de caudal en los siguientes sitios: la captación, en la entrada y salida de las plantas o reservorios y en algunas ocasiones por conjuntos residenciales, hospitales e instituciones educativas.

La micromedición permite básicamente los siguientes factores: Ser vigilante del usuario, racionalizar el consumo, herramienta para una buena administración y posibilita que el suministro sea equitativo (CONHYDRA Perú. Gestores de Servicios Públicos, 2014).

- Para optimizar el recurso del agua (Huella Hídrica Azul), se plantea la implementación de tanques de captación y almacenamiento de agua lluvia dentro de la UPB-Bucaramanga.

La recolección de agua lluvia es un sistema que se ha desarrollado desde la antigüedad, el cual consiste en captar el agua lluvia dependiendo de la climatología del sector. La principal función de este sistema es la de almacenar el mayor volumen de agua producido por las precipitaciones para posteriormente ser distribuida en diferentes necesidades básicas, ya sea potables como no potables. El implementar este diseño en lugares donde sean necesarios, trae consigo beneficios en cuanto a la reducción de la huella hídrica, además de que puede ser fácilmente adaptable a nivel domiciliario (Solano, Gonzaga, Espinoza, & Espinoza, 2017). Uno de los usos principales (no potables) que se le puede dar dentro de la Universidad es para actividades de limpieza (aseo), riego de jardines y desagüe de sanitarios.

Una de las ventajas que proporciona el sistema de tanques son: fácil de operar y mantener, requiere poco tiempo para la recolección del agua de lluvia, pueden ser utilizadas otras fuentes de agua en sitios donde las lluvias son poco frecuentes y no requiere energía eléctrica para la operación del sistema. De igual manera presenta algunas desventajas como: puede representar un relativo alto costo de inversión por el valor de los tanques y accesorios, funcional en zonas con lluvias permanentes, la calidad del agua debe ser monitoreada con pruebas de laboratorio físico-químicas y microbiológicas, requiere mantenimiento, limpieza permanente de los filtros de arena y desinfección suplementaria (Organización Panamericana de la Salud - OPS, 2008).

- De acuerdo a la Huella Hídrica Verde se sugiere que el material de poda del campus universitario sea pesado, cuantificado y que se lleve un registro del mismo, esto con el fin de tener un valor exacto de la cantidad generada.

6.3 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN DE RESULTADOS

- Es de importancia difundir e informar los resultados de la Huella de Carbono y la Huella Hídrica a los estudiantes, docentes, administrativos y todas las personas que

tienen vínculo con la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga con el fin de que todos conozcan el impacto generado por la institución y así mismo tengan una percepción general de que se debe reducir de la mejor manera las huellas de estudio. Se recomienda diseñar un programa de divulgación de los datos obtenidos de las huellas.

- Enseñar a docentes y estudiantes sobre los conceptos técnicos de la Huella de Carbono y la Huella Hídrica con el propósito de que se enteren de la importancia de éstas y que a partir de conductas favorables con el planeta se aporta a una sostenibilidad ambiental positiva. Se aconseja realizar un plan de educación y conocimiento profundo de la temática de estudio.

7. CONCLUSIONES

La Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga presentó una Huella de Carbono de 409,19 t CO₂e y una Huella Hídrica de 66.880,55 m³ durante el 2018, para determinar las huellas se utilizaron las metodologías Greenhouse Gas Protocol (GHG) y la establecida por la World Wildlife Fund (WWF) definidas por la estrategia de sostenibilidad UPB Colombia.

De acuerdo a la Huella de Carbono se indica que en el alcance 1 (Emisiones Directas: fuentes móviles, fuentes fijas, emisiones fugitivas y procesos fisicoquímicos) se emite 104,22 t CO₂e, en el alcance 2 (Emisiones Indirectas: consumo de energía eléctrica) se produce 168,42 t CO₂e y en el alcance 3 (Otras Emisiones Indirectas: residuos generados, bienes y servicios adquiridos y viajes de trabajo aéreos y terrestres) se genera 136,55 t CO₂e.

En base a la Huella Hídrica se expone que la Huella Hídrica Azul (agua para riego, agua para consumo y agua no contabilizada) presenta un valor de 9.432,89 m³, la Huella Hídrica Verde (agua de evapotranspiración y agua de material de poda) muestra una cifra de 21.269,62 m³ y la Huella Hídrica Gris (agua afectada por contaminantes vertidos) señala un dato de 36.178,04 m³.

Acorde a Otras Emisiones, las cuales son las emisiones de CO₂e procedentes de los biocombustibles (etanol y biodiésel) y la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), además de las emisiones de los refrigerantes (R-12, R-600a y R-290) no se incluyeron en la cuantificación del reporte de Huella de Carbono pero se notificaron por aparte, su valor fue de 4,30 tCO₂e.

Se planteó estrategias y planes para la Huella de Carbono y Huella Hídrica para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de agua en la

UPB-Bucaramanga con el fin de mitigar el impacto ocasionado y así mismo contribuir a la sostenibilidad ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldana, C., Castillo, Á., Castro, M., & Gutiérrez, Á. (2018). Estimación sectorial de la huella hídrica de la ciudad de Bogotá generada en el año 2014. *Revista UIS Ingenierías*, 19-32.
- Alvarez, L., Salazar, A., Taboada, R., & Trujillo, A. (2016). Huella de carbono en Santa Marta, Colombia: Análisis desde el enfoque de los determinantes sociales de la salud - 2014. *Universidad y Salud. Sección de artículos originales*, 325 - 337.
- Área Metropolitana. (2017). *Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá año 2015*. Medellín.
- Arévalo, D., Lozano, J., & Sabogal, J. (2011). Estudio Nacional de Huella Hídrica Colombia. Sector Agrícola. *Sostenibilidad Tecnología y Humanismo*, 101-126.
- Autosolar Energy Solutions SLU. (19 de Abril de 2015). *¿ Qué es un Panel Solar?* Recuperado el 20 de Julio de 2019, de <https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/que-es-un-panel-solar>
- Carral, M. (2014). *La Tecnología LED*. España: I.E.S. Castro Alobre.
- CO2Cero. (2019). *CO2Cero*. Recuperado el 20 de Julio de 2019, de <https://co2cero.co/>
- CONHYDRA Perú. Gestores de Servicios Públicos. (30 de Septiembre de 2014). *Curso de Micromedición. Generalidades*. Recuperado el 17 de Julio de 2019, de <http://catedra.conhydra.com/mod/page/view.php?id=21&inpopup=1>
- Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática. (2016). *Sensores*. España: Universidad de Valladolid.
- EPA. (2010). *Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for Biogenic Emissions from Selected Source Categories: Solid Waste Disposal Wastewater Treatment Ethanol Fermentation*.

- Fundación Natura. (2016). *Guía para los inventarios organizacionales de emisiones de GEI por uso de combustibles fósiles en actividades industriales y comerciales*; Rodríguez, W; Villalba, D; Saavedra, F. Bogotá D.C. Colombia, Fundación Natura; CAEM. 2016. ISBN: 978-958-8753-25-6.
- García, M. (2015). *Pasado, Presente y Futuro de Vehículos Eléctricos*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira.
- GHG PROTOCOL. (2005). *Calculating HFC and PFC Emissions from the Manufacturing, Installation, Operation and Disposal of Refrigeration & Air-conditioning Equipment (Version 1.0)* .
- GHG PROTOCOL. (2005). *Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte*. México.
- Gómez, J., Mojica, C., Kaul, V., & Isla, L. (2016). *La incorporación de los vehículos eléctricos en América Latina*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- González, L., Ferro, J., Rodríguez, D., & Berazaín, R. (2017). Capítulo 5: Métodos de Inventario de Plantas. En: *Diversidad biológica de Cuba: métodos de inventario, monitoreo y colecciones biológicas* (C. A. Mancina y D. D. Cruz, Eds.). Editorial AMA, La Habana, 502 pp. .
- Icontec Internacional. (2016). *Evaluación de carbono neutro*. Recuperado el 13 de Julio de 2019, de <http://www.icontec.org/Ser/EvCon/Paginas/CC/cn.aspx>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. IDEAM. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Bogotá.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 2: Energía. Capítulo 3: Combustión Móvil*.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 3: Procesos industriales y uso de productos. Capítulo 5: Uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes*.
- IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Volumen 2: Energía. Capítulo 2: Combustión Estacionaria*.

- IPCC. (2013). *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing*.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Manual de Buenas Prácticas en Refrigeración*. Bogotá, D.C.: Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolución No. 0631 del 17 MAR 2015*. Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Resolución No. 1962 del 25 SEP 2017*. Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Gases de Efecto Invernadero*. Recuperado el 20 de Junio de 2019, de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=462:plantilla-cambio-climatico-18#enlaces>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Huella de Carbono*. Recuperado el 5 de Junio de 2019, de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/465-plantilla-cambio-climatico-21>
- Ministerio de Cultura . (2017). *Informe Huella de Carbono 2017*. Bogotá.
- Ministerio del Ambiente de Ecuador. (2019). *Carbono Neutral*. Recuperado el 13 de Julio de 2019, de <http://suia.ambiente.gob.ec/que-es-carbono>
- Mota, C., Alcaraz, C., Iglesias, M., Martínez, M., & Carvajal, M. (s.f.). *Investigación sobre la absorción de CO2 por los cultivos más representativos*. España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Nájera, J. (1999). *Ecuaciones para estimar Biomasa, Volumen y Crecimiento en Biomasa y Captura de Carbono en diez especies típicas del Matorral Espinoso Tamaulipcco del nordeste de México*. México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Organización Panamericana de la Salud - OPS. (2008). *Sistema de captación y filtrado de aguas lluvias. Tecnologías apropiadas para el suministro de agua en situaciones de emergencia*. Colombia.

- Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego. (23 de Octubre de 2008). *Scripps Institution of Oceanography*. Recuperado el 14 de Junio de 2019, de <https://scripps.ucsd.edu/news/2439>
- Secretaría Distrital de Ambiente. Subdirección de Políticas y Planes Ambientales. Alcaldía de Bogotá. (2015). *Guía para el cálculo y reporte de Huella de Carbono Corporativa*. Bogotá.
- Solano, C., Gonzaga, F., Espinoza, F., & Espinoza, J. (2017). Sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico, Isla Jambelí, cantón Santa Rosa. *Revista CUMBRES*, 151-159.
- Universidad Pontificia Bolivariana - Sede Central. (2017). *Reporte Huellas Ambientales*. Medellín.
- Universidad Pontificia Bolivariana. (2017). *UPB Sostenible. Huella de Carbono Corporativa UPB Sede Central - Medellín 2017. Documento de contextualización y orientaciones*. Medellín.
- Universidad Pontificia Bolivariana. (2019). *Reporte de Sostenibilidad UPB Multicampus 2018*.
- UPME. (Enero de 2016). *Consultoría Técnica para el fortalecimiento y mejora de la base de datos de Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos-FECOC*. Recuperado el 5 de Junio de 2019, de http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/Informe_Final_FECOC_Correcciones_UPME_FunNatura.pdf
- Water Footprint Network (WFN). (2011). *The Water Footprint Assessment Manual. Setting the Global Standard*. Washington, DC: Earthscan.
- World Resources Institute. (2014). *Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria*.

ANEXOS

ANEXO A. FORMATO PARA LA ENTREGA DE INSUMOS

 Universidad Pontificia Bolivariana	FORMATO PARA LA ENTREGA DE INSUMOS Código: AF-FO-158 Versión: 01					
TIPO DE INSUMO	Combustible					
FECHA	CANTIDAD ENTREGADA	CANTIDAD DEVOLUCION	MATERIAL	UBICACION	NOMBRE DEL SOLICITANTE	FIRMA

ANEXO B. BITÁCORA – EMISIONES FUGITIVAS

EMISIONES DIRECTAS. EMISIONES FUGITIVAS 2018 - BUCARAMANGA						
DESCRIPCION DE LA FUENTE					UBICACION	
EQUIPO	MARCA	No. DE INVENTARIO	GAS DE EFECTO INVERNADERO (GEI)	CARGA	BLOQUE	OFICINA - SALÓN - LABORATORIO

