



Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Ambiental

Determinación de la huella de carbono y la huella hídrica del campus Balzay de la Universidad de Cuenca en el periodo enero - diciembre de 2023

Trabajo de titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Ambiental


Autores:

María Belen Morocho Guamán

Hilda Elizabeth Zumba Nacipucha

Director:

Juan Carlos Guanuchi Quito

ORCID:  0009-0002-0898-1088

Cuenca, Ecuador

2024-09-09

Resumen

La huella hídrica y de carbono son indicadores que permiten mejorar el medio ambiente y mitigar los efectos del cambio climático, miden de forma directa e indirecta el impacto que genera el ser humano. Las universidades como instituciones de educación superior también aportan a la generación de emisiones de gases de efecto invernadero. Este estudio tuvo como objetivo principal cuantificar la huella hídrica y de carbono del campus Balzay de la Universidad de Cuenca. Para calcular la huella hídrica, se utilizó la metodología de Hoekstra (2011) (Water Footprint Network), que consta de cuatro pasos: establecimiento de objetivos, cálculo de la huella hídrica directa (azul, gris, verde) e indirecta (eléctrica, papel). El cálculo de la huella de carbono, se realizó según la norma ISO 14064-1:2018, con la que se realizó el cálculo de las cuatro primeras categorías de emisiones. Los resultados indicaron que para el año 2023, se emitieron 673.66 t CO₂, siendo la movilidad, especialmente los viajes aéreos de docentes e investigadores, lo que generó la mayor cantidad de emisiones con un aporte de 463.52 t CO₂ eq. La huella hídrica total fue de 73 239.663 m³/año, siendo la huella hídrica directa la mayor, con volumen de 36 921.30 m³/ año mientras que la huella indirecta obtuvo un valor de 36 318.360 m³/ año de este valor la mayoría proviene del consumo de electricidad con un valor de 31 527.48 m³/año. En base a estos resultados se plantearon medidas de reducción de ambas huellas, dentro de las medidas planteadas están eficiencia energética, gestión de residuos, movilidad sostenible y gestión eficiente del agua.

Palabras clave del autor: huella de carbono, huella hídrica, sostenibilidad, eficiencia energética, eficiencia del uso del agua

Abstract

The water and carbon footprint are indicators that allow improving the environment and mitigating the effects of climate change, measuring directly and indirectly the impact generated by human beings. Universities as institutions of higher education also contribute to the generation of greenhouse gas emissions. The main objective of this study was to quantify the water and carbon footprint of the Balzay campus of the University of Cuenca. To calculate the water footprint, the methodology of Hoekstra (2011) (Water Footprint Network) was used, which consists of four steps: establishment of objectives, calculation of the direct water footprint (blue, gray, green) and indirect water footprint (electricity, paper). The calculation of the carbon footprint was performed according to the ISO 14064-1:2018 standard, with which the first four categories of emissions were calculated. The results indicated that for the year 2023, 673.66 t CO₂ were emitted, being mobility, especially air travel of teachers and researchers, which generated the largest amount of emissions with a contribution of 463.52 t CO₂ eq. The total water footprint was 73 239.663 m³/year, with the direct water footprint being the largest, with a volume of 36 921.30 m³/year, while the indirect footprint obtained a value of 36 318.360 m³/year, of which the majority comes from electricity consumption with a value of 31 527.48 m³/year. Based on these results, measures were proposed to reduce both footprints, including energy efficiency, waste management, sustainable mobility and efficient water management.

Author Keywords: carbon footprint, water footprint, sustainability, energy efficiency, water use efficiency

Índice de contenido

Resumen.....	2
Abstract.....	3
Capítulo I	13
1. Introducción y objetivos.....	13
1.1 Introducción.....	13
1.1.1 Antecedentes	13
1.1.2 Problemática	14
1.1.3 Justificación	16
1.2 Objetivo General.....	17
1.2.1 Objetivos Específicos.....	17
Capítulo II	18
2. Marco teórico.....	18
2.1 Huella de carbono.....	18
2.1.1 Gases de efecto invernadero	18
2.1.1.1 Dióxido de carbono.....	18
2.1.1.2 Metano	19
2.1.1.3 Óxido Nitroso	19
2.1.2 Gases fluorados.....	19
2.1.2.1 Hidrofluorocarbonos (HFC)	19
2.1.2.2 Perfluorocarbonos (HFC)	20
2.1.2.3 Hexafluoruro de Azufre (SF ₆)	20
2.1.3 Efectos derivados de la emisión de GEI	21
2.1.3.1 Efectos de los gases de efecto invernadero en la salud humana	21
2.1.3.2 Efectos de los gases de efecto invernadero en los ecosistemas	21
2.1.3.3 Efecto Invernadero	21
2.1.3.4 Cambio climático	22
2.2 Huella Hídrica	32
2.2.1 Definición y metodologías de la Huella Hídrica.	32
2.2.1.1 Definición de la Huella Hídrica	32
2.2.1.2 Metodología para calcular la Huella Hídrica.	32
2.2.2 Metodología Water Footprint Network (WFN).....	33
2.3 Fases de la huella hídrica según WFN	33

2.3.1 Establecimiento de objetivos y alcance	33
2.3.2 Cálculo de la huella Hídrica.....	34
2.3.2.1 Huella Hídrica Directa.....	34
2.3.2.1.1 Huella Hídrica Directa Azul	35
2.3.2.1.2 Huella Hídrica Directa Gris	36
2.3.2.1.3 Huella Hídrica Directa Verde	36
2.3.2.1.4 Huella hídrica Indirecta.....	37
2.3.2.2.1 Huella hídrica indirecta asociada al consumo eléctrico	38
2.3.2.2.2 Huella hídrica indirecta asociada al consumo de papel	39
2.3.3 Evaluación de sostenibilidad.....	39
2.3.4 Formulación de estrategias	40
2.4 Consumo de agua.....	40
2.5 Calidad del agua	41
2.6 Contaminación del agua.....	41
2.7 Escasez de agua	41
Capítulo III	43
3. Metodología	43
3.1 Área de Estudio	43
3.2. Fuentes de recopilación de información	44
3.3 Cálculo de la huella de carbono	45
3.3.1 Límites de inventario de GEI	47
3.3.4 Identificación de Fuentes de emisión.....	47
3.3.5 Fuentes de emisión	48
3.3.6 Inventario de GEI del año base.....	52
3.3.7 Procedimiento para el cálculo de las emisiones y remociones de GEI.....	52
3.3.7.1 Cálculo de emisiones de GEI	52
3.3.7.1.2 Datos de actividad	53
3.3.7.1.3 Elección de los factores de emisión	54
3.4 Análisis de los datos	58
3.5 Ecuaciones empleadas en el cálculo de la huella de carbono	60
3.6 Descripción de la metodología para el cálculo de la huella hídrica	66
3.6.1 Definición del alcance.....	66

3.6.2 Recolección de Información para el Análisis de la Huella Hídrica en el Campus Balzay	68
3.6.2.1 Información para el cálculo de la huella hídrica.....	68
3.6.2.2 Huella Hídrica indirecta	68
3.6.3 Levantamiento de información para la Huella Hídrica Directa	69
3.6.3.1 Datos del consumo de agua.....	69
3.6.3.2 Identificación de los diferentes usos del agua	71
3.6.3.3 Identificación de Áreas Verdes.....	76
3.6.3.4 Análisis de la precipitación	77
3.6.4 Levantamiento de información para la Huella Hídrica Directa	77
3.6.4.1 Información de consumo de energía.....	77
3.6.4.2 Recopilación de información de consumo de papel	80
Capítulo IV	81
4. RESULTADOS	81
4.1 Huella de carbono.....	81
4.1.1 Inventario de emisiones.....	81
4.1.1.1 Categoría 1: Emisiones directas de GEI	81
4.1.1.2 Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI producidas por Energía importada.....	84
4.1.1.3 Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI por transporte	86
4.1.1.4 Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI por productos usados por la organización	90
4.1.2 Análisis de incertidumbre	93
4.2 Huella Hídrica	104
4.2.1 Huella Hídrica Directa.....	104
4.2.1.1 Huella Azul.....	104
4.2.1.2 Huella Gris	105
4.2.1.3 Huella Verde	106
4.2.2 Huella Hídrica directa total	108
4.2.3 Huella Hídrica Indirecta	109
4.2.3.1 Huella de energía eléctrica.....	109
4.2.3.2 Huella hídrica del papel	111
4.2.4 Huella Hídrica Indirecta total	111
4.2.5 Estimación total de la huella hídrica.....	112

4.2.6 Análisis de sostenibilidad	114
4.3 Plan de reducción de huella de carbono.....	118
4.4 Plan de reducción de huella hídrica	124
4.5 Discusión.....	130
Capítulo V	136
5. Conclusión y Recomendaciones	136
5.1 Conclusiones	136
5.2 Recomendaciones	138
6. Referencias bibliográficas	139
7. Anexos	153
Anexo A. Factores de transformación empleados en el cálculo de la huella de carbono	153
Anexo B. Consumo de energía eléctrica según el horario de medición establecido por la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. en el periodo enero-diciembre 2023 del Campus Balzay.....	153
Anexo C. Factores empleados para la conversión datos suministrados por la UPME y cálculos realizados para la categoría 3 para la fuente de movilidad terrestre de colaboradores y estudiantes.....	154
Anexo D. Encuesta aplicada a la comunidad universitaria en Google Forms	156
Anexo E. Planillas del consumo de Energía Eléctrica proporcionadas por la Unidad de Planificación y Gestión Estratégica	159
Anexo F. Detalle de las facturas del servicio de agua potable proporcionadas por la Unidad de Planificación y Gestión Estratégica	160
Anexo G. Hojas de ruta de la motocicleta empleada en mensajería	160
Anexo H. Muestreo realizado en el alcantarillado del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca.	161
Anexo I. Datos empleados en el cálculo de las emisiones indirectas por movilidad del personal y los estudiantes.	161

Índice de Figuras

Figura 1. Contribución de emisiones de GEI por sectores al INGEI 2018 en %..	15
Figura 2. Efecto invernadero natural y aumentado por la actividad antrópica.	22
Figura 3. Alcances y emisiones a través de la cadena de valor de la huella de carbono	24
Figura 4. Enfoques de las emisiones y las remociones de GEI de una organización.....	26
Figura 5. Mapa de Ubicación del área de estudio, Campus Balzay de la Universidad de Cuenca..	44
Figura 6. Bloques del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca.	44
Figura 7. Fases para la evaluación de la huella hídrica.	66
Figura 8. Mapa de ubicación y los puntos de abastecimiento del medidor de agua potable en el Campus Balzay..	70
Figura 9. Reporte gráfico del consumo de agua del periodo de enero-diciembre 2023..	71
Figura 10. Consumo de agua en el campus Balzay.....	75
Figura 11. Mapa que muestra las áreas verdes del Campus Balzay..	76
Figura 12. Mapa que muestra la ubicación y los puntos de abastecimiento de energía de los medidores de energía del Campus Balzay.....	78
Figura 13. Emisiones de CO ₂ equivalente producidas por la categoría 1.	84
Figura 14. Emisiones de CO ₂ eq generadas por el consumo de electricidad.	86
Figura 15. Medios de transporte empleados por los colaboradores y estudiantes.	87
Figura 16. Emisiones de CO ₂ eq generadas por la categoría 3 durante el año 2023.	90
Figura 17. Emisiones producidas por las fuentes de emisión identificadas en la categoría 4.	93
Figura 18. Estimación de la incertidumbre del cálculo de la huella de carbono.	101
Figura 19. Distribución del porcentaje de emisión de CO ₂ eq por fuentes de emisión en el periodo enero-diciembre 2023.	104
Figura 20. Relación entre la precipitación efectiva y la huella verde.	108
Figura 21. Huella hídrica directa total del campus Balzay en el periodo 2023.	109
Figura 22. Huella hídrica Indirecta generada por el consumo de electricidad en el campus Balzay.	110
Figura 23. Estimación de la huella hídrica indirecta del campus Balzay correspondiente al periodo enero-diciembre 2023.	112
Figura 24. Estimación total del Huella Hídrica registrada en el Campus Balzay correspondiente al periodo enero-diciembre 2023	113
Figura 25. Caudal del río Tomebamba en el año 2023.....	114
Figura 26. Índice de escasez del agua.	116

Índice de tablas

Tabla 1. Marco normativo histórico sobre cambio climático	23
Tabla 2. Mecanismos financieros de los mercados de carbono	31
Tabla 3. Información solicitada a los departamentos de la Universidad de Cuenca	46
Tabla 4. Definición de alcances según ISO 14064-1	48
Tabla 5. Categoría 1: emisiones directas de GEI del campus Balzay periodo enero-diciembre 2023.....	49
Tabla 6. Emisiones indirectas de GEI por Energía Importada.....	49
Tabla 7. Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI por transporte en el periodo enero-diciembre 2023 del Campus Balzay.	50
Tabla 8. Vuelos realizados por el cuerpo docentes e investigadores del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca para el periodo enero – diciembre 2023.....	50
Tabla 9. Número de viajes aéreos de cuerdo al tipo de vuelo realizado	51
Tabla 10. Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI por productos usados por la organización en el periodo enero-diciembre 2023 del Campus Balzay.	51
Tabla 11. Potenciales de Calentamiento global (PCG) para un periodo de tiempo de 100 años.....	52
Tabla 12. Datos de actividad según las fuentes de emisión del campus Balzay periodo enero-diciembre 2023.....	53
Tabla 13. Factores de emisión según las fuentes.....	55
Tabla 14. Matriz de Pedigree sugerida para determinar los factores de escala de la incertidumbre a partir de los índices de calidad de los datos.	58
Tabla 15. Sistema de calificación según su Matriz Pedigree.....	59
Tabla 16. Interpretación de la escala de incertidumbre total (SDg 95).....	60
Tabla 17. Ecuaciones empleadas en el cálculo de las emisiones de GEI.....	62
Tabla 18. Tipo de huella hídrica y su fuente de datos para el cálculo de la huella hídrica total ..	67
Tabla 19. Consumo de agua potable del año 2023 del Campus Balzay.....	70
Tabla 20. Consumo de agua y tipo de agua que se consume en el campus Balzay en el periodo enero-diciembre 2023.	72
Tabla 21. Consumo de agua mensual y anual para el riego de áreas verdes del campus Balzay.	73
Tabla 22. Consumo de agua para la limpieza del campus Balzay	73
Tabla 23. Consumo de Agua por Descargas en Baños y urinarios por el total de personas.....	74
Tabla 24. Consumo de Agua por lavamanos y cepillado de dientes	74
Tabla 25. Consumo de agua de la cafetería del Campus Balzay.....	75
Tabla 26. Resumen del consumo de agua en el campus Balzay	75
Tabla 27. Valores de la precipitación mensual del Campus Balzay	77
Tabla 28. Consumo de energía eléctrica del año 2023 del Campus Balzay.....	79
Tabla 29. Fuentes de energía que abastecen a la red eléctrica nacional	79
Tabla 30. Equivalencia o factores según el tipo de energía que se tenga	80
Tabla 31. Cantidad y tipo de papel que se utiliza en el Campus Balzay en el año 2023.....	80
Tabla 32. Cantidad de combustible eco país consumido (toneladas) y emisiones de CO ₂ equivalente en toneladas producida por la flota vehicular en el periodo enero-diciembre 2023.	82

Tabla 33. Cantidad de combustible Diésel consumido y las emisiones producidas	82
Tabla 34. Recorrido de motocicleta empleadas en mensajería y las emisiones producidas.....	83
Tabla 35. Consumo de energía eléctrica y emisiones de CO ₂ eq producidas	85
Tabla 36. Recorrido y emisiones de CO ₂ equivalente producidos por el uso de los diferentes medios de transporte	88
Tabla 37. Recorrido de los viajes aéreos y las emisiones de CO ₂ eq producidas	88
Tabla 38. Número de noches de estancia y las emisiones producidas por hospedaje.....	89
Tabla 39. Consumo de papel y las emisiones producidas.....	91
Tabla 40. Generación de desechos comunes y emisiones de CO ₂ equivalentes producidas	91
Tabla 41. Desechos biopeligrosos y emisiones de CO ₂ eq producidas	92
Tabla 42. Análisis de incertidumbre del dato de actividad para la cuantificación de la huella de carbón.....	93
Tabla 43. Análisis de incertidumbre del factor de emisión para la cuantificación de la huella de carbono.....	97
Tabla 44. Análisis de incertidumbre total del dato de actividad y el factor de emisión para el cálculo de la huella de carbono	99
Tabla 45. Resultados de la huella de carbono por categoría en el periodo enero-diciembre 2023.	102
Tabla 46. Resultado de las emisiones de t CO ₂ eq por categoría y fuente de emisión del Campus Balzay en el periodo enero-diciembre 2023.	103
Tabla 47. Valores mensuales de la huella verde del campus Balzay.....	107
Tabla 48. Consumo de energía eléctrica del Campus Balzay y los tipos de energía que abastecen a la red de energía pública del país.....	110
Tabla 49. Consumo de papel y cálculo de la huella indirecta relacionada con el consumo de papel en el Campus Balzay.	111
Tabla 50. Resumen detallado de los valores obtenidos del cálculo de la huella hídrica del Campus Balzay del periodo 2023	113
Tabla 51. Valores de escurrimiento y disponibilidad de agua para el Campus Balzay.....	115
Tabla 52. Sostenibilidad Ambiental de la Huella Hídrica Azul	116
Tabla 53. Resultados de la Huella Gris con respecto al índice de contaminación.....	118
Tabla 54. Comparación de estudios similares a nivel local, nacional e internacional.	134

Dedicatoria

A mis queridos padres, por guiar mi camino e impulsarme a ser mejor cada día.

A mi tío Alfonso quien, ha creído y confiado en cada idea y sueño, en todo momento de mi vida.

A las personas más especiales en mi vida Diana y Julia, por ser ese rayo de luz, quienes me han abrigado en mis momentos de tristeza y por ser mi fuente de alegría.

A mis queridas amigas Liz, Andrea, Karen y Janela, a quienes tuve la oportunidad de conocer en esta etapa de mi vida y estuvieron conmigo en esta travesía académica. Así también a Xavier, Eve, Belen, Kim y Fátima por haberme hecho parte de su vida y haber compartido grandes momentos. Agradezco los momentos de risas, de estudio, de lágrimas y de comprensión.

A mi querido amigo Fabian, gracias por cuidarme, escucharme y creer en mí, que la vida nos de muchos momentos más de alegría y poder celebrar cada uno de nuestros logros.

A quienes me apoyaron de una u otra manera, amigos y familiares, les dedico este trabajo como agradecimiento. Cada consejo, y experiencia compartida me ayudaron a seguir adelante.

Con profundo agradecimiento y cariño,

Hilda Elizabeth Zumba Nacipucha

LISTA DE ABREVIATURAS

GEI:	Gases de efecto invernadero
CO₂:	Dióxido de carbono
N₂O:	Óxido Nitroso
CH₄:	Metano
HFC:	Hidrofluorocarbonos
PFC:	Perfluorocarbonos
SF₆:	Hexafluoruro de azufre
CO₂ eq:	Dióxido de carbono equivalente
GHG Protocol:	Protocolo de Gases de Efecto Invernadero
IPCC:	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
PCG:	Potenciales de Calentamiento Global
CIE:	Comercio Internacional de Emisiones
IC:	Mecanismo de Implementación Conjunta
MDL:	Mecanismo de Desarrollo Limpio
HH Directa:	Huella Hídrica Directa.
HH Indirecta:	Huella Hídrica Indirecta
HHD:	Huella Hídrica Directa Total
HHAzul:	Huella Hídrica Directa Azul
HHGris:	Huella Hídrica Directa Gris
HHVerde:	Huella Hídrica Directa Verde
WFelectricidad:	Huella Hídrica Indirecta producida por energía eléctrica
WFpapel:	Huella Hídrica Indirecta producida por papel.

CAPÍTULO I

1. Introducción y objetivos

1.1 Introducción

1.1.1 Antecedentes

Actualmente, la sociedad se enfrenta al cambio climático. Este cambio se ve influenciado por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales contribuyen al incremento del calentamiento global, haciendo que aumente la temperatura media de la Tierra (Kabir et al., 2023). Además, según las Naciones Unidas, el cambio climático afecta los patrones de precipitación, reduce las capas de hielo, provoca el aumento del nivel del mar, también inundaciones y temporadas de sequías. La mayoría de las repercusiones del cambio climático se reducen al agua, lo cual agrava la escasez de agua a nivel mundial.

La humanidad se encuentra en una década crucial en la que cuál es fundamental limitar el calentamiento global alrededor de 1.5 °C. En este sentido, se anticipa que las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial alcanzarán su punto máximo en 2025 y posteriormente disminuirán en aproximadamente un 43 % para el año 2030 (United Nations Climate Change, 2022). Para lograr esta reducción, será necesario que los países realicen grandes transiciones en el sector energético, lo cual incluye la reducción del uso de combustibles fósiles, aumento de la eficiencia energética y la utilización de combustibles alternativos (IPCC, 2022). El aumento de los niveles de concentración de dióxido de carbono (CO₂) influye en el aumento de la temperatura del planeta. Dichos niveles han experimentado un crecimiento del 40 % desde la época preindustrial, generado por la quema de combustibles fósiles y por el cambio de uso del suelo, es decir, por la actividad antropogénica (Ridhosari & Rahman, 2020).

Ante la necesidad de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, las instituciones y organizaciones han iniciado programas encaminados a mitigar el cambio climático (Ridhosari & Rahman, 2020). Mediante dichos programas, evalúan las emisiones que generan a través del cálculo de la huella de carbono, dado que este es un punto de partida para la reducción del impacto que genera cada institución (Kiehl et al., 2023). Así también cuantifican la huella hídrica siendo este un indicador de sostenibilidad ambiental. Por un lado, la huella de carbono indica la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que produce una institución mientras que la huella hídrica reporta la cantidad de agua consumida por la misma.

En lo referente a la cuantificación de la huella de carbono de la Universidad de Cuenca, existe una publicación previa Illescas & Muentes (2019) en la que destaca la relevancia de calcular la huella de carbono. Este estudio reveló la emisión de 1 158.03 toneladas de dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_2 \text{ eq}$) en el campus central de la Universidad de Cuenca durante el periodo enero-diciembre 2017. Además, la investigación identificó las fuentes de emisión directa e indirecta, siendo la principal, la fuente indirecta generada por el consumo eléctrico. Esto subraya la necesidad de continuar evaluando y cuantificando estas huellas ambientales en la universidad y sus diferentes campus.

Dentro de los efectos del cambio climático se debe considerar la degradación de los recursos naturales, dentro de los cuales se encuentra la contaminación del agua, lo cual a su vez ha llevado a la escasez de dicho recurso. Este problema se ha convertido en crítico, dado que las predicciones indican que mundialmente la población mundial enfrentará una escasez de agua en los próximos años, por lo que la huella hídrica es una métrica valiosa que evalúa y aborda la contribución de las personas al consumo de agua (Ozgul, 2024). La huella hídrica, introducida por Arjen Hoekstra, ha evolucionado con el tiempo, evaluando el impacto del consumo de agua en la producción de bienes y servicios. En el contexto universitario, las universidades han empezado con la integración de la medición de la huella hídrica en sus planes y acciones con el objeto de mejorar su desempeño ambiental (Osorio et al., 2022). En cuanto a la Universidad de Cuenca, no se ha realizado el cálculo de la huella hídrica previamente.

1.1.2 Problemática

A partir de la revolución industrial en el año 1 750 hasta 2019, los niveles de CO_2 aumentaron más de 47 % y los niveles de metano más de 156 % mientras que de N_2O el aumento fue de 23 %, siendo las concentraciones de CO_2 más altas que el cualquier otro momento en al menos dos millones de años y las concentraciones de CH_4 y N_2O fueron más altas que en cualquier otro momento en al menos 800 000 años (IPCC, 2023).

En todo el mundo, las emisiones de gases de efecto invernadero experimentaron un incremento de 1.2 % entre 2021 y 2022 alcanzando 57.4 Giga toneladas de $\text{CO}_2 \text{ eq}$. Las emisiones de carbono provenientes de la quema de combustibles y de los procesos industriales fueron los que más contribuyeron al aumento de dichas emisiones representando alrededor de dos tercios de las emisiones actuales de GEI (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2023).

En el año 2018 en Ecuador, las emisiones de GEI aumentaron en 75 326.87 Gigagramos de CO₂ eq respecto al año 2017. El sector Energía es el que más aporta, con el 51 % de las emisiones totales, seguido del sector Uso De la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UTCUTS) con el 27.6 % y el sector Agricultura con el 20.8 %. Los sectores Residuos y Proceso Industriales y Uso de productos aportan con el 3.4 % y 3.2 % respectivamente (Figura 1) (MAATE, 2022).

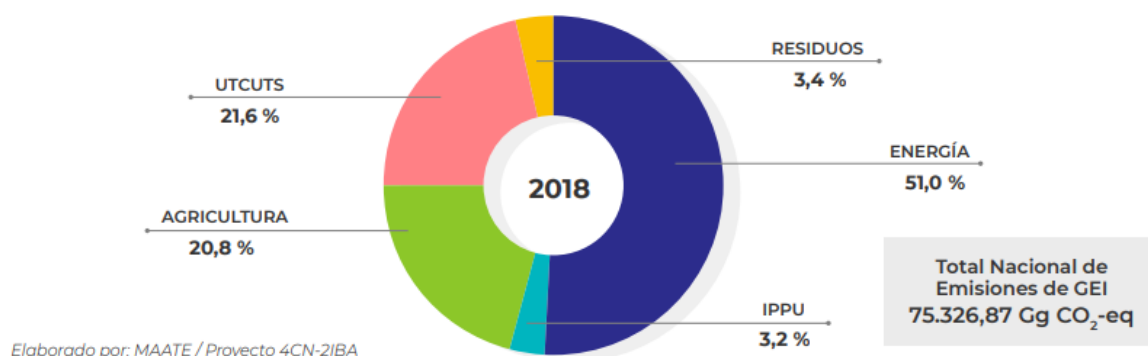


Figura 1. Contribución de emisiones de GEI por sectores al INGEI 2018 en %. **Fuente:** Tomado de MAATE (2022).

A nivel local, el Informe de Evaluación de la Huella de Carbono y Huella Hídrica del Cantón Cuenca correspondiente al año 2016, indica que la huella de carbono total de Cuenca fue de 1 500 133 toneladas de CO₂ eq. El 55 % fue generado por el sector transporte seguido del sector industrial con un aporte del 16 %, el sector residencial con un 15 %, el sector de residuos con un 10 %, el sector comercial/institucional con el 4% producido principalmente por el consumo de energía eléctrica (GAD MUNICIPAL CUENCA, 2017).

Respecto a la huella hídrica, según datos de la empresa ETAPA EP, el consumo de agua potable en el cantón Cuenca creció un 21 % en la zona urbana y un 20 % en las zonas rurales durante el año 2023. Aunque la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda un consumo diario de 100 litros de agua por persona, en Cuenca el consumo promedio es de 250 litros diarios por persona (Muñoz, 2023). En el año 2016, la Huella Hídrica del cantón Cuenca fue de 87 935 671 metros cúbicos, siendo el sector residencial responsable del 83 % de la huella hídrica total del cantón (El Mercurio, 2020; GAD MUNICIPAL CUENCA, 2017). Además, de acuerdo con la Asociación de Municipalidades de Ecuador, en Cuenca se desperdicia cerca del 50 % del agua potable. Los hogares son los principales consumidores, el sector industrial es el segundo mayor consumidor, mientras que las instituciones educativas, aunque solo usan el 5 %, también se destacan por su alto nivel de desperdicio (Maldonado, 2020).

El consumo excesivo de agua es motivo de preocupación, especialmente dado que se estima que para el año 2030, Cuenca enfrentará un déficit de aproximadamente 350 L/s cada año (Maldonado, 2020). De esta manera se ve la necesidad de aportar en la reducción de dicha huella hídrica como institución de educación superior.

1.1.3 Justificación

Las instituciones de Educación Superior tienen un papel importante en el desarrollo sostenible y la lucha contra el cambio climático, por lo que la huella de carbono les permite ejercer control sobre las actividades que impactan el medio ambiente proporcionando una línea base para evaluar los futuros esfuerzos de mitigación (Valls & Bovea, 2021). Se debe indicar que existe un precedente en el cálculo de la huella de carbono en la Universidad de Cuenca, dado que en el trabajo de Illescas & Muentes (2019), se realizó el cálculo de la Huella de Carbono en el Campus Central de la Universidad de Cuenca, siendo un indicador de sostenibilidad que permite conocer la cantidad de emisiones de GEI que produce una institución.

En la presente investigación, se pretende identificar las fuentes directas e indirectas de emisiones de gases de efecto invernadero del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca, utilizando la estimación de la huella de carbono expresada en toneladas de dióxido de carbono equivalente (t CO₂ eq), para lo cual se emplearán las pautas establecidas en la normativa ISO 14064-1: 2018, y los resultados obtenidos servirán como base para proponer estrategias concretas de mitigación. También se busca determinar el uso, consumo y contaminación del agua para obtener la huella hídrica, con el fin de desarrollar una herramienta efectiva para la gestión sostenible del recurso hídrico en el campus universitario. En resumen, esta investigación busca orientar la aplicación de prácticas más sostenibles y responsables en el ámbito universitario.

1.2 Objetivo General

Cuantificar la huella hídrica y de carbono del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca durante el periodo enero-diciembre 2023, mediante la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de agua en las actividades académicas e investigativas.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Estimar la huella hídrica del Campus Balzay mediante la identificación detallada de las fuentes y los usos del agua en las instalaciones universitarias.
- Determinar la huella de carbono del Campus Balzay, utilizando la metodología estandarizada según la norma ISO 14064-1:2018.
- Proponer estrategias específicas para la reducción de la huella hídrica y de carbono en el Campus Balzay, considerando tanto aspectos tecnológicos como cambios en prácticas y comportamientos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Huella de carbono

La huella de carbono es el total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) producidas tanto directa como indirectamente por individuos, organizaciones, procesos y productos a través de la quema de combustibles fósiles para la electricidad, la calefacción y el transporte, entre otros. Esta huella representa la medida del aporte de las actividades humanas a la producción de GEI y, por ende, su aporte al cambio climático (Quiroga, 2009). Esta cantidad puede ser cuantificada en toneladas o kilos de dióxido de carbono equivalente (CO_2 eq). Una equivalencia de dióxido de carbono, abreviado como CO_2 eq, es una medida métrica utilizada para comparar las emisiones de varios gases de efecto invernadero sobre la base de un potencial de calentamiento global (Agencia Europea de Medio Ambiente, s.f.), permite tomar cualquier cantidad de un GEI y calcular que cantidad de CO_2 se requiere para tener el mismo efecto en la atmósfera (DERCO, 2023).

La huella de carbono de una organización busca describir el impacto total que tiene una organización sobre el clima con relación a las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera (Larios et al., 2022). Esta huella, también llamada inventario de GEI corporativo, mide las emisiones derivadas de todas las actividades de una organización. La herramienta de comunicación es el Informe de Emisiones (IHOBE, 2012). Su cálculo sigue principalmente los principios del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol) o la normas ISO 14064, incorporadas en las metodologías disponibles (Schneider & Samaniego, 2009).

2.1.1 Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) son gases atmosféricos responsables del calentamiento global y del cambio climático. Los principales GEI son el CO_2 , el metano (CH_4), y el óxido nitroso (N_2O). Los GEI menos prevalentes, pero muy poderosos, son los gases fluorados, que incluyen los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6) (United Nations Environment Programme, 2023).

2.1.1.1 Dióxido de carbono

El dióxido de carbono (CO_2) es un gas incoloro e inodoro compuesto por oxígeno y carbono. Sus emisiones son una de las principales causas del calentamiento global, un problema causado por la actividad humana y agravado por la larga supervivencia del CO_2 en la atmósfera (BBVA, 2023).

Este gas también se añade a la atmósfera de forma natural cuando los organismos respiran o se descomponen, las rocas carbonatadas se desgastan, se producen incendios forestales y los volcanes hacen erupción (Climate Science Investigations, 2023).

2.1.1.2 Metano

El metano (CH_4) es un gas incoloro e inodoro compuesto por cuatro átomos de hidrógeno y uno de carbono. Proviene de fuentes biogénicas, como la descomposición anaeróbica de materia orgánica. Este gas es conocido como el principal componente del gas natural y se utiliza como combustible y materia prima para la producción de electricidad, metanol, hidrógeno y otros productos químicos. El metano es un gas de efecto invernadero que contribuye al calentamiento global y al cambio climático (Devadoss et al., 2021). Se emite durante la extracción y el transporte de combustibles fósiles (Saunois et al., 2020). En Ecuador, las emisiones de este gas se originan de la extracción de petróleo y gas natural, así como de los botaderos de basura (PRIMICIAS, 2021).

2.1.1.3 Óxido Nitroso

El óxido nitroso es emitido durante las actividades agrícolas e industriales, la combustión de combustibles fósiles y residuos sólidos, y durante el tratamiento de aguas residuales (EPA, 2023). A nivel global, cerca del 40 % del total de emisiones de N_2O proviene de actividades humanas (EPA, 2023). En la agricultura, la producción de óxido nitroso es de manera natural, dado que ocurren en los suelos a través de los procesos de nitrificación y desnitrificación. Los factores que afectan la tasa de emisión de N_2O son las condiciones ambientales del suelo y la relación carbono-nitrógeno en el sustrato sobre el que actúan los microorganismos nitrificadores y desnitrificadores (Luque, 2015).

2.1.2 Gases fluorados

2.1.2.1 Hidrofluorocarbonos (HFC)

Los hidrofluorocarbonos (HFC) son un grupo de gases sintéticos empleados en la refrigeración. Muchos HFC son contaminantes climáticos muy potentes y de vida corta, con una vida atmosférica promedio de 15 años (CLIMATE & CLEAN AIR COALITION, 2022). Como parte del cumplimiento del Protocolo de Montreal, en el cual los países miembros deben realizar actividades para eliminar y/o sustituir sustancias agotadoras de ozono como los gases refrigerantes, Ecuador, al estar suscrito a dicho protocolo, ha llevado a cabo acciones enfocadas

en la reducción y eliminación de los HFC (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2023).

2.1.2.2 Perfluorocarbonos (HFC)

Los PFC se utilizan en la fabricación de semiconductores, como agentes de extinción de incendios y en otras aplicaciones industriales (Kim et al., 2021). Los perfluorocarbonos (PFC) contribuyen al cambio climático debido a su efecto de forzamiento radiativo positivo. Estos gases tienen un rango de potenciales de calentamiento global (GWP) que son mucho más altos que el del carbono (National Atmospheric Emissions Inventory, s.f.).

2.1.2.3 Hexafluoruro de Azufre (SF₆)

El hexafluoruro de azufre (SF₆) se utiliza principalmente como gas aislante en equipos eléctricos, como interruptores y transformadores. Aunque es muy eficaz en esta función debido a sus excelentes propiedades dieléctricas, su GWP es extremadamente alto, lo que lo convierte en uno de los GEI más potentes conocidos (Kiehl & Trenberth, 2018).

En 1970, Ecuador tomó una de sus primeras iniciativas para combatir los efectos de las emisiones de GEI al alinearse con la corriente impulsada por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Primera Cumbre para la Tierra) desarrollada en Estocolmo en 1972. A través de dicha conferencia, las naciones pudieron tomar acciones encaminadas en la prevención y control de la contaminación, lo que resultó en la promulgación de la Ley para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en Ecuador. Desde 1993, Ecuador es parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, que busca frenar la problemática de las emisiones de GEI. En 2008, Ecuador estableció un marco jurídico nacional en la Constitución de la República del Ecuador, otorgando Derechos a la Naturaleza. En 2009, el país declaró la mitigación y la adaptación al cambio climático como política nacional. En Ecuador, desde el año 2012, el Gobierno puso en marcha el Programa RENOVA REFRIGERADORA, con el fin de reemplazar más de 330 000 refrigeradoras obsoletas por equipos nuevos y energéticamente eficientes. La empresa UNACEM fue una de las que aportó en la búsqueda de alternativas para la destrucción adecuada de los refrigerantes clorofluorocarbonos y ha aplicado estas iniciativas desde el año 2016 (MAATE, 2022). En julio de 2016, Ecuador firmó el Acuerdo de París con el objeto de reducir las emisiones de GEI (Cuenca, 2022).

2.1.3 Efectos derivados de la emisión de GEI

2.1.3.1 Efectos de los gases de efecto invernadero en la salud humana

Los gases de efecto invernadero, en su mayoría, afectan de manera directa al sistema respiratorio humano, provocando bronquitis y asma. Incluso algunos afectan al sistema nervioso central y al sistema inmunitario, y otros son cancerígenos o pueden llegar a ser mortales. La población más vulnerable son los niños en edad de crecimiento haciendo que sus pulmones sean más propensos a sufrir los efectos nocivos, sin embargo, aún se debe continuar estudiando porque aún existe una limitante de información en lugares como Asia, África y Latinoamérica (Sonwani & Saxena, 2022).

2.1.3.2 Efectos de los gases de efecto invernadero en los ecosistemas

En los glaciares, el principal efecto es el aumento de la desaparición del hielo del Ártico y de los glaciares tibetanos por el aumento de la temperatura que generan los GEI. El estudio de Severinsky (2020) indica que a mayores temperaturas y abundancia de CO₂, las plantas tienden a reducir su productividad primaria y el ecosistema flora-fauna, se ve afectado dado que al reducirse la productividad de las plantas también disminuye la comida para la fauna y por ende se ve afectada la cadena alimenticia incluso el ser humano.

2.1.3.3 Efecto Invernadero

El efecto invernadero es un fenómeno natural donde ciertos gases atmosféricos retienen calor, manteniendo una temperatura apta para la vida en la Tierra. Sin embargo, las actividades del ser humano, como la quema de combustibles fósiles, aumentan significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero, como el CO₂ y el CH₄, intensificando este fenómeno y contribuyendo al calentamiento global (Figura 2) (Fuinhas et al., 2021; Xu et al., 2021).

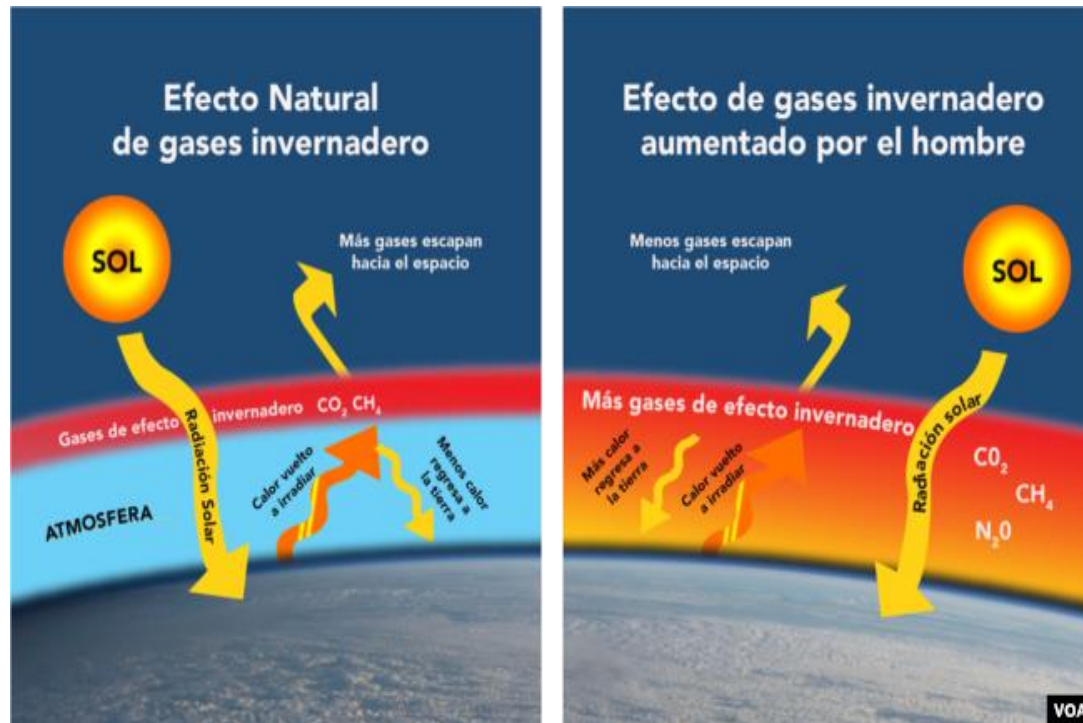


Figura 2. *Efecto invernadero natural y aumentado por la actividad antrópica.* **Fuente:** Tomado de Voz de América, 2015.

2.1.3.4 Cambio climático

El cambio climático hace referencia a los cambios a largo plazo en las temperaturas y los patrones climáticos. La quema de combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural producto de las actividades humanas han sido la principal causa del cambio climático. Dicha quema genera emisiones de gases de efecto invernadero que actúan como una manta que envuelve la tierra, atrapando el calor del sol y elevando las temperaturas. El dióxido de carbono y el metano son unos de los gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático (United Nations, 2023). Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) ha reportado que el aumento global de aproximadamente 1.1 °C de la temperatura en el periodo 1850-2020 es debido a las actividades humanas, y se proyecta que se continúe acelerando dicho calentamiento en caso de no reducir las emisiones de GEI (IPCC, 2021).

El marco normativo ecuatoriano sobre el cambio climático se ha desarrollado, como se muestra en la Tabla 1, mediante el cual el Ecuador, ha demostrado su interés y compromiso por la lucha contra el cambio climático.

Tabla 1. *Marco normativo histórico sobre cambio climático.*

Año	Marco normativo
1985	Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono
1987	Protocolo de Montreal
1994	Convención Marco de la Organización de Naciones Unidas sobre cambio Climático
1997	Protocolo de Kioto
2003	Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente TULSMA
2008	Constitución de la Republica del Ecuador
2009	Decreto Ejecutivo 1815 sobre adaptación y mitigación al cambio climático
2004 - 2017	Ley de Gestión Ambiental
2004 - 2017	Ley para la Prevención y control de la Contaminación Ambiental
2010	Decreto Ejecutivo 495, Comité Interinstitucional de Cambio Climático
2010 - 2017	Reglamento del comité Interinstitucional del Cambio Climático
2016	Acuerdo de Paris
2018	Código Orgánico del Ambiente (CODA)

Fuente: Adaptado de “*Política ambiental ecuatoriana sobre cambio climático como garantía del derecho a un ambiente sano*” por Subía & Subía (2022).

2.1.4 Metodologías para el cálculo de la huella de carbono

Para el cálculo de la huella de carbono se aplican diferentes metodologías, entre las más importantes destacan la GHG Protocol y la Norma ISO 14064:

Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol): fue desarrollado por el World Resources Institute (Instituto de Recursos Naturales) y World Business Council for Sustainable Development (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible). Se usa ampliamente a escala internacional para el cálculo y gestión de las emisiones de GEI. El Protocolo de GEI pide a las empresas que evalúen su responsabilidad por las emisiones de GEI distinguiendo entre tres alcances (Figura 3), que representan diferentes fuentes de emisiones corporativas de GEI:

Alcance 1: emisiones directas, es decir, todo el carbono directo, incluido los combustibles quemados y el transporte propiedad de la entidad que informa.

Alcance 2: son las emisiones indirectas de GEI provenientes de la electricidad, el calor o el valor comprados y consumidos por la entidad que informa.

Alcance 3: Otras emisiones indirectas de carbono, como la extracción y producción de materiales y combustibles comprados, actividades relacionadas con el transporte en vehículos que no son propiedad ni están controlados por la entidad informante (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023).

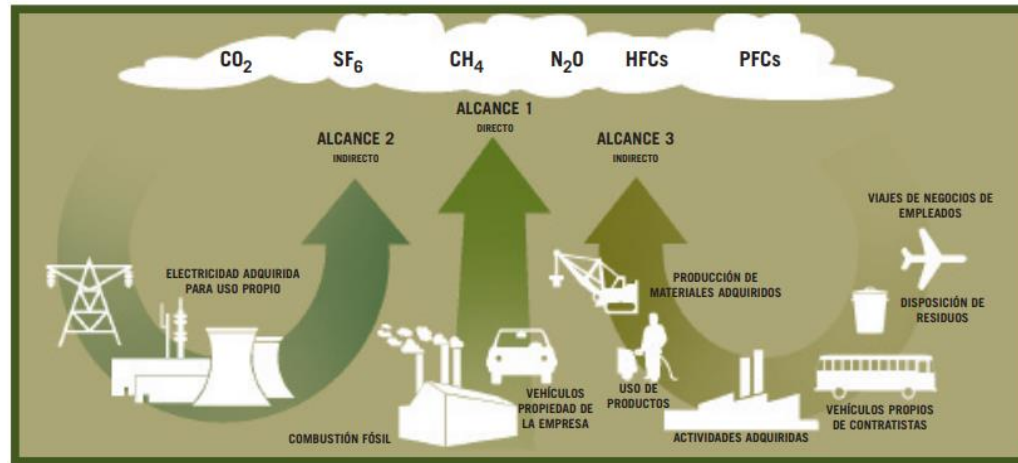


Figura 3. Alcances y emisiones a través de la cadena de valor de la huella de carbono. **Fuente:** Adaptado de *Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte*, por Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), s.f.

ISO 14064-1: En 2006 se desarrolló la norma ISO 14064, la cual tiene 3 partes. En la primera parte, se especifican los principios y requisitos a nivel de organización para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de GEI. La segunda parte trata sobre los proyectos enfocados en GEI, específicamente en su reducción o aumento de la remoción (ISO 14064-2). En la tercera parte de la norma se aborda la validación y la verificación de los GEI declarados (ISO 14064-3) (ISO 14064-1:2018, 2019). Las normas ISO 14064 tienen como objetivo dar credibilidad y confiabilidad a los reportes de emisión de gases efecto invernadero (GEI) y a las declaraciones de reducción o eliminación de GEI (IHOBE, 2013). Los tres componentes de esta norma son:

- Norma ISO 14064-1: Precisa los principios y requisitos que deben cumplir los inventarios de GEI y la comunicación de informes de inventarios. Se utiliza a nivel corporativo.
- Norma ISO 14064-2: Se refiere a proyectos de reducción de gases de efecto invernadero.
- Norma ISO 14064-3: Describe los requisitos para la validación y verificación de los inventarios de GEI (IHOBE, 2013).

Esta norma contiene principios, criterios y etapas requeridas para la contabilización y verificación en el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero. También definen las prácticas más adecuadas a nivel internacional en materia de gestión, reporte y verificación de datos e información relacionados con los GEI (Chavarro & Cabezas, 2020).

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: es una guía completa para el cálculo de GEI que se originan en diferentes fuentes y sectores, e incluye una lista de factores de emisión. El propósito de esta guía es orientar todo lo relacionado con la cuantificación de las emisiones de GEI de los inventarios nacionales y resulta de gran ayuda en el cálculo de la huella de carbono de organizaciones (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023). En 2019 fue complementada y refinada con la publicación del “2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories” por parte del IPCC. Esta actualización permite a los países que reportan la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) utilizar metodologías basadas en la ciencia más reciente, mejorando la transparencia y la precisión de los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (UNFCCC, 2019).

Bilan Carbone: es también conocido como el balance de carbono, corresponde al balance o inventario de todos los GEI expresados en CO₂ equivalente. Se realiza el cálculo de todas las fuentes de emisión y se analiza el proceso de intercambio de carbono. Esta metodología fue desarrollada en 2002 por la Agencia del Medio Ambiente y Energía de Francia. La idea de la metodología es la transformación de los datos productivos en emisiones. Este proceso se realiza por medio de los factores de emisión. El análisis se hace en una plantilla de Excel e implica tres etapas fundamentales (Fonseca et al., 2018).

Especificaciones Públicamente Disponibles, PAS 2050: Este método fue elaborado el año 2007 por el Instituto Británico de Estandarización (British Standards Institution), junto al Consorcio del Carbono (Carbon Trust) y el Departamento para el Ambiente, la Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA) del Reino Unido. Se desarrolla en el marco de las normativas ISO 14040 referidas al Análisis del Ciclo de Vida e ISO/TS 14067 de Huella de carbono para productos, así como a las recomendaciones del Protocolo GEI. La metodología PAS 2050 considera todas las emisiones en la estimación del ciclo de vida de bienes y servicios. En la norma PAS 2050 se establece el análisis a nivel de dos tipos de ciclos de vida: Negocio-negocio y Negocio-cliente (Fonseca et al., 2018).

2.1.5 Norma ISO 14064

2.1.5.1 Principios para el cálculo de la Huella de Carbono

La norma ISO 14064 se basa en la aplicación de cinco principios que deben ser respetados en todo momento, según IHOBE (2012):

Pertinencia: Se refiere a la selección de las fuentes, los sumideros, los reservorios de GEI, los datos y las metodologías apropiadas para las necesidades del usuario previsto.

Integridad: Comprende todas las emisiones y remociones pertinentes de GEI.

Coherencia: Disminuir la comparación significativa en la información relacionada con los GEI.

Exactitud: Reducir el sesgo y la incertidumbre en la medida de lo posible.

Transparencia: Divulgar información suficiente y apropiada relacionada con los GEI para permitir que los usuarios previstos tomen decisiones con confianza razonable (ISO 14064-1:2018, 2019).

2.1.5.2 Límites de inventario de GEI

2.1.5.2.1 Limite de la organización

La organización puede consistir de una o más instalaciones. Las emisiones y remociones de GEI a nivel de instalación pueden originarse de una o múltiples fuentes o sumideros de GEI (ISO 14064-1:2018, 2019).

Los enfoques que una organización debería emplear para consolidar sus emisiones y remociones de gases de efecto invernadero a nivel de instalación se detallan en la Figura 4.

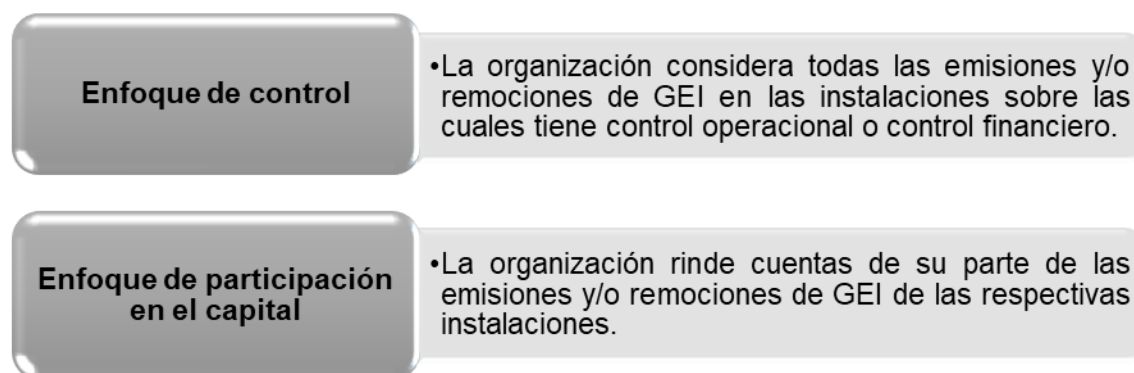


Figura 4. *Enfoques de las emisiones y las remociones de GEI de una organización.* **Fuente:** Adaptado de Gases de efecto invernadero- Parte 1: *Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero.* Tomado de ISO 14064-1:2018.

El límite de control puede seguir dos criterios, el control operacional y el control financiero. Lo común es utilizar el enfoque de control operacional, dado que es el que representa a la

organización de la mejor manera y el que permite una mayor actuación para reducir los GEI (IHOBE, 2012).

2.1.5.2.2 Limite de informe

La organización debe identificar las emisiones y remociones directas e indirectas de GEI asociadas a las operaciones de la organización. La organización debe cuantificar las emisiones directas de GEI por separado para CO₂, CH₄, N₂O, NF₃, SF₆ y otros grupos de GEI apropiados (HFC, PFC, etc.) expresadas en toneladas de CO₂ eq. En lo que respecta a emisiones indirectas de gases de efecto invernadero, la organización debe determinar cuáles emisiones indirectas va a incluir en su inventario de GEI (ISO 14064-1:2018, 2019).

2.1.5.3 Inventario de categorías de GEI

A nivel de organización las emisiones de GEI se deben agrupar en las siguientes categorías:

Categoría 1: Emisiones y remociones directas de GEI.

Son las emisiones y remociones directas de GEI que tienen lugar a partir de fuentes o sumideros de GEI dentro de los límites de la organización que pertenecen o son controlados por la organización, pueden ser estacionarias (por ejemplo, calentadores, generadores de electricidad) o móviles (por ejemplo, vehículos).

Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI causadas por energía importada.

Incluye las emisiones de GEI debidas al consumo de combustible asociado con la producción de energía y servicios finales, tales como electricidad, vapor, enfriamiento y aire comprimido.

Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI causadas por el transporte.

Se incluye el transporte de personas y bienes. En caso de que el equipo de transporte pertenezca o sea controlado por la organización, se debe considerar en la categoría 1.

Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI causada por productos que utiliza la organización.

Son las emisiones generadas causadas por los bienes que compra la organización, es decir, emisiones de GEI provenientes de fuentes que se encuentran fuera de los límites de la organización. Dichas fuentes podrían ser estacionarias o móviles (ISO 14064-1:2018, 2019). Se consideran también las emisiones producidas por los servicios que utiliza la organización y se

encuentran fuera de los límites de esta. Estas emisiones abarcan una gran cantidad de servicios y procesos asociados.

Categoría 5: Emisiones indirectas de GEI asociadas con el uso de los productos de la organización.

Las emisiones o remociones de GEI vinculadas con el uso de productos que se originan de productos que vende la organización, dichas emisiones puede abarcar servicios y procesos asociados. En este caso, la organización no conoce el destino final del producto durante sus etapas de vida, por lo que, es necesario definir escenarios plausibles en cada una de estas etapas (ISO 14064-1:2018, 2019).

Categoría 6: Emisiones indirectas de GEI provenientes de otras fuentes.

Esta categoría abarca cualquier emisión (o remoción) específica de la organización que no se puede informar en ninguna otra categoría. Por consiguiente, la organización debe definir el contenido de esta categoría particular (ISO 14064-1:2018, 2019).

2.1.5.4 Inventario de GEI del año base

Consiste en el período que permite comparar las emisiones o remociones de gases de efecto invernadero. Dicho año base puede ser, un año físico o un promedio de un periodo más dilatado en el tiempo (Chavarro & Cabezas, 2020).

2.1.5.5 Cálculo de las emisiones y remociones de GEI

La cuantificación de las emisiones y remociones de GEI se lleva a cabo con el enfoque de cuantificación elegido. Es necesario que se reporte el periodo durante el cual se han calculado las emisiones y remociones de GEI. La cantidad de cada tipo de GEI debe estar convertida en toneladas de CO₂ eq utilizando los Potenciales de Calentamiento Global (PCG) apropiados (ISO 14064-1:2018, 2019).

2.1.5.6 Cálculo matemático de emisiones de GEI

Es el cálculo matemático que determina la cantidad de emisiones de GEI que se le atribuyen a la organización, de acuerdo con IHOBE (2012), se plantea en dos pasos:

Paso 1: se obtiene la emisión de GEI a través de un dato de actividad que produce la emisión y un factor de emisión

Ecuación 1 Cuantificación de las emisiones de GEI.

$$\text{Emisiones de GEIs (t GEI)} = \text{Dato de actividad} * \text{Factor de emisión (1)}$$

Dato de Actividad: es la medida cuantitativa de la actividad que produce una emisión.

Factor de emisión: Es un valor que relaciona la cantidad de contaminante liberado a la atmósfera con la actividad asociada con la liberación del contaminante. Se expresa en toneladas de GEI /unidad (las unidades dependen del dato de actividad).

Paso 2: Se realiza la conversión de datos de emisión a unidades t CO₂ eq, mediante la multiplicación del dato de emisión por el potencial de calentamiento global.

Ecuación 2 Conversión de datos de emisión de t GEI a t CO₂.

$$\text{Emisiones (t CO}_2 \text{ eq)} = \text{Dato de emisión} * \text{Potencial de calentamiento global. (2)}$$

Dato de emisión: Medida cuantitativa de la emisión producida.

Potencial de calentamiento global: es un factor que muestra el impacto de la fuerza de radiación de una unidad con base en la masa de un GEI específico con relación a la unidad equivalente de CO₂ en un período de 100 años. Se expresa en toneladas de CO₂ eq /t GEI.

2.1.6 La huella de carbono en las universidades

Las instituciones de educación superior han reconocido el problema del cambio climático como propio, lo cual las ha llevado a tomar acciones a través del Análisis del Ciclo de Vida, midiendo su Huella de Carbono o su Huella Ecológica, y estableciendo planes de mejora de la gestión ambiental con el fin de reducir sus emisiones (Mondéjar et al., 2011). En Cuenca, en febrero del 2024, 13 instituciones de educación superior fundaron la Red Ecuatoriana de Universidades Sostenibles (REUS), de la cual es parte la Universidad de Cuenca, mediante esta red se busca transformar a las universidades en un motor de sostenibilidad, incidir en la generación de políticas públicas que impulsen la sostenibilidad entre otros (UCUENCA, 2024).

2.1.7 Reducción de la huella de carbono

2.1.7.1 Medidas de reducción y compensación

Las medidas de reducción se definen como intervenciones humanas destinadas a reducir las fuentes o mejorar los sumideros de GEI. Estas medidas pueden contribuir, directa o indirectamente, a limitar el cambio climático. Así también, se encuentran las medidas de compensación, que buscan adoptar medidas diseñadas para contrarrestar la acumulación de

gases de efecto invernadero en la atmósfera. Compensar la huella de carbono (HC) implica adquirir una determinada cantidad de CO₂ equivalente para neutralizar las emisiones mediante absorciones de CO₂ generadas en proyectos específicos, los cuales pueden ser proyectos nacionales relacionados con el uso de la tierra, cambio de usos de la tierra y selvicultura, los cuales aumentan el carbono almacenado (Zorilla, 2023).

Según Mustafa et al. (2022), la Universidad NED ha aplicado medidas como el cambio de energías renovables, el uso de electrodomésticos de bajo consumo, vehículos eléctricos y plantaciones en grandes cantidades de árboles dentro y fuera del campus para reducir su huella de carbono. En el caso de la Universidad Pontificia Bolivariana ha optado por la infraestructura sustentable mediante la construcción de un edificio que cumple con los requisitos en materia de eficiencia energética, energías renovables, uso eficiente de recurso hídricos y reúso de agua de lluvia, mientras que, el caso de la Universidad Ean dentro de las medidas de reducción estuvo la instalación de paneles solares en un edificio para la producción de energía renovable para dicho edificio reduciendo 1 270 kg CO₂ eq para el año 2019 (Osorio et al., 2022).

2.1.8 Mercado de carbono

En los mercados de carbono se compran y venden unidades de carbono, establecidos con el fin de reducir las emisiones de GEI y permitir su intercambio entre entidades o jurisdicciones (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). Estos mercados nacen en 1997 a través del Protocolo de Kyoto y entran en vigor desde el 2005, con el objeto de que los países desarrollados alcancen sus metas de reducción de emisiones de manera costo-efectiva (Barrera, 2024). Este mercado es denominado mercado regulado, el cual promueve los mecanismos financieros que se describen en la Tabla 2.

Los mercados regulados son aquellos directamente controlados por los gobiernos para asegurar que las emisiones de GEI de las empresas dentro del país no superan los límites establecidos. Por otro lado, los mercados voluntarios no son regulados activamente por el gobierno, ya que sus participantes no se encuentran fuera de los límites impuestos sobre ellos por la ley. Estos últimos se emiten a través de proyectos que compensan emisiones de carbono y se encuentran avaladas por alguna de las certificaciones de los estándares existentes en el mercado (Ávila & Pineda, 2023).

Tabla 2. *Mecanismos financieros de los mercados de carbono.*

Mecanismo Financiero	Descripción
Comercio Internacional de Emisiones (CIE)	Es la limitación de la cantidad de emisiones que generan las industrias con mayor intensidad de emisión de GEI y permite la venta de derechos de emisión entre empresas.
Mecanismo de Implementación Conjunta (IC)	Promueve los enfoques cooperativos para utilizar las reducciones de emisiones que se generen de la inversión en otros países industrializados
Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)	Los países desarrollados se comprometieron a reducir o limitar sus emisiones para lo cual pueden desarrollar proyectos de reducción de emisiones en países en desarrollo a cambio de créditos de Reducción Certificada de emisiones (RCE)

Fuente: Adaptado de *Aplicación de bonos de carbono en el mercado ecuatoriano, caso de estudio: de una central hidráulica* (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral), por Ávila & Pineda, 2023.

2.1.9 Mercado de carbono en el Ecuador

Después de más de 15 años de haber iniciado los mercados de carbono a nivel internacional, el Ecuador no ha ingresado en el mecanismo de compensación de los mercados de carbono debido a temas relacionados con la Constitución, el Código Orgánico del Ambiente (COA) y el Reglamento del COA, es decir, a la normativa ambiental. Por lo que la Comisión de Biodiversidad actualmente se encuentra trabajando en la reforma de ciertos artículos del Código Orgánico del Ambiente (ASAMBLEA NACIONAL REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2024). Ecuador cuenta con programas voluntarios impulsados por el estado que apoyan a la conservación, pero no cuentan con los recursos económicos que permitan mantener los bosques, por lo que la incorporación del

Ecuador al mercado de carbono permitiría financiar las acciones climáticas a través del ingreso de fondos no reembolsables (IND INDUSTRIAS, 2023).

2.1.10 Programa Ecuador Carbono Cero

En 2021, el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador expidió el Programa Ecuador Carbono Cero (PECC). El objetivo de este programa es incentivar la toma de acciones frente al cambio climático por parte del sector productivo y de servicios mediante la gestión de su huella de carbono. El PECC permite el reporte de compromisos y el acceso a incentivos ambientales y tributarios. Es un esquema de aplicación voluntaria y progresiva que prima la mejora continua mediante niveles de aplicación. Entre sus beneficios económicos están el acceso a réditos económicos, los beneficios tributarios y beneficios honoríficos, que implican el reconocimiento público por acciones más allá del cumplimiento normativo, mejorando la imagen corporativa y el acceso a mercados (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, s.f.).

2.2 Huella Hídrica

2.2.1 Definición y metodologías de la Huella Hídrica.

2.2.1.1 Definición de la Huella Hídrica

La huella hídrica (HH) es un indicador que cuantifica la totalidad del agua utilizada en actividades cotidianas, abarcando desde la producción de alimentos hasta procesos industriales y generación de energía, incluyendo también el agua contaminada en dichos procesos. Este indicador permite comprender el uso directo o indirecto de agua por parte de individuos, grupos, regiones, países o la humanidad en su conjunto, siendo crucial para evaluar la sostenibilidad en la gestión de los recursos hídricos. Se expresa en términos de volumen de agua consumida, evaporada o contaminada, sea por unidad de tiempo para individuos y comunidades, o por unidad de masa para empresas (Cortés et al., 2007).

2.2.1.2 Metodología para calcular la Huella Hídrica.

Existen dos metodologías principales para calcular la huella hídrica. La primera es la que propone Hoekstra en el Manual "The Water Footprint Assessment" en 2002, en la cual considera el uso, consumo y contaminación del agua dulce, clasificándola en tres categorías directas (Azul, Verde y Gris) y una indirecta conocida como Huella Hídrica Virtual (Hoekstra et al., 2011). La segunda metodología es a través de la norma ISO 14046, que establece requisitos y directrices

estandarizados para el análisis de la huella hídrica. Sin embargo, esta metodología suele ser compleja y costosa de implementar (Guamán & Illares, 2019). Aunque ambas metodologías están relacionadas, la ISO 14046 no involucra la huella hídrica con la gestión directa del agua y depende de la norma ISO 14044 para ser analizada completamente.

2.2.2 Metodología Water Footprint Network (WFN)

La metodología de la Water Footprint Network (WFN), fundada por Arjen Hoekstra en 2002, proporciona un marco integral para el análisis y la gestión sostenible del agua a nivel global. Esta metodología, ampliamente detallada en el Water Footprint Assessment Manual, incluye definiciones y procedimientos para calcular el uso total de agua dulce asociado a productos y procesos, tanto de manera directa como indirecta.

La metodología de la WFN consta de cuatro fases para la evaluación de la huella hídrica. En la primera fase, se establecen los objetivos y el alcance del análisis. La segunda fase consiste en el cálculo detallado de la huella hídrica. La tercera fase implica la evaluación de la sostenibilidad de los resultados obtenidos. Finalmente, en la cuarta fase se formulan respuestas y estrategias para la gestión sostenible del agua (Gobierno de Chile, 2016; Gestión integral, sostenible y participativa del agua en cuenca, 2021).

2.3 Fases de la huella hídrica según WFN

El cálculo de la huella hídrica tiene 4 fases:

2.3.1 Establecimiento de objetivos y alcance.

En la primera fase de la evaluación de la huella hídrica, se busca reconocer los componentes de la huella y priorizar la respuesta, se especifica el interés de la medición de la huella, la cual puede ser para un grupo de consumidores o para un área delimitada. Una vez verificado el alcance, se define el objetivo al cual se dirigirá la evaluación de la huella (Hoekstra et al., 2011).

2.3.2 Cálculo de la huella Hídrica

Este cálculo proporciona datos precisos sobre el volumen de agua utilizado por el hombre en un periodo específico. Según Hoekstra et al. (2011), puede expresarse en volumen de agua por unidad de tiempo. La huella hídrica está representada por la siguiente ecuación:

$$HH\ Total = \Sigma HH\ Directa + \Sigma HH\ Indirecta \quad (3)$$

Donde:

HH Directa: es la huella hídrica directa

HH Indirecta: es la huella hídrica indirecta

2.3.2.1 Huella Hídrica Directa

La Huella Hídrica Directa mide el volumen de agua consumida o contaminada en actividades propias y se clasifica en tres categorías. La Huella Hídrica Azul se refiere al volumen de agua superficial y subterránea consumida (Borja, 2020). La Huella Hídrica Verde abarca el agua de lluvia almacenada en el suelo, utilizada principalmente en la agricultura (Borja, 2020). Finalmente, la Huella Hídrica Gris corresponde al agua necesaria para diluir contaminantes hasta alcanzar estándares de calidad específicos (Borja, 2020; Castillo, 2014). La huella hídrica directa está representada por la siguiente ecuación adaptado de Hoekstra et al. (2011).

$$HHD = HH_{Azul} + HH_{gris} + HH_{Verde} \quad (4)$$

Donde:

HHD: es la Huella Hídrica Directa Total

HHAzul: es la Huella Hídrica Directa Azul

HHGris: es la Huella Hídrica Directa Gris

HHVerde: es la Huella Hídrica Directa Verde

2.3.2.1.1 Huella Hídrica Directa Azul

La Huella Hídrica Azul, dentro de la metodología Water Footprint, representa el volumen de agua extraído de fuentes subterráneas y superficiales, como ríos, lagos y acuíferos, para el aprovechamiento del recurso mediante construcciones como canales de riego, pozos y presas. Esta agua no es devuelta en el mismo estado a la cuenca y puede incluir aspectos como la evaporación, la restitución a otra cuenca o zona de captación, y el agua incorporada en el producto. Si el agua es devuelta en su mismo estado al lugar de extracción en un periodo corto, se considera un impacto positivo en la Huella Hídrica Azul (Borja, 2020).

El análisis de la huella hídrica azul se complementa con el concepto de demanda hídrica, que se refiere a la extracción de agua de una fuente superficial o subterránea. La evaluación de la Huella Hídrica Azul es esencial para comprender cómo el uso directo del agua afecta la disponibilidad del recurso en una región específica y para identificar oportunidades de mejora en la gestión sostenible del agua (Camacho & Arévalo, 2018). Es un indicador de uso consuntivo, en el cual el término consuntivo se refiere al uso del agua en el cual esta no se devuelve al sistema hídrico de donde fue tomada, o lo hace en una cantidad significativamente menor, para lo cual se presentan los siguientes casos:

- El agua se evapora.
- El agua se incorpora al producto.
- El agua que no regrese a la misma área de captación.
- El agua que no regrese en el mismo periodo

La huella hídrica azul cuantifica la cantidad de agua que se encuentra disponible para ser consumida durante un periodo determinado (Hoekstra et al., 2011), se la calcula empleando la fórmula (5), basada en el balance hídrico.

$$HH_{Azul} = Afluente - Efluente \quad (5)$$

Donde

Afluente: suministro de agua a través de la red local de agua potable.

Efluente: se refiere al agua empleada para las labores cotidianas que se realizan en el campus y que es desechada.

2.3.2.1.2 Huella Hídrica Directa Gris

La Huella Hídrica Gris, un componente crítico de la metodología Water Footprint, evalúa cuánta agua dulce es necesaria para diluir contaminantes a niveles aceptables según normativas ambientales. Aunque esta agua no se consume, su calidad se ve impactada significativamente por actividades industriales y de producción, lo que puede afectar su uso futuro. Zárate et al. (2017) destacan que hasta el 80 % de esta agua contaminada puede ser tratada y reutilizada, ofreciendo un potencial considerable para su recuperación y reúso.

El proceso para determinar la Huella Hídrica Gris implica calcular la cantidad de agua que se necesitaría para reducir la concentración de contaminantes hasta los estándares de calidad establecidos (Hoekstra et al., 2011). Este indicador no solo mide el volumen de agua comprometido, sino que también destaca la necesidad de intervenciones para restaurar su calidad. La fórmula empleada es la siguiente:

$$HH_{gris} = \frac{(Vol_{eflu} * C_{eflu}) - (Vol_{aflu} * C_{aflu})}{C_{m\acute{a}x} - C_{nat}} \quad (6)$$

Donde:

Voleflu: es el volumen total de efluente que es descargado al alcantarillado (m³/año)

Ceflu: es la concentración de la sustancia (contaminante) en el cuerpo del efluente (mg/l)

Volaflu: es el volumen total de agua que es consumida (m³/año)

Caflu: es la concentración real del contaminante cuando el agua es utilizada (mg/l)

Cmax: es la concentración máxima aceptable en el cuerpo de agua de descarga (mg/l)

Cnat: es la concentración natural del efluente sin influencia antrópica (mg/l)

2.3.2.1.3 Huella Hídrica Directa Verde

La Huella Hídrica Verde en universidades mide el volumen de agua de lluvia absorbido por la vegetación en los campus sin llegar a los acuíferos, crucial para la gestión sostenible de los espacios verdes. Esta categoría, según Borja (2020), incluye el agua evapotranspirada por plantas y la que se incorpora a la biomasa, esencial para el ciclo de vida de la vegetación nativa y cultivada. Rica & Golcher (2013) subrayan que este tipo de agua se almacena temporalmente en la superficie del suelo, proporcionando un recurso vital que no contribuye directamente a las

reservas subterráneas. Las universidades, al evaluar esta huella, pueden implementar estrategias para optimizar el uso del agua de precipitación, promoviendo prácticas de conservación que minimicen la intervención en el ciclo natural del agua (Gestión Integral, Sostenible y Participativa del Agua en Cuenca, 2021).

La Huella Hídrica Verde está compuesta por los consumos de agua provenientes de las lluvias captadas en la humedad del suelo. Es esencial entender que esta agua verde, generada por la lluvia y temporalmente almacenada en la superficie del suelo, evita su infiltración hacia las aguas subterráneas (Rica & Golcher, 2013).

La precipitación efectiva se calcula de acuerdo al "Método del Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos", en donde se utiliza la siguiente fórmula según al nivel de precipitación que se tenga adaptado de Hoekstra et al. (2011).

$$P_{eff} = (P(125 - 0,2 * P))/125 \quad SI \ P \leq 250 \ mm \quad (7)$$

$$P_{eff} = 125 + 0,1P \quad SI \ P > 250 \ mm \quad (8)$$

Donde:

P_{eff} : es la precipitación efectiva en mm

P : es la precipitación en mm (según la estación meteorológica)

El valor obtenido con el cálculo se multiplica por el total del área verde, resultando en la huella hídrica verde se representa en la siguiente ecuación adaptado de Hoekstra et al. (2011).

$$HH_{Verde} = Precipitación\ efectiva \times Superficie\ de\ vegetación \quad (9)$$

Donde:

Precipitación efectiva: es el volumen de agua lluvia retenida en el suelo (m^3 / ha).

Superficie de vegetación: es el área de los espacios verdes (ha).

2.3.2.1.4 Huella hídrica Indirecta

La huella hídrica indirecta, también conocida como huella hídrica virtual, abarca el agua utilizada a lo largo de toda la cadena de producción de bienes y servicios. Esta medida es fundamental

para evaluar la dependencia de recursos hídricos externos (Rendon, 2015). A diferencia de la Huella Hídrica Directa, que se refiere al agua utilizada directamente en actividades como el consumo doméstico o la irrigación, la Huella Hídrica Indirecta representa el agua consumida, aunque no es visible para los consumidores en su uso cotidiano. Para su cálculo, se estima el impacto ambiental derivado del consumo eléctrico general, así como del uso de papel de oficina e impresión dentro de una organización específica (PFCE, 2016). En resumen, la Huella Hídrica Indirecta refleja el consumo indirecto del recurso hídrico que se realiza al consumir un bien o servicio (Gamboa et al., 2020). La huella indirecta se representa en la siguiente ecuación adaptado de Hoekstra et al. (2011).

$$HHIndirecta = WF_{Electricidad} + WF_{Papel} \quad (10)$$

Donde

HHI: es la Huella Hídrica Indirecta

$WF_{Electricidad}$: es la huella Indirecta por consumo de electricidad ($m^3/año$)

WF_{Papel} : es la huella indirecta por consumo de papel ($m^3/año$)

2.3.2.2.1 Huella hídrica indirecta asociada al consumo eléctrico

Para calcular la huella asociada al consumo de energía eléctrica, es esencial identificar tanto el tipo como la fuente de energía utilizada. Esto implica conocer de qué fuente específica proviene la energía, ya sea eólica, hidráulica, fotovoltaica, biogás o térmica. Además, se requiere conocer el porcentaje de cada fuente de energía si se utilizan múltiples fuentes. También es importante conocer la cantidad total de consumo eléctrico del campus durante el año de análisis, expresado en kilovatios-hora (kWh). Finalmente, se necesita el factor de conversión correspondiente al tipo de energía utilizada, el cual varía según la fuente directa de energía empleada. Estos datos se pueden encontrar en la base de datos de la WFN. Se utiliza la siguiente formula adaptada de Hoekstra et al. (2011).

$$WF_{Electricidad} = Consumo\ de\ electricidad\ \left(\frac{kw}{h}\right) * Factor\ de\ Conversión \quad (11)$$

Donde:

$WF_{Electricidad}$: es la huella producida por el consumo de electricidad ($m^3/año$)

Consumo de electricidad: es el consumo eléctrico durante el periodo de estudio (kw/h)

Factor de conversión: es el factor que se obtiene de la base de datos (especificar base de datos).

2.3.2.2 Huella hídrica indirecta asociada al consumo de papel

La huella hídrica asociada al consumo de papel representa la cantidad total de papel utilizado durante el período de análisis. Dicha cantidad se expresa en unidades de peso y se multiplica por el factor de huella correspondiente al tipo específico de papel, según lo definido por la metodología. Para calcular esto, se utiliza la siguiente ecuación adaptado de Hoekstra et al. (2011).

$$WF_{Papel} = Consumo\ de\ papel * Factor\ de\ Conversión \quad (12)$$

Donde:

WF_{Papel} : es la huella producida por el consumo de papel (m³/año)

Consumo de papel: es el consumo de papel (kg o t /año)

Factor de conversión: es el factor obtenido a base de datos (base de datos o tabla)

2.3.3 Evaluación de sostenibilidad

La sostenibilidad se refiere a un equilibrio en la gestión del planeta en tres ámbitos: ambiental, social y económico. La sostenibilidad implica que ningún recurso renovable debe utilizarse a un ritmo superior al de su regeneración, ningún contaminante debe producirse a un ritmo superior al que pueda ser reciclado, neutralizado o absorbido por el medio ambiente, y ningún recurso no renovable debe ser explotado más rápido de lo necesario para su sustitución por uno renovable usado de manera sostenible (Mura & Reyes, 2015).

La sostenibilidad de la huella hídrica se logra al mantener un equilibrio en tres áreas clave, asegurando que los valores calculados estén dentro de los límites soportados por los recursos hídricos locales:

- **Ámbito Económico:** Se centra en una economía sostenible que promueva el desarrollo humano y social a largo plazo, sin agotar los recursos naturales. Implica gestionar el agua de manera eficiente, donde "los beneficios superen el costo de oportunidad para evitar una huella hídrica insostenible" (Fernández & Gutiérrez, 2013).

- **Ámbito Ambiental:** Enfatiza la protección del medio ambiente y la preservación de la calidad y cantidad del agua, cumpliendo con las normativas locales para satisfacer las necesidades presentes y futuras de la población (Fernández & Gutiérrez, 2013).
- **Ámbito Social:** Promueve una sociedad ética y responsable, fomentando la equidad en el acceso al agua y considerando los impactos sociales y económicos del consumo y la contaminación (Fernández & Gutiérrez, 2013).

El análisis de sostenibilidad se basa en el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica, que establece estándares para mantener la calidad del agua dentro de los límites legales y ambientales.

2.3.4 Formulación de estrategias

En esta fase, se diseñan diversas propuestas y estrategias para reducir el consumo de agua identificado durante el cálculo de la huella hídrica. Estas estrategias buscan promover la minimización y el uso sostenible del agua, alineándose con el objetivo de reducir el impacto hídrico. Además, se fomentan prácticas innovadoras y eficientes en el manejo del agua, implementando tecnologías avanzadas y cambios en las prácticas operativas y comportamentales para asegurar un uso más responsable y sustentable del recurso hídrico.

2.4 Consumo de agua

Según Hoekstra (2011), el consumo de agua se refiere al volumen de agua dulce utilizado que luego se evapora o se integra a un producto (Castillo, 2016). En Cuenca, los planes maestros proyectan un déficit de agua de 350 litros por segundo para 2030, con un 55 % de la zona de recarga hídrica bajo conservación (Gestión Integral, Sostenible y Participativa del Agua en Cuenca, 2021). A pesar de tener altos índices de servicios de agua y saneamiento, el consumo promedio en Cuenca es de aproximadamente 250 litros diarios, significativamente mayor que el máximo de 100 litros por día recomendado por la OMS. Este exceso se atribuye a una baja eficiencia en el uso del recurso y a una falta de conciencia sobre el uso responsable del agua. Además, actividades como la minería y la contaminación por plásticos amenazan la calidad del agua (ETAPA EP, 2023).

2.5 Calidad del agua

La calidad del agua se puede entender desde dos perspectivas: funcional y ambiental. Desde el punto de vista funcional, se refiere a la capacidad intrínseca del agua para satisfacer usos específicos. Ambientalmente, se define por las condiciones necesarias para mantener un ecosistema acuático equilibrado. La evaluación continua de la calidad del agua es esencial para identificar riesgos sanitarios y garantizar acciones de control y mitigación, asegurando un suministro de agua seguro y sostenible (Torres et al., s.f.). Según datos del INEC un 79.3 % de agua de consumo humano, en el Ecuador no se encuentra contaminada y un 20.7 % sí. En el área urbana el 86.4 % no está contaminada y del 15.4 % de agua contaminada, el 28.6 % está embotellada o envasada (Diario El Universo, 2017).

2.6 Contaminación del agua

La contaminación del agua se produce cuando hay cambios químicos, físicos o biológicos que afectan su calidad, perjudicando a quienes la consumen (Guadarrama et al., 2016). Esta puede causar problemas de salud y hacer que el agua sea inadecuada para ciertos usos, como bañarse. A nivel mundial, la contaminación del agua es un tema preocupante, ya que está relacionada con ciertas enfermedades causadas por el agua consumida.

En Ecuador, se ha incrementado la ganancia de capital a costa del deterioro de los recursos naturales, lo cual perjudica al medio ambiente, es así que, el 85 % del agua utilizada en el país se emplea en riego en los procesos agrícolas. Otra fuente de contaminación, es por el agua superficial proveniente de fuentes domésticas que ocurre en las zonas altamente pobladas (Guanokuiza & Antúnez, 2019). También la contaminación hídrica afecta la salud, el medio ambiente y el desarrollo económico. Se necesita un sistema de información para monitorear la calidad del agua y gestionar eficientemente los recursos hídricos (Rosero, 2014).

2.7 Escasez de agua

La escasez del agua es una de las principales problemáticas del siglo XXI, con la creciente población mundial demandando un suministro que satisfaga las necesidades de consumo humano, agrícola e industrial. Aproximadamente una sexta parte de la población global carece de acceso garantizado al agua potable, y muchos carecen de servicios básicos de saneamiento (Arango, 2013). La demanda de agua aumenta mientras se explotan desmedidamente las fuentes, hay contaminación y mal uso debido a sistemas de distribución ineficientes. La escasez

de agua afecta a la mayoría de la población debido a una distribución desigual y a la falta de recursos para la infraestructura, especialmente en comunidades remotas. Este escenario impacta en la producción y la economía, aumentando los precios de alimentos, energía, bienes manufacturados y servicios públicos. La agricultura, la generación de energía, la fabricación de bienes y la provisión de servicios dependen en gran medida del agua, y su escasez conlleva una menor oferta y mayores costos de producción, trasladados a los consumidores a través de precios más elevados (Magallanes, 2022).

De acuerdo con la investigación realizada por GlobeScan, el 58 % de la población a nivel mundial consideran que la escasez de agua dulce es un problema muy grave, siendo los latinoamericanos quienes más se preocupan por el acceso al agua (WWF Ecuador, 2023).

CAPÍTULO III

3. Metodología

3.1 Área de Estudio

El presente estudio se realizó en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca, situado en la parroquia de San Joaquín, con una extensión de 13.3 hectáreas situadas en el límite urbano oeste de la ciudad de Cuenca, provincial del Azuay, con coordenadas X: 717953 y Y: 9680185 (Figura 5). Este campus alberga las Facultades de Ciencias Químicas e Ingeniería, así como diversas unidades de investigación.

En 2023, la población del campus estaba compuesta por docentes, personal administrativo y estudiantes, sumando un total de 3 398 personas. La Facultad de Ciencias Químicas contaba con 1 440 personas, de las cuales 1 326 eran estudiantes según la matrícula registrada para dicho año, mientras que la Facultad de Ingeniería tenía 1 958 personas de las carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería en Telecomunicaciones e Ingeniería en Computación que ocupan el Campus Balzay, de las cuales 1 849 eran estudiantes y el resto docentes y personal administrativo de la facultad. No se incluyó la carrera de Ingeniería Civil debido a que sus alumnos realizan sus actividades en el campus Central y no disponen de aulas ni laboratorios en el campus Balzay, a diferencia de las otras ingenierías.

En la figura 6, para una mejor orientación se observa cómo está distribuido el campus Balzay: los Aularios I y II, edificio administrativo, laboratorios, casa de hacienda - Quinta Balzay, parqueaderos, tres edificios donde funcionan los departamentos de Investigación y el Laboratorio de Energía Renovable (Microred), entre otras dependencias que funcionan en el campus.

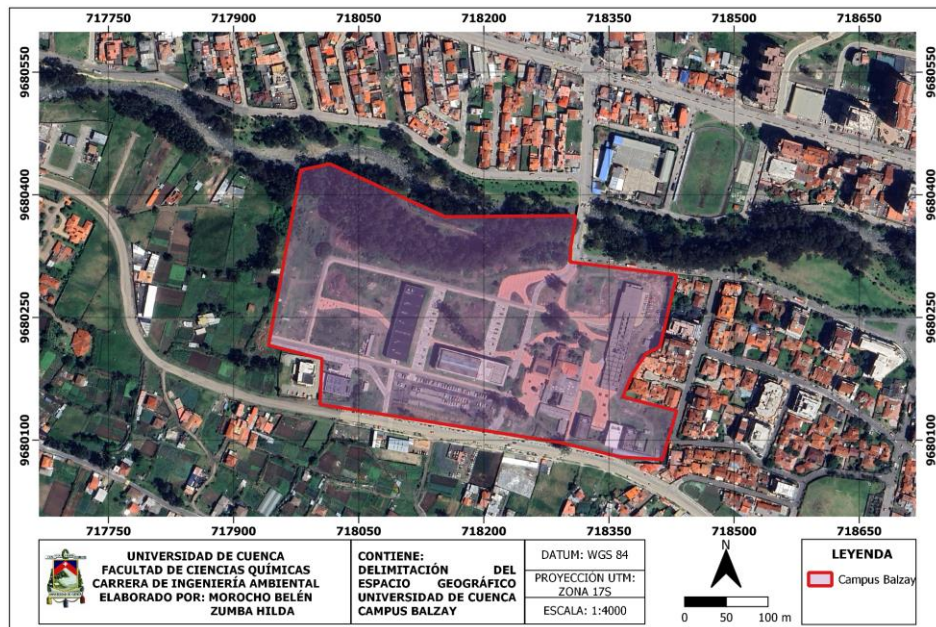


Figura 5. Mapa de Ubicación del área de estudio, Campus Balzay de la Universidad de Cuenca. **Fuente:** Adaptado de Google Maps.

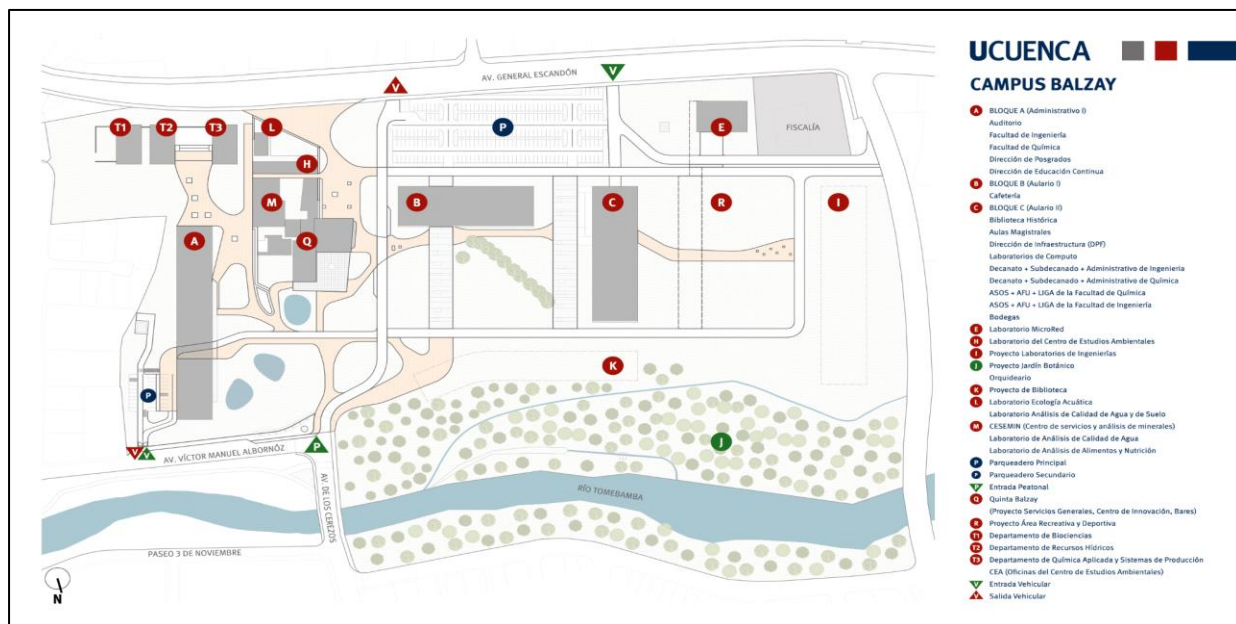


Figura 6. Bloques del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca. **Fuente:** Tomado de UCuenca, 2022.

3.2. Fuentes de recopilación de información

Para la recopilación de la información, se realizaron solicitudes a los decanatos de las facultades que funcionan en el campus Balzay, es decir, Decanato de la Facultad de Ciencias Químicas y

Decanato de la Facultad de Ingeniería. También se enviaron solicitudes a las siguientes direcciones: Dirección de Planificación y Gestión Estratégica de la Universidad de Cuenca, Dirección del Departamento de Recursos Hídricos de la Universidad de Cuenca, Dirección de Planificación Física de la Universidad de Cuenca y Dirección Administrativa Financiera. Adicionalmente, se procedió a realizar una encuesta mediante la cual se obtuvieron datos necesarios para el cálculo de la huella de carbono y la huella hídrica.

En la Tabla 3 se muestra la información solicitada a los distintos departamentos de acuerdo las fuentes de emisiones de GEI que se identificaron en el campus. Estas fuentes incluyen el consumo de combustible, consumo de energía eléctrica, consumo de papel, producción de residuos, movilización de los miembros de la comunidad universitaria, esto último a través de una encuesta realizada.

Información recopilada en campo

Se conversó con el personal de limpieza, con el personal administrativo, docentes, estudiantes, personal de seguridad, personal de áreas verdes. Además, se conoció el funcionamiento de las instalaciones, lo cual es muy importante para el planteamiento de las estrategias de reducción de huella de carbono.

3.3 Cálculo de la huella de carbono

El cálculo de las emisiones de GEI del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca se realizó con los lineamientos de la Norma ISO 14064-1:2018 para el Desarrollo de Inventarios de GEI. Se utilizaron documentos complementarios como los Factores de Emisión del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y del Departamento de Medio Ambiente, Alimentación y Asuntos Rurales (DEFRA por sus siglas en inglés) del Gobierno del Reino Unido.

Para este estudio el año base seleccionado fue el 2023. Primero, se identificaron las fuentes emisoras de GEI y se recopiló información dentro del campus. En segundo lugar, se realizó el cálculo matemático de la huella de carbono para ello se utilizó los datos de actividad recopilados y los factores de emisión seleccionados y finalmente, se plantearon las estrategias de reducción.

Tabla 3. Información solicitada a los departamentos de la Universidad de Cuenca.

Departamento responsable	Dependencia	Información solicitada	
		Información	Información pertinente
Dirección administrativa Financiera		Consumo de combustible	Consumo de combustible GLP u algún otro combustible (Campus Balzay)
		Flota vehicular propia	Consumo de combustible (Campus Balzay)
		Registro de vuelos	Registro de vuelos de los colaboradores del Campus Balzay
		Hospedaje	Registro de vuelos de los colaboradores del Campus Balzay
Dirección de planificación y Gestión estratégica de la Universidad de Cuenca	Unidad de Gestión Ambiental	Mensajería	Registro de kilometraje
		Manifiesto de Desechos	Registro de desechos comunes y desechos biopeligrosos
		Consumo de agua potable	Factura de consumo de agua potable (Campus Balzay)
		Consumo de papel	Registro de consumo de papel de los colaboradores
Decanato de la Facultad de Ciencias Químicas/Decanato de la Facultad de Ingeniería	Secretaría	Consumo de electricidad	Factura de consumo de electricidad (Campus Balzay)
		Consumo de papel de los estudiantes y colaboradores	Encuesta realizada a una muestra representativa
		Movilización de colaboradores	
Departamento de Recursos Hídricos de la Universidad de Cuenca		Precipitaciones estación meteorológica Campus Balzay	Precipitaciones mensuales del año 2023

3.3.1 Límites de inventario de GEI

3.3.3.1.1 Limite de la organización

En esta investigación se realizó el cálculo de la HC desde el enfoque de control, considerando el criterio operacional y el criterio financiero. Dentro del control operacional se toma en cuenta la totalidad de las emisiones sobre las cuales la organización mantiene control y registro. La cuantificación se desarrolló en el campus Balzay de la Universidad de Cuenca. En el criterio financiero se obtuvieron datos de consumo a través de facturas de pago de servicios como el agua potable, energía eléctrica, y compra de combustibles, así también la cantidad de desechos generados.

3.3.3.1.2 Limite de informe

Se definieron de acuerdo a las categorías especificadas en la Norma ISO 14061-1:2018 en el punto **2.1.5.3 Inventario de categorías de GEI**. Se consideraron hasta la categoría 4 para ello se tomaron en cuenta hasta la categoría 4, que abarca las emisiones indirectas de GEI causadas por productos utilizados por la organización dado que la categoría 5, la cual se refiere a las emisiones indirectas de GEI asociadas con el uso de los productos de la organización y categoría 6, que engloba emisiones indirectas de GEI provenientes de otras fuentes no aplica. Esto principalmente porque no se posee información completa y detallada de quienes proveen los productos o insumos y cuál es el impacto que podría generar, es importante tener en cuenta que el campus Balzay solo está enfocado en la prestación de servicios.

3.3.4 Identificación de Fuentes de emisión

La institución debe identificar las fuentes directas e indirectas de emisiones de GEI, dentro de sus límites organizacionales. Para ello se tomó en cuenta los alcances para el cálculo de la Huella de Carbono, los cuales se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Definición de alcances según ISO 14064-1.

Definiciones según ISO 14064 y requisitos		
Alcance I: Emisiones y remociones directas de GEI	Emisiones de GEI provenientes de fuentes que pertenecen o son controladas por la organización.	Requisito: Considerar 100% de emisiones de GEI.
Alcance II: Emisiones indirectas de GEI por energía	Emisiones de GEI que provienen de la generación de electricidad, calor de vapor de origen externo consumidos por la organización.	Requisito: Considerar 100% de emisiones de GEI.
Alcance III: Emisiones indirectas de GEI por energía	Emisiones de GEI diferentes de la emisión indirecta de GEI por energía, que es consecuencia de las actividades de la organización, pero que se originan en fuentes de GEI que pertenecen o son controladas por otras organizaciones.	Seleccionar las fuentes de emisiones de GEI que se deben incluir en el inventario.

Fuente: Adaptado de *Cálculo de la Huella de Carbono en la Universidad de la Salle- Sede Norte para la formulación de propuestas de prevención y mitigación de gases de efecto invernadero* por Chavarro & Cabezas (2020), con información de la Guía para el Diseño de Programas Obligatorios de Presentación de Información de Gases de Efecto Invernadero, World Resources Institute (WRI, 2015).

3.3.5 Fuentes de emisión

Categoría 1: Emisiones directas de GEI

Las fuentes directas de emisiones de GEI identificadas son las provenientes de la flota vehicular propia del Campus: vehículos livianos a gasolina y vehículos pesados a diésel, para ello se obtuvo el consumo de combustible (Tabla 5).

Tabla 5. *Categoría 1: emisiones directas de GEI del campus Balzay periodo enero-diciembre 2023.*

Categoría 1: Emisiones directas de GEI	
Emisiones directas provenientes de la combustión móvil	
Equipos móviles-vehículos	Flota vehicular liviana a gasolina
	Flota vehicular pesada a diésel
Mensajería	Motocicletas

Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI por energía importada

Se identificó las emisiones de GEI generadas por la producción de energía eléctrica (Tabla 6).

Tabla 6. *Emisiones indirectas de GEI por Energía Importada.*

Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI producidas por Energía importada	
Energía Eléctrica	
Bombillas	Equipos que generan consumo de energía eléctrica
Proyectores	
Computadoras	
Equipos de laboratorio	

Se revisó la documentación proporcionada por la Dirección de Planificación y Gestión Estratégica, en la cual se obtuvo las facturas del consumo eléctrico del año 2023 pertenecientes al campus Balzay.

Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI por transporte

En esta categoría se identificaron las emisiones, la movilización de los estudiantes y colaboradores, y la estadía cuando los colaboradores realizaron viajes de participación en eventos, investigación con fines educativos (Tabla 7).

Tabla 7. *Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI por transporte en el periodo enero-diciembre 2023 del Campus Balzay.*

Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI por transporte	
Emisiones originadas de la movilización terrestre de estudiantes y colaboradores	Colaboradores y estudiantes (casa- campus- casa)
Viajes aéreos del personal	Vuelos realizados por los colaboradores
Hospedaje del personal	Hospedaje del personal nacional e internacional

En cuanto al desplazamiento aéreo de docentes e investigadores, se tuvo en cuenta los viajes nacionales e internacionales, dichos viajes estaban vinculados solamente al desempeño de actividades académicas, según datos proporcionados por la Dirección Administrativa Financiera, al igual que la información del hospedaje. Dentro de la información brindada se encontraba el punto de inicio y el destino de cada viaje, el número de viajes, lo cual permitió calcular la distancia recorrida, obteniendo una distancia en kilómetros, y con esto el recorrido total durante el año 2023 (Tabla 8).

Tabla 8. *Vuelos realizados por docentes e investigadores del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca para el periodo enero – diciembre 2023.*

Mes	Número de vuelos	Distancia total recorrida (Km)
Enero	1	624.59
Febrero	3	19 138.05
Marzo	5	14 795.71
Abril	0	0.00
Mayo	3	12 304.27
Junio	2	3 023.89
Julio	2	1 249.18
Agosto	10	44 437.87
Septiembre	11	24 221.53
Octubre	6	19 767.37
Noviembre	11	9 668.38
Diciembre	0	0.00
Total	54	149 230.85

Tabla 9. *Número de viajes aéreos de acuerdo al tipo de vuelo realizado.*

Recorrido de los viajes aéreos	Número de viajes
VUELOS CORTOS <1600 km	34
VUELOS MEDIO (1600-3700) km	5
VUELOS LARGOS (>3700) km	15

En la Tabla 8, se obtuvo el total de kilómetros recorridos durante el año 2023, el cual es de 149 230.85, con un total de 54 vuelos realizados, registrándose los meses con mayores vuelos: septiembre y noviembre, sin embargo, el mes con mayor recorrido es el de agosto con 44 437.87 km con 10 vuelos realizados. Mientras que, en la Tabla 9, se contabilizó que el mayor número de vuelos de acuerdo con el recorrido son los vuelos de recorrido corto (<1600 km).

Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI por productos usados por la organización

En esta categoría, se identificaron las emisiones provenientes del consumo de papel en las oficinas administrativas, así como el uso de papel por parte de los colaboradores y estudiantes. Además, se consideró la generación de desechos sólidos comunes y biopeligrosos (Tabla 10).

Tabla 10. *Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI por productos usados por la organización en el periodo enero-diciembre 2023 del Campus Balzay.*

Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI por productos usados por la organización	
Emisiones originadas de los desechos sólidos	Desechos comunes y biopeligrosos
Emisiones originadas del consumo de papel	Consumo de papel de estudiantes, docentes y personal administrativo

Datos de exclusión

La norma permite excluir de forma justificada las fuentes de emisión, dicha exclusión puede darse ya sea por incapacidad técnica o a que la información no está clara o completa. Por esta razón, no se tomaron en cuenta las emisiones fugitivas, como la recarga de extintores, dado que son del tipo QPS, lo cual indica que tiene un mínimo contenido de gases GEI. Además, se debe tener en cuenta que el área del laboratorio de Microred produce energía que coadyuba al consumo que

se genera en el laboratorio, y este es alto porque alimenta al Data Center el cual es propio de la universidad.

3.3.6 Inventario de GEI del año base

3.3.6.1 Línea base

El periodo base seleccionado para el estudio es enero - diciembre 2023, se recolectaron los datos más recientes y confiables. Por lo que, en los primeros meses del año 2024, a través de una encuesta realizada en línea a una muestra representativa de la población, se obtuvieron datos necesarios para la cuantificación de la huella de carbono.

3.3.7 Procedimiento para el cálculo de las emisiones y remociones de GEI

Primero se seleccionó el método de cálculo de emisiones de GEI, después se recopiló los datos de actividad, los datos de potencial de calentamiento global y elección de los factores de emisión y, por último, la aplicación de herramientas de cálculo.

3.3.7.1 Cálculo de emisiones de GEI

3.3.7.1.1 Selección de datos

3.3.7.1.1 Selección de potenciales de calentamiento global (PCG)

Los potenciales de calentamiento global fueron seleccionados en base a la bibliografía disponible, se tomó los valores del documento “Sixth Assessment Report” del IPCC (AR6 2021) para un periodo de 100 años (Tabla 11).

Tabla 11. *Potenciales de Calentamiento global (PCG) para un periodo de tiempo de 100 años.*

Potenciales de Calentamiento Global (PCG)		
Nombre común	Fórmula	PCG
Dióxido de Carbono	CO ₂	1
Metano (Fósil-combustión)	CH ₄	27
Óxido Nitroso	N ₂ O	273

Fuente: Adaptado de “Sixth Assessment Report” del IPCC (2021)

3.3.7.1.2 Datos de actividad

Se obtuvieron datos de actividad de las diferentes categorías como se detalla en la Tabla 3. En las encuestas se tuvo en cuenta el transporte y uso de papel, de manera que permita conocer la cantidad de GEI emitida por el uso de papel y el uso de transporte de los colaboradores y estudiantes del Campus Balzay como se muestra en la tabla 12. Para la movilización de los estudiantes y colaboradores mediante el uso de motocicleta, se realizó observación de campo durante tres días mediante la cual se logró obtener el número de motos y a través de preguntas acerca de la distancia entre el campus y el domicilio se obtuvo el km de recorrido que realizan en el día.

Tabla 12. Datos de actividad según las fuentes de emisión del campus Balzay periodo enero-diciembre 2023.

Inventario	Fuentes y unidad de emisión	Dato de actividad	Unidad
Categoría 1: Emisiones directas de GEI			
Vehículos a gasolina ligeros	Gasolina	622.43	Galones
Vehículos diésel ligeros	Diésel	255	Galones
Mensajería (Motocicleta)	Gasolina	3 376	km
Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI producidas por Energía importada			
Energía importada	Electricidad	499.387	MWh
Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI por transporte			
Movilización Bus urbano	Diésel	4524	km
Movilización Vehículo liviano	Gasolina	1 057.4	km
Movilización en motocicleta	Gasolina	98 256	km
Viajes aéreos de los colaboradores		24 377.80	km
	Vuelos cortos <1600 km	13 175.78	km
	Vuelos medios (1600-3700 km)		
	Vuelos largos (>3700 km)	111 677.28	km

Hospedaje de los colaboradores	Nacional	165	noches
	Internacional	63	noches
Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI por productos usados por la organización			
Papel	Consumo de papel en oficinas administrativas, profesores y estudiantes	9 240	kg
Residuos	Residuos sólidos comunes	135.19	t
	Residuos biopeligrosos	2.8	kg

Los datos de actividad de consumo de papel y movilidad de los colaboradores de la Universidad se obtuvieron a través de la aplicación de una encuesta a una muestra representativa de la población. Se realizó un muestreo aleatorio simple para una población finita con la ecuación adaptada de Guía básica de Muestreo Aleatorio Simple por Velázquez (2023):

:

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (12)$$

Donde

N= es el Tamaño de la población

Z= Nivel de confianza

p= Probabilidad de éxito

q= Probabilidad de fracaso

e= Error máximo admisible

3.3.7.1.3 Elección de los factores de emisión

Los factores de emisión determinados para la cuantificación de las emisiones de GEI derivados de las actividades que se realizan en el Campus Balzay fueron tomados de diferentes organismos como DEFRA de la versión del año 2023 para la mayoría de fuentes de emisión, para movilidad terrestre se tomó de la IPCC, mientras que, para la energía eléctrica se tomó del Operador

Nacional de Electricidad (CENACE), para el hospedaje de la herramienta online Hotel Footprinting Tool y para los desechos biopeligrosos se tomó en base a bibliografía de la Universidad Santiago de Compostela. En la tabla 13 se muestra cada factor de emisión empleado con su respectiva unidad y fuente.

Tabla 13. *Factores de emisión según las fuentes de emisión.*

Categoría de emisión	Inventario	Tipo de combustible	FE CO ₂	FE CH ₄	FE N ₂ O	CO ₂ eq	Unidad	Fuente
Categoría 1	Vehículos a gasolina ligeros	Gasolina	69 300	33	3.2	-	kg CO ₂ /TJ	IPCC, 2006
	Vehículos diésel ligeros	Diésel	74 100	9.5	3.9	-	kg CO ₂ /TJ	IPCC, 2006
	Motocicleta	Gasolina	0.09826	0.0023	0.0005	0.10108	kg CO ₂ eq/km	DEFRA, 2023
Categoría 2	Energía importada	Electricidad del Sistema Nacional Interconectado de Ecuador Continental	-	-	-	0.092	t CO ₂ eq/ MWh	CENACE, 2022
Categoría 3	Motocicleta	Gasolina	0.0983	0.0023	0.0005	0.10108	kg CO ₂ eq/km	DEFRA, 2023
	Bus urbano	Diésel	74 100	3.9	3.9	-	kg CO ₂ /TJ	IPCC, 2006
	Vehículo propio	Gasolina	69 300	3.8	5.7		kg CO ₂ /TJ	IPCC, 2006
	Viajes del personal	Vuelos cortos <1600 km	0.27101	0.0002	0.0013	0.2726	kg CO ₂ eq/pasajero km	DEFRA, 2023
		Vuelos medios (1600-3700 km)	0.18196	0.00001	0.00090	0.1829	kg CO ₂ eq/pasajero km	DEFRA, 2023
		Vuelos largos (>3700 km)	0.13397	0.00001	0.00067	0.13464	kg CO ₂ eq/pasajero km	DEFRA, 2023

Categoría 4	Hospedaje internacional	Colombia	14.7	kg CO ₂ eq/ habitación por noche	DEFRA, 2023
		Estados Unidos	16.1	kg CO ₂ eq/ habitación por noche	DEFRA 2023
		Argentina	27	kg CO ₂ eq/ habitación por noche	Hotel Footprinting Tool
		Bélgica	12.2	kg CO ₂ eq/ habitación por noche	DEFRA, 2023
		México	19.3	kg CO ₂ eq/ habitación por noche	DEFRA, 2023
		Costa Rica		kg CO ₂ eq/ habitación por noche	DEFRA, 2023
	Hospedaje nacional	Ecuador	14.4	kg CO ₂ eq/habitación por noche	Hotel Footprinting Tool
	Papel	Consumo de papel en oficinas administrativas			
		Consumo de papel de profesores y estudiantes	0.91048	kg CO ₂ eq/ kg	DEFRA, 2023
	Residuos	Residuos sólidos comunes al vertedero	497.045	kg CO ₂ eq/toneladas	DEFRA, 2023
		Residuos biopeligrosos	0.0262	kg CO ₂ eq/kg	Universidad Santiago de Compostela

3.4 Análisis de los datos

Dentro del análisis de datos se encuentra la estimación de la incertidumbre para ello se tomó en cuenta el dato de actividad y el factor de emisión de cada fuente. En este caso, se realizó la matriz Pedigree con un intervalo de confianza del 95 % basado en el GHG Protocol, se utilizó puntuaciones Pedigree que permiten determinar el factor de incertidumbre y luego mediante ese factor calcular la incertidumbre geométrica.

Primero, a cada categoría de dato de actividad y factor de emisión se le asignaron puntuaciones basadas en la confiabilidad, representatividad temporal, representatividad geográfica, congruencia tecnológica y completitud. Las categorías, según la puntuación obtenida, varían desde “Muy buena” hasta “Pobre” con valores numéricos que van del 1 al 2, tal como se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14. Matriz de Pedigree sugerida para determinar los factores de escala de la incertidumbre a partir de los índices de calidad de los datos.

Puntuación del indicador	Muy buena	Buena	Regular	Pobre
Precisión	1	1.10	1.20	1.50
Completitud	1	1.05	1.10	1.20
Representatividad temporal	1	1.10	1.20	1.50
Representatividad geográfica	1	1.02	1.05	1.10
Representatividad tecnológica	1	1.20	1.50	2

Fuente: Adaptado de Incertidumbre cuantitativa del inventario por Greenhouse Gas Protocol (s.f.).

Se evaluó la incertidumbre de todas las fuentes de emisión y en la tabla 15 se detallan los criterios de calificación para el dato de actividad y factores de emisión. Dichos criterios dependen de la precisión, la completitud o integridad, la representatividad temporal, geográfica y tecnológica de los datos de análisis.

Tabla 15. Sistema de calificación según su Matriz Pedigree.

Calificación	Calidad de los datos
Muy buena	Los datos están verificados por terceros independientes y tiene documentación detallada y completa, son específicos, son recientes (menos de 3 años), cubren todas las fuentes de emisión y se basan en mediciones directas y precisas.
Buena	Los datos están verificados por terceros y tiene una buena documentación y completa, son específicos, aunque no tan detallados como en el indicador “Muy buena”, son recientes (menos de 6 años), cubren la mayoría de las fuentes de emisión y se basan en mediciones o estimaciones fiables.
Regular	Los datos no están verificados por terceros, pero son consistentes y razonablemente completos, son específicos, pero pueden tener algunas generalizaciones, no son muy recientes menos de 10 años, pero son relevantes, cubren la mayoría de fuentes, aunque puede haber algunas lagunas, tienen un nivel moderado de incertidumbre.
Pobre	Los datos no están verificados por terceros y pueden tener inconsistencias significativas, son datos genéricos y no reflejan condiciones locales, son antiguos más de 10 años y no se actualizan regularmente, omite varias fuentes relevantes de emisiones, tienen un alto grado de incertidumbre y pueden basarse en estimaciones aproximadas.

Fuente: Adaptado de GHG Protocol (2011).

Según GHG Protocol, la incertidumbre total expresada como un intervalo de confianza del 95 %, cuadrado de la desviación geométrica típica (SDg95 por sus siglas en inglés) se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$SD_{g95} = \sigma_g^2 = \exp^{\sqrt{[\ln(U_1)]^2 + [\ln(U_2)]^2 + [\ln(U_3)]^2 + [\ln(U_4)]^2 + [\ln(U_5)]^2 + [\ln(U_b)]^2}} \quad (13)$$

Donde

U_1 = Factor de incertidumbre de precisión

U_2 = Factor de incertidumbre de completitud

U_3 = Factor de incertidumbre de representatividad temporal

U_4 = Factor de incertidumbre de representatividad geográfico

U_5 = Factor de incertidumbre de representatividad tecnológica

U_b = Factor básico de incertidumbre

La incertidumbre total (SDg 95) se puede interpretar de la siguiente forma:

Tabla 16. Interpretación de la escala de incertidumbre total (SDg 95).

Rango de SGg95	Interpretación	Interpretación de la escala
1-1.20	Muy baja incertidumbre	Los datos son muy precisos y confiables, métodos de recopilación claros y consistentes
1.21-1.40	Baja incertidumbre	Los datos son precisos y puede haber ligeras variaciones en los registro o métodos de recopilación
1.41-1.60	Moderada incertidumbre	Los datos son razonablemente preciso, pero hay ciertas inconsistencias o lo métodos se pueden mejorar
1.61-1.80	Alta incertidumbre	Hay problemas significativos con la precisión de los datos
1.81-2	Muy alta incertidumbre	Los datos son poco fiables con muchas inconsistencias
>2	Extremadamente alta incertidumbre	Los datos son muy poco fiables, lo que sugiere que los datos no pueden ser útiles sin mejoras significativas en la recopilación y documentación

Fuente: Adaptado de GHG Protocol (2011).

3.5 Ecuaciones empleadas en el cálculo de la huella de carbono

En base a los datos de actividad multiplicados por los factores de emisión según la norma empleada se obtienen las emisiones generadas por cada fuente. Se utilizó el potencial de calentamiento global para obtener el resultado en CO₂ eq, esto permite obtener una Huella estandarizada.

Se procedió a la elaboración de matrices en Excel, mediante las hojas de cálculo se obtuvo la Huella de Carbono para el periodo enero-diciembre 2023 del campus Balzay. Para ello se emplearon las ecuaciones mostradas en la tabla 17, de acuerdo a la categoría y fuente de emisión identificada.

Se debe tener en cuenta que si el factor de emisión tiene la unidad $\text{kg CO}_2 \text{ eq}$ no es necesario realizar la multiplicación por el potencial de calentamiento Global (PCG). Además, para transformar de $\text{kg CO}_2 \text{ eq}$ a $\text{t CO}_2 \text{ eq}$ se dividió para 1000.

La cuantificación de las remociones, tienen relevancia cuando la organización tiene un componente agroforestal o posee una extensión significativa de tierras, por lo que en este caso no se cuantifico (Chavarro y Cabezas, 2020).

Tabla 17. Ecuaciones empleadas en el cálculo de las emisiones de GEI.

Fuente de emisión	Cálculos	Parámetros
Consumo de combustible	<p>Multiplicación de la cantidad de consumo total de combustible por el factor de emisión del tipo de combustible puede ser gasolina o diésel.</p> <p>Ecuación 13: Consumo de combustible</p> $Emisión\ CO_2\ eq = (Consumo\ (gal)) * FE\ combustible \left(\frac{kg\ CO_2}{TJ} \right) * PCG\ CO_2 + (Consumo\ (gal)) * FE\ combustible \left(\frac{kg\ CH_4}{TJ} \right) * PCG\ CH_4 + (Consumo\ (gal)) * FE\ combustible \left(\frac{kg\ N_2O}{TJ} \right) * PCG\ N_2O$ <p>Unidad (t CO₂ eq)</p>	<p>Consumo total de combustible en galones (gal) correspondientes al periodo de estudio de la organización. Los cuales luego son transformados a Terajulio (TJ) usando el poder calorífico del combustible.</p> <p>FE (kg GEI /TJ) corresponde al factor de emisión de cada uno de los GEI. En este caso están expresados en kg CO₂ por lo tanto se realiza la multiplicación por el Potencial de Calentamiento Global para obtener kg CO₂ eq.</p> <p>Este cálculo se aplica para la gasolina y para el diésel.</p>
	Mensajería	<p>Recorrido total en km correspondientes al periodo de estudio de la organización.</p> <p>FE motocicleta (Kg GEI eq/km) corresponde al factor de emisión de cada uno de los GEI.</p>

$$Emisión\ C_2\ eq = (Recorrido\ (km)) * FE\ \left(\frac{kg\ CO_2eq}{km}\right) + (Recorrido\ (km)) * FE\ \left(\frac{kg\ CH_4eq}{km}\right) + (Recorrido\ (km)) * FE\ \left(\frac{kg\ N_2O\ eq}{km}\right)$$

Unidad (t CO₂ eq)

Consumo de electricidad

Multiplicación del total del consumo energético por el factor de emisión de la electricidad.

Ecuación 15: Consumo de Electricidad

$$Emisión\ CO_2\ eq = (Consumo\ eléctrico\ total\ (MWh)) * FE\ Electricidad\ \left(\frac{t\ CO_2eq}{MWh}\right)$$

Unidad (t CO₂ eq)

Consumo eléctrico (MWh) correspondiente al valor del consumo eléctrico total en megavatios hora de la organización durante el periodo de estudio
FE Electricidad (t CO₂ eq /MWh) corresponde al factor de emisión

Transporte (movilización de colaboradores y estudiantes)

Ecuación 16: Transporte

$$Emisión\ CO_2\ eq = (Recorrido\ (km)) * FE\ \left(\frac{Kg\ CO_2}{TJ}\right) * PCG\ CO_2 + (Recorrido\ (km)) * FE\ \left(\frac{Kg\ CH_4}{TJ}\right) * PCG\ CH_4 + (Recorrido\ (km)) * FE\ \left(\frac{kg\ N_2O}{TJ}\right) * PCG\ N_2O$$

Unidad (t CO₂ eq)

Kilómetros recorridos (km) corresponde al valor total de kilómetros recorridos en los diferentes medios de transporte por parte de los colaboradores, estudiantes durante el periodo de estudio.
FE (Kg GEI /TJ) corresponde al factor de emisión de cada GEI.
PCG GEI: corresponde al potencial de calentamiento global de cada GEI
Se realiza el cálculo para movilización por transporte público y para vehículo privado

Multiplicación de la cantidad total de kilómetros recorrido por el factor de emisión la motocicleta

Ecuación 17: Transporte

**Transporte
(movilización
por motocicleta)**

$$Emisión CO_2 eq = (Recorrido (km)) * FE \left(\frac{kg CO_2 eq}{km} \right) + (Recorrido (km)) * FE \left(\frac{kg CH_4 eq}{km} \right) + (Recorrido (km)) * FE \left(\frac{kg N_2O eq}{km} \right)$$

Unidad (t CO₂ eq)

Multiplicación del total de km recorridos por el número de viajes por ruta por el factor de emisión.

Ecuación 18: Viajes aéreos

Viajes aéreos

$$Emisión CO_2 eq = (Recorrido total por ruta (km) * Número de viajes por ruta) * FE \left(\frac{kg CO_2 eq}{pasajero km} \right) + (Recorrido total por ruta (km) * Número de viajes por ruta) * FE \left(\frac{kg CH_4 eq}{pasajero km} \right) + (Recorrido total por ruta (km) * Número de viajes por ruta) * FE \left(\frac{kg N_2O eq}{pasajero km} \right)$$

Unidad (t CO₂ eq)

Multiplicación del número de noches por cada colaborador ya sea de hospedaje nacional o internacional por el factor de emisión

Hospedaje

Ecuación 19: Hospedaje

$$Emisión CO_2 eq = (Número de noches de hospedaje) * FE \left(\frac{kg CO_2 eq}{noche de hospedaje} \right)$$

Unidad (t CO₂ eq)

Multiplicación del consumo de papel (kg) por el factor de emisión del papel

**Consumo
papel**

de

Ecuación 20: Consumo de papel

$$Emisión CO_2 eq = (Consumo de papel (kg)) * FE \left(\frac{kg CO_2 eq}{kg de papel} \right)$$

Unidad (t CO₂ eq)

Kilómetros recorridos (km) correspondientes al transporte en motocicleta durante el periodo de estudio.

FE (Kg GEI eq/km) corresponde al factor de emisión de cada GEI

km recorridos por el tipo de viaje

Número de pasajeros por cada ruta de viaje

FE (kg GEI eq /pasajero km) corresponde al factor de emisión de cada uno de los GEI

Número total de noches de estadía de los colaboradores durante el periodo de estudio.

FE (kg CO₂ eq /noche de estancia)

Generación de papel total en kilogramos

FE (kg CO₂ eq/kg de papel consumido) corresponde al factor de emisión

Residuos

Multiplicación del total de peso en kilogramos de desechos sólidos comunes por el factor de emisión

Ecuación 21: Desechos comunes (Relleno sanitario)

$$Emisión CO_2 eq = (Desechos comunes (t)) * FE \left(\frac{kg CO_2 eq}{t de desecho} \right)$$

Unidad (t CO₂ eq)

Multiplicación del total de peso en kilogramos de desechos biopeligrosos por el factor de emisión

Ecuación 22: Desechos biopeligrosos

$$Emisión CO_2 eq = (Desechos biopeligrosos (kg)) * FE \left(\frac{kg CO_2 eq}{kg de desecho} \right)$$

Unidad (t CO₂ eq)

Desechos sólidos comunes (kg) corresponde al peso de los residuos sólidos comunes
FE (kg CO₂ eq/ t de desecho) corresponde al factor de emisión de eliminación de desechos comunes al vertedero
Desechos biopeligrosos (kg) corresponde al peso de los desechos peligrosos
FE (kg CO₂ eq/ kg de desecho) es el factor de emisión de los desechos biopeligrosos

3.6 Descripción de la metodología para el cálculo de la huella hídrica

La metodología empleada para la evaluación de la huella hídrica en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca se basó en el enfoque desarrollado por Hoekstra et al. (2011), como se expone en "The Water Footprint Assessment Manual". Este enfoque se organizó en cuatro fases cruciales: en la primera fase, se establecieron objetivos y alcances para delimitar el ámbito de estudio; después, se calculó la huella hídrica, cuantificando tanto el consumo como la contaminación del recurso hídrico; en la tercera fase, se evaluó la sostenibilidad mediante un análisis detallado de los impactos ambientales, económicos y sociales asociados; y finalmente, se formularon propuestas desarrollando estrategias para una gestión eficaz y sostenible del agua (Hoekstra et al., 2011). Esto facilitó la elaboración de posibles mejoras significativas en la gestión hídrica del campus, respaldado por una metodología sistemática y holística (Guamán & Illares, 2019). Para llevar a cabo el cálculo de la huella hídrica, se consideraron dos enfoques principales: la huella hídrica directa y la huella hídrica indirecta (Figura 7).

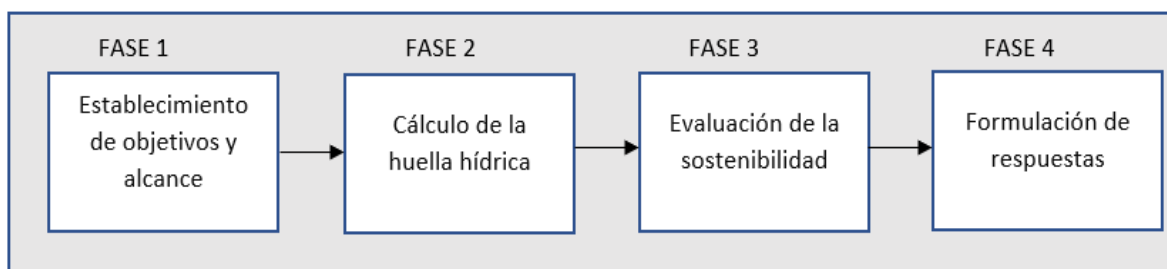


Figura 7. Fases para la evaluación de la huella hídrica. **Fuente:** Tomado de Hoekstra (2011).

Para llevar a cabo el análisis de las diversas huellas, es necesario considerar varias fuentes de información, lo cual se especifica en la tabla 18.

3.6.1 Definición del alcance

El alcance espacio-temporal fue el campus Balzay durante el año 2023. Se tomó en cuenta los usos y consumos directos (riego, usos personales y limpieza) e indirectos (electricidad y papel). Para la determinación del alcance y los objetivos se consideró que el cálculo de la Huella Hídrica (HH) tendría una visión integral. Se estableció que la manera idónea de trabajar era aplicar la metodología a todo el campus universitario y sus edificios, ya que registraban consumos de agua significativos y relevantes tanto de electricidad como de papel. Asimismo, se incluyó a toda la comunidad universitaria del campus Balzay, compuesta por personal administrativo, investigadores, docentes y estudiantes.

Tabla 18. Tipo de huella hídrica y su fuente de datos para el cálculo de la huella hídrica total.

Tipo de Huella	Información	Fuente	Forma de evaluación
Azul	Facturación mensual de agua del medidor del Campus	Facturas emitidas mensualmente por Etapa	Consumo total en m ³
	Identificación de los diferentes usos del recurso	Encuesta a la comunidad universitaria	Estimación por medio de los resultados obtenidos en encuestas referentes uso de agua en el campus
Gris	Concentración máxima estipulada en la normativa de límites de descargas de agua al alcantarillado.	Normativa nacional TULSMA	Concentración del parámetro establecido en la normativa TULSMA
	Identificación de diferentes usos del agua que terminan en el alcantarillado	Encuesta a la comunidad universitaria Levantamiento de información de los bienes que consumen agua	Características de los bienes
Verde	Área de cobertura de áreas verdes	Planos y mapas del campus Balzay	Dependiendo de las características se puede observar el tipo de cobertura
	Cantidad de Precipitaciones mensuales en el Campus	Estación meteorológica del Campus Balzay	Base de datos para obtener la precipitación efectiva del Campus
Indirecta	Consumo de energía y papel dentro del campus	Facturas de consumo energético de los 3 medidores del campus Encuestas de consumo de papel a la comunidad universitaria Facturas de compra de resmas de papel para el personal administrativo	Procesamiento de los datos de consumo tanto de papel como de energía
	Factores según el tipo de material consumido	Base de datos	Selección de datos bibliográficos

3.6.2 Recolección de Información para el Análisis de la Huella Hídrica en el Campus Balzay

3.6.2.1 Información para el cálculo de la huella hídrica

Se llevó a cabo un análisis detallado de las fuentes empleadas para obtener información relevante para la cuantificación de la huella hídrica directa de la institución. Para esto, se accedió a datos proporcionados por la Unidad de Planificación y Gestión Estratégica de la Universidad de Cuenca, así como a la información facilitada por el Departamento de Recursos Hídricos, las facultades vinculadas y el levantamiento de campo de datos.

Datos Obtenidos:

- Datos proporcionados por la Unidad de Planificación y Gestión Estratégica de la Universidad de Cuenca, incluyendo planillas de agua de la empresa ETAPA EP.
- Información sobre las precipitaciones mensuales del campus Balzay proporcionada por el Departamento de Recursos Hídricos.
- Datos de las facultades vinculadas, como el número de estudiantes, profesores, personal de mantenimiento, personal administrativo y días laborables.

Levantamiento de Campo:

- Se realizó un levantamiento de campo mediante encuestas a la comunidad universitaria y visitas a las diferentes áreas del campus para obtener información detallada sobre el uso de agua en distintas áreas, incluyendo el riego de áreas verdes y su frecuencia, la limpieza y su frecuencia, el uso en inodoros y urinarios, el uso en lavamanos y en la cafetería.
- Se elaboró el mapa de áreas verdes del Campus Balzay con la ayuda del departamento de infraestructuras de la Universidad de Cuenca.

Análisis de Laboratorio:

Se realizaron análisis en el laboratorio de DQO, complementados con el estudio del mapa de alcantarillado del campus.

3.6.2.2 Huella Hídrica indirecta

Para estimar la huella hídrica indirecta, se recopilaron datos sobre el consumo de papel y energía correspondientes al año 2023 en el campus, como se mencionó en la tabla 18

columna “forma de evaluación”. Además, se recolectó información primaria mediante una encuesta diseñada para tal fin.

Datos Obtenidos:

- Consumo de papel y energía en el campus durante el año 2023.
- Información primaria obtenida a través de una encuesta distribuida entre la comunidad universitaria.

Método de Recolección de Datos:

- La encuesta fue distribuida utilizando la plataforma en línea de Google Forms, seleccionada por su capacidad para gestionar y organizar automáticamente los datos en formato Excel, simplificando así su análisis posterior.
- La encuesta se enfocó en identificar los hábitos de consumo y movilidad de los participantes, así como en recopilar información sobre las prácticas relacionadas con el uso del agua, energía y papel en el campus.

3.6.3 Levantamiento de información para la Huella Hídrica Directa

3.6.3.1 Datos del consumo de agua

Inicialmente, se inspeccionó el lugar de estudio, donde se identificó un medidor de agua ubicado dentro del predio. El código de instalación del medidor es A0006150 y se ubica al ingreso del Edificio Administrativo. En la figura 8 se detalla los puntos de abastecimiento de agua del medidor mencionado. Los principales usos del agua incluyeron consumo humano, hidrosanitario, uso en laboratorios, riego de áreas verdes y mantenimiento del orquideario.



Figura 8. Mapa de ubicación y los puntos de abastecimiento del medidor de agua potable en el Campus Balzay. **Fuente:** Departamento de Planificación y Gestión Estratégica de la Universidad de Cuenca.

Para la obtención del consumo de agua potable dentro de la institución, se accedió a las facturas de consumo de agua de la empresa ETAPA EP correspondientes al año 2023. El análisis del consumo de agua para el año 2023 del medidor A0006150 reveló un total de consumo de 7 854 m³/año, como se detalla a continuación en la Tabla 19.

Tabla 19. Consumo de agua potable del año 2023 del Campus Balzay.

Medidor/mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
A0006150	404	471	445	527	827	757	978	599	765	845	1224	12
Total (m³)	7 854											

Fuente: Adaptado de Etapa EP.

Se observó que el mes con el mayor consumo fue noviembre, con 1 224 m³, mientras que el mes con el consumo mínimo fue diciembre, con apenas 12 m³. Este inusual consumo se originó debido a varios factores: en diciembre, el Campus Balzay operó solo 15 días debido a los feriados por festividades, y en noviembre se llenaron las cisternas con agua que luego fue utilizada en diciembre. A continuación, en la Figura 9 se representan gráficamente los consumos mensuales.

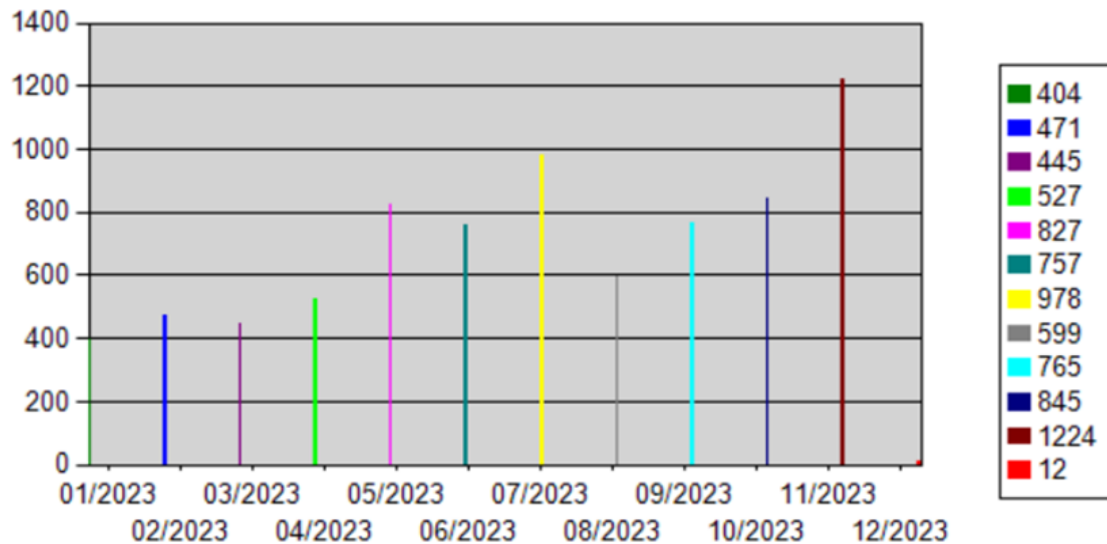


Figura 9. Reporte gráfico del consumo de agua del periodo de enero-diciembre 2023.

Fuente: Adaptado de Etapa EP.

3.6.3.2 Identificación de los diferentes usos del agua

Para identificar los diferentes usos del agua en el campus, se llevaron a cabo encuestas a una muestra representativa de personas. Las preguntas se centraron en aspectos relacionados con su consumo de agua, el uso de baños y lavamanos, los periodos de limpieza, así como el consumo en la cafetería y el riego de áreas verdes. La información recopilada permitió elaborar tablas detalladas del consumo de agua, proporcionando una visión integral de cómo se utiliza este recurso en las distintas áreas del campus.

Esta metodología aseguró una comprensión precisa de los patrones de uso y facilitó la identificación de áreas clave para la implementación de estrategias de ahorro y eficiencia hídrica. A continuación, en las Tablas 20, 21, 22, 24, 25 y 26, se detalla el consumo por las

distintas áreas para el cálculo del año se consideró 180 días laborables lo cual se corrobora con la tabla 52.

En la Tabla 20 se detalla el consumo diario de agua según diferentes rangos, el tipo de agua consumida (grifo, embotellada, botellón, etc.), y presenta el consumo total anual en litros y metros cúbicos.

Tabla 20. Consumo de agua y tipo de agua que se consume en el campus Balzay en el periodo enero-diciembre 2023.

Consumo diario de agua	Número de Respuestas	Tipo de agua consumida	Número de Respuesta para el tipo de agua	Consumo promedio de agua de grifo (L/d)	Número de Personas	Total consumo (L/d)	Total consumo (m³/año)
Entre 1-2 litros	205	Agua de grifo	261	1.7	3 398	5 776.6	1 039.788
Menos de 1 litro	77	Agua embotellada	64				
Entre 3-4 litros	61	Agua de botellón	19				
No consumo agua	2	Otra (especifique)	1				
Total							1 039.788

En la Tabla 21, se muestra la frecuencia mensual de riego, la duración y la cantidad de agua utilizada por sesión de riego, así como el consumo total anual en L/m³ para mantener las áreas verdes del campus. La cantidad de agua empleada de 450.45 L/h se obtuvo utilizando un método volumétrico. Se colocó un balde bajo el flujo de agua de la manguera y se cronometró el tiempo que tardó en llenarse. Con base en este tiempo, se determinó el caudal de agua. Este valor representa la cantidad de agua utilizada por hora para el riego de las áreas verdes del campus.

Datos para la Huella gris

Para el cálculo de la huella hídrica gris, el caudal del efluente se determinó por el agua que termina en el alcantarillado. El volumen del efluente se estimó mediante el uso del agua que tiene como destino final este sistema. En el cálculo se incluyeron las descargas de los inodoros, urinarios, uso de lavamanos, limpieza, uso de la cafetería en el lavado de platos.

Tabla 21. Consumo de agua mensual y anual para el riego de áreas verdes del campus Balzay.

Mes	Total de veces que se riega por mes	Duración de riego (h/día)	Cantidad de agua empleada (L/h)	Total de agua empleada para el riego (L/mes)	Total de agua empleada para el riego (L/año)	Total de agua empleada para el riego (m³/año)
Enero	4	5		9 009		
Febrero	4	5		9 009		
Marzo	4	5		9 009		
Abril	8	5		18 018		
Mayo	8	5		18 018		
Junio	12	5	450.45	27 027	207 207	207.207
Julio	12	5		27 027		
Agosto	12	5		27 027		
Septiembre	12	5		27 027		
Octubre	8	5		18 018		
Noviembre	4	5		9 009		
Diciembre	4	5		9 009		
Total			450.45		207 207	207.207

Limpieza: Se contabilizó la frecuencia y el volumen de agua utilizado en las actividades de limpieza, para ello se consideró los edificios denominados Trillizos, el laboratorio de Micro Red, el edificio administrativo, los Aularios B y C (Tabla 22).

Tabla 22. Consumo de agua para la limpieza del campus Balzay.

Área	Frecuencia de Limpieza	Número de Personal	Volumen de Recarga (L/balde)	Cantidad de Recargas	Total (L/día)	Total (L/año)	Total (m³/año)
Trillizos	3 veces	2	7	2	84	15 120	15.12
Lab. Micro Red	2 veces	2	7	1	28	5 040	5.04
Administración	3 veces	3	7	2	126	22 680	22.68
Bloque B	5 veces	8	7	2	560	100 800	100.8
Bloque C	5 veces	5	7	2	350	63 000	63
Laboratorios	2 veces	2	7	2	56	10 080	10.08
Total					1 204	216 720	216.72

Descargas de inodoros y urinarios: Se registró el número de descargas diarias y el volumen de agua utilizado por cada descarga.

La Tabla 23 registra el número promedio de descargas diarias por género en baños y urinarios en la universidad, el volumen de agua por descarga, y el consumo total anual en metros cúbicos para estas instalaciones.

Tabla 23. *Consumo de Agua por Descargas en Baños y urinarios por el total de personas.*

Género	Promedio de descargas al día	Cantidad de personas en la universidad	Total, de descargas al día	Litros por descarga	Total, de descargas (L/d)	Total, de descargas al año (m³/año)
Mujeres	1.78	1 307	2326.46	4.8	11167.008	2010.06
Hombres	1.38	2 091	2885.58	1.9	5482.602	986.87
Total		3398				2996.93

Uso de lavamanos: Se midió el tiempo promedio de uso de los lavamanos y el caudal de agua por minuto.

En la tabla 24 se muestra el consumo de agua por el uso diario de lavamanos, considerando el caudal de agua y la frecuencia de uso promedio por persona, presentando el consumo total anual en metros cúbicos. Mientras que en la tabla 25 se muestra el promedio diario de agua utilizado tanto para cocinar como para lavar la vajilla en la cafetería del campus. Luego, presenta el total anual de consumo en litros y metros cúbicos.

Tabla 24. *Consumo de Agua por lavamanos*

Consumo de agua de los lavamanos					
Caudal de agua del Lavamanos Marca Brics (L/seg)	Número de Personas	Promedio Tiempo de Lavado de Manos (seg)	Promedio Frecuencia de Uso del Lavamanos (veces al día)	Total (L/día)	Total (m³/año)
0.0867	3398	17.5	3 veces al día	2 774 490.86	2 774.49

Uso de la cafetería: Se registró el volumen de agua empleado en el lavado de platos y utensilios.

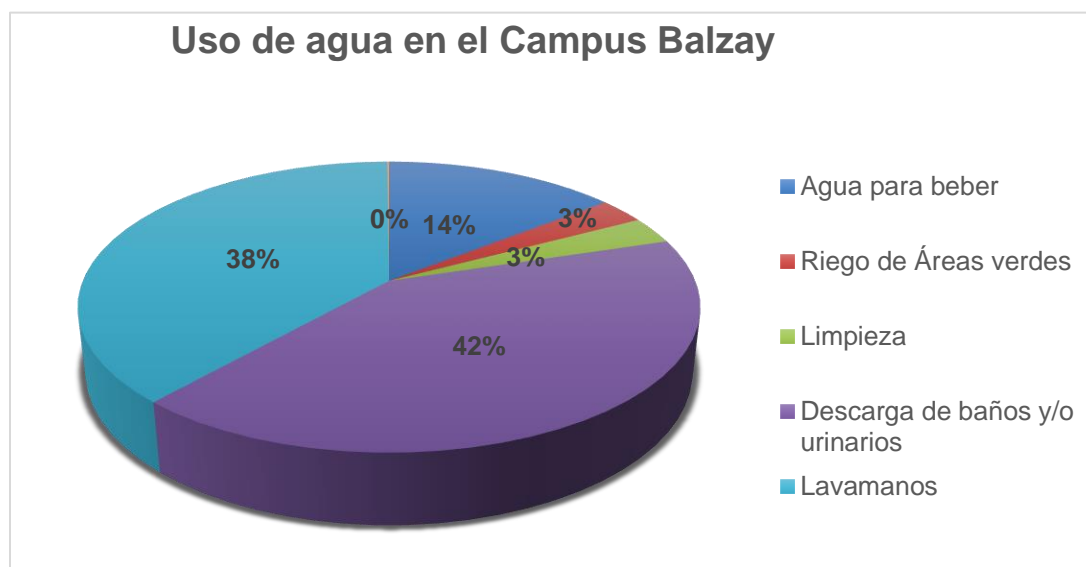
Tabla 25. Consumo de agua de la cafetería del Campus Balzay.

Promedio de agua para cocinar (L/día)	Promedio de agua para lavar la vajilla (L/día)	Total (L/año)	Total (m³/año)
25	17	7 560	7.5

En la Tabla 26, se indica los usos del agua y el consumo total de cada uso en el Campus Balzay teniendo como efluente total 7 242.64 m³/año.

Tabla 26. Resumen del consumo de agua en el campus Balzay.

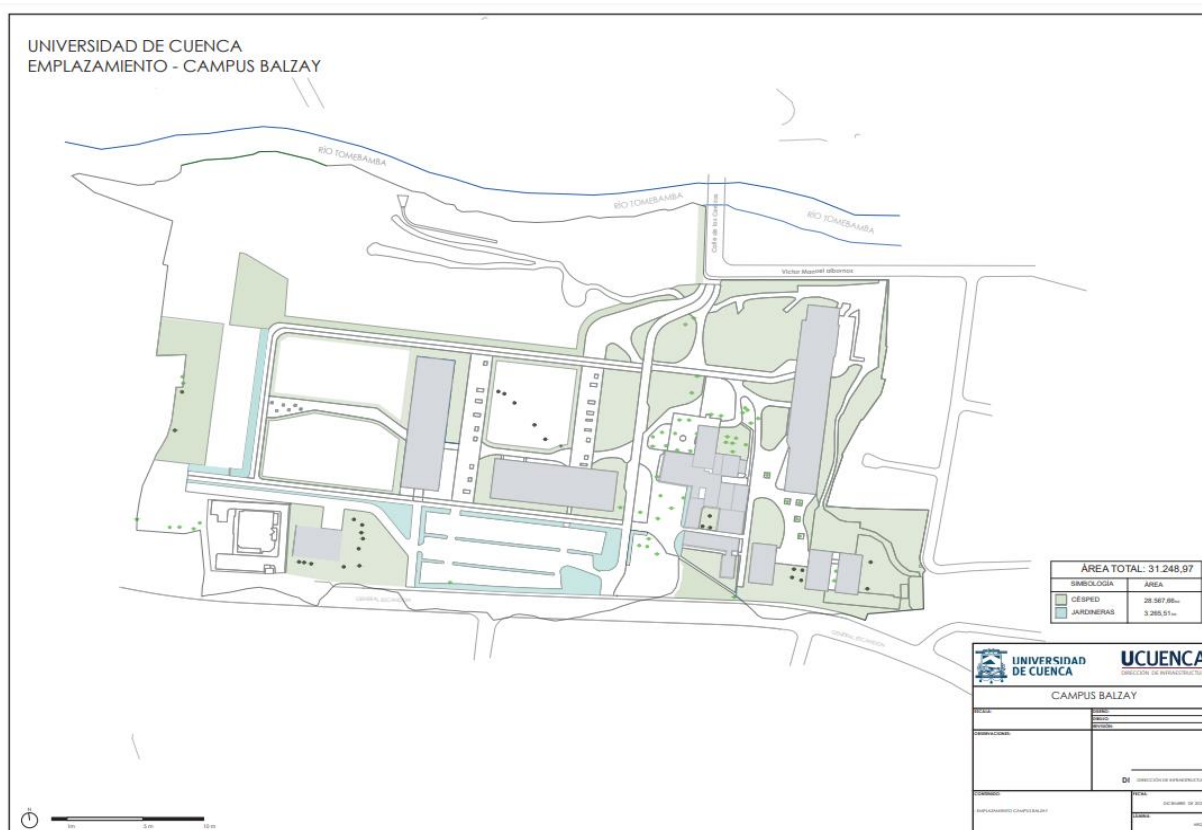
Usos del agua	Consumo total (m³/año)
Agua para beber	1 039.788
Riego de Áreas verdes	207.207
Limpieza	216.72
Descarga de baños y/o urinarios	2 996.93
Lavamanos	2 774.49
Cafetería	7.5
Total	7 242.64

**Figura 10.** Consumo de agua en el campus Balzay.

En la Figura 10, se indican los diferentes usos de agua en el Campus Balzay en porcentajes. La mayor cantidad de agua, con un 42 %, se usa en la descarga de inodoros y/o urinarios.

Datos de la Huella Verde

3.6.3.3 Identificación de Áreas Verdes



Se determinó que el Campus Balzay cuenta con 31 248.97 m² de áreas verdes. Además, se identificaron 2.5 hectáreas de bosque de eucalipto, equivalentes a 25 000 m², y 2 500 m² de zona de cultivo situada en la parte trasera del campus. Con lo que se obtuvo un total de 5.87 ha (58 748.97 m²) de vegetación en el campus (Figura 11). Es relevante mencionar que estas áreas verdes reciben riego dos veces por semana, utilizando agua potable suministrada por el medidor del campus.

3.6.3.4 Análisis de la precipitación

Se solicitó información al Departamento de Recursos Hídricos de la Universidad de Cuenca y se obtuvieron los datos de precipitación del campus Balzay, ya que el mismo cuenta con una estación meteorológica (con coordenadas de los pluviómetros: -2.89230306102409, -79.03560442922003). La estación está equipada con un sensor pluviométrico Texas Electronics TR-525M.

Para determinar la precipitación efectiva necesaria para los cálculos, se consideró el método propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1993). Este método establece que si la precipitación mensual es menor o igual a 250 mm se debe aplicar la ecuación (7), y si es mayor, se utiliza la ecuación (8). La Tabla 27, detalla el uso de la ecuación (7) para calcular la precipitación efectiva.

Tabla 27. Valores de la precipitación mensual del Campus Balzay.

Mes	Precipitación P (mm)	Precipitación Efectiva Pff (mm)	Precipitación Efectiva Pff (m³/ha)
Enero	107.04	88.71	887.08
Febrero	8.59	8.47	84.72
Marzo	80.54	70.16	701.61
Abril	153.64	115.87	1 158.72
Mayo	91.96	78.43	784.29
Junio	21.05	20.34	203.41
Julio	10.58	10.40	104.01
Agosto	13.72	13.42	134.19
Septiembre	2.20	2.19	21.92
Octubre	14.56	14.22	142.21
Noviembre	42.31	39.45	394.46
Diciembre	162.13	120.07	1 200.72
Total	708.32	581.73	5 817.34

3.6.4 Levantamiento de información para la Huella Hídrica Directa

3.6.4.1 Información de consumo de energía

El análisis del consumo de energía eléctrica se llevó a cabo utilizando los datos de las planillas de pago a la empresa eléctrica CENTROSUR correspondientes al año 2023. En el Campus Balzay se encontraron distribuidos tres medidores: el primer medidor que está

ubicado cerca del Laboratorio de Energía Renovable (Microred) y abastece exclusivamente a dicho laboratorio, el segundo medidor se encuentra cerca de los edificios de laboratorio y proporciona energía a los tres edificios donde operan los departamentos de Investigación (Trillizos), al aula B y aula C y al edificio administrativo; el tercero está situado junto al orquideario, y alimenta a los Laboratorios y a la Casa de Hacienda, (Figura 12).

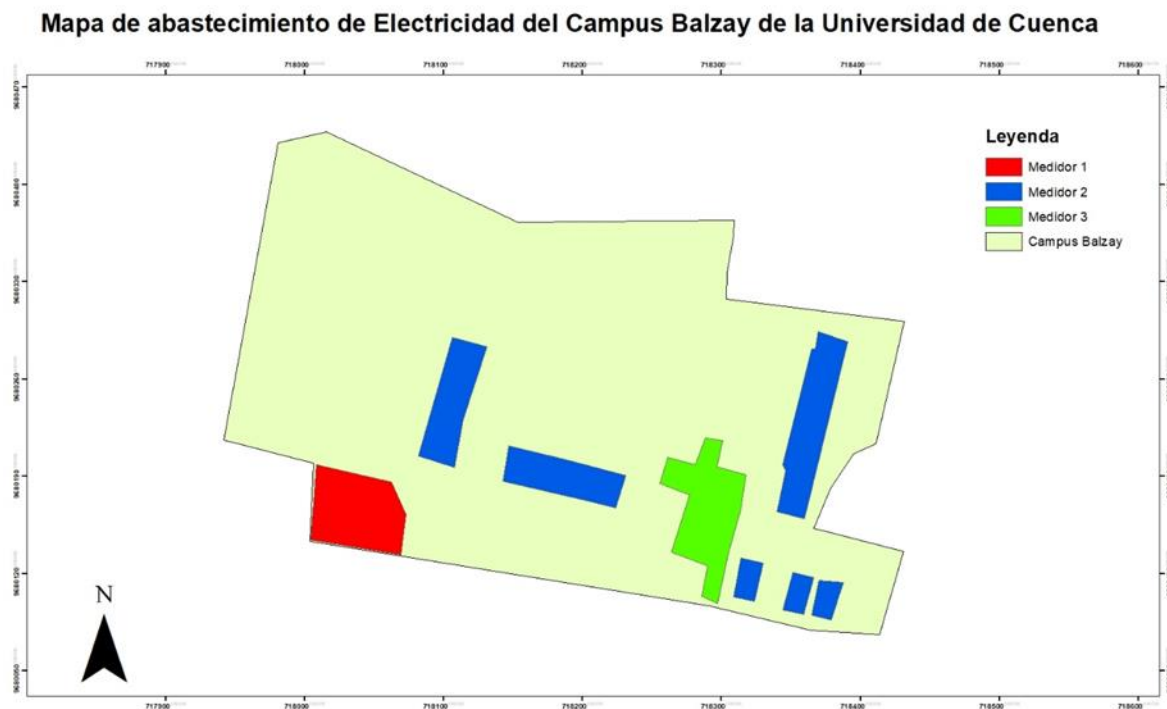


Figura 12. Mapa que muestra la ubicación y los puntos de abastecimiento de energía de los medidores de energía del Campus Balzay. **Fuente:** Adaptado de Unidad Planificación y Gestión Estratégica de la Universidad de Cuenca

En el año 2023, según el análisis de los tres medidores el consumo de energía eléctrica fue de 499 387 kWh, como se detalla en la Tabla 28.

Además de los datos sobre el consumo, es importante entender como es la estructura de producción de energía eléctrica. Esto implica identificar las diversas fuentes de generación eléctrica y el porcentaje correspondiente a cada una para determinar el factor de conversión específico de cada fuente energética. En la tabla 29, se indican los valores porcentuales de la potencia instalada en Ecuador para el año 2023. Para calcular la huella hídrica asociada al consumo eléctrico, es necesario reconocer el tipo y la fuente de la energía utilizada, ya sea proveniente de combustión, hidroeléctrica, biomasa, eólica, solar, entre otras, así como

el porcentaje que representa cada fuente, así como también los diferentes factores según el tipo de energía para obtener la huella indirecta eléctrica como se indica en la tabla 30.

Tabla 28. Consumo de energía eléctrica del año 2023 del Campus Balzay.

Meses	Medidor 1 (kW/h)	Medidor 2 (kW/h)	Medidor 3 (kW/h)	Total (kW/h)
Enero	9 391	24 164	5 692	39 247
Febrero	10 213	23 648	4 979	38 840
Marzo	10 655	27 941	5 693	44 289
Abril	10 534	27 645	5 930	44 109
Mayo	10 611	30 165	6 440	47 216
Junio	10 138	29 969	6 092	46 199
Julio	10 125	27 054	5 198	42 377
Agosto	8 735	21 579	4 432	34 746
Septiembre	8 265	24 677	4 346	37 288
Octubre	9 873	28 913	4 837	43 623
Noviembre	10 691	26 460	3 691	40 842
Diciembre	10 231	25 950	4 430	40 611
TOTAL	119 462	318 165	61 760	499 387

Fuente: Adaptado de Unidad de Planificación y Gestión Estratégica de la Universidad de Cuenca con información de la Empresa Eléctrica CENTROSUR.

Tabla 29. Fuentes de energía que abastecen a la red eléctrica nacional.

Tipo de energía	Descripción	Porcentaje (%)
	Hidráulica	78.49
	Eólica	0.24
	Fotovoltaica	0.32
	Biomasa	1.66
	Biogás	0.08
Total Renovable		80.8
	Térmica MCI	8.25
	Térmica Turbo Gas	5.63

	Térmica Turbo Vapor	5.32
Total No Renovable		19.2
Total Potencial Nominal		100

Tabla 30. Equivalencia o factores según el tipo de energía que se tenga.

Fuente de energía	Equivalencia/ Factor para el cálculo de la Huella Hídrica	Unidad
Agua (energía Hidroeléctrica)	22.3	m ³ /GJ
Gas natural	0.11	m ³ /GJ
Energía Eólica	0.00	m ³ /GJ
Energía Solar	0.27	m ³ /GJ
Carbón	0.16	m ³ /GJ
Total	22.84	m³/GJ

Fuente: Adaptado de CENACE (2022).

3.6.4.2 Recopilación de información de consumo de papel

Para analizar el consumo de papel en el campus, se llevaron a cabo encuestas entre los miembros de la comunidad académica y se recopilaron datos de las facturas de compra de resmas de papel destinadas al uso del personal administrativo. En la siguiente tabla, se especifican los distintos tipos de papel utilizados en la institución. Cabe destacar que no se incluyó en este estudio el papel higiénico.

Tabla 31. Cantidad y tipo de papel que se utiliza en el Campus Balzay en el año 2023.

Descripción	Peso (kg)	N.º de unidades	Total, gramaje (kg)	Total, gramaje (t)
Resmas Papel	2.3	767	1 794.8	1.79
Cuadernos Universitarios	0.39	19 090	7 445.1	7.45
Total	2.73		9 239.9	9.24

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Huella de carbono

4.1.1 Inventario de emisiones

El inventario está conformado por las actividades que se desarrollaron en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca en el periodo enero-diciembre de 2023. Las mismas que se presentan a continuación agrupadas según las diferentes categorías de emisión directa e indirecta.

4.1.1.1 Categoría 1: Emisiones directas de GEI

4.1.1.1.1 Emisiones de combustibles en vehículos propios de la Universidad

Los vehículos que operaron en el campus Balzay en base a combustibles fósiles en el periodo de estudio son 4 de los cuales dos son vehículos livianos (doble cabina) y dos vehículos pesados, también existen tres vehículos eléctricos, un auto liviano y dos furgonetas, estos últimos no se consideraron en el cálculo dado que son cero emisiones. Las emisiones se analizaron en base al tipo de combustible empleado por cada vehículo, a continuación, en la Tabla 32 (Ecopaís) y Tabla 33 (Diésel) se presentan los resultados obtenidos.

Se obtuvo como resultado la emisión de 5.56 t CO₂ eq durante el año 2023 por parte de los vehículos que consumen gasolina y que operan en el campus Balzay.

En la tabla 33, se observa las emisiones producidas solo para los meses de noviembre y diciembre, debido a que durante el periodo enero-octubre no se registra consumo de diésel. El total de emisiones generadas por este tipo de combustibles es de 2.60 t CO₂ eq.

Tabla 32. Cantidad de combustible eco país consumido (toneladas) y emisiones de CO₂ equivalente en toneladas producida por la flota vehicular en el periodo enero-diciembre 2023.

Consumo y emisiones producidas por el uso de gasolina Ecopaís		
Mes	Consumo (t)	Emisiones (t CO ₂ eq)
Enero	0.19	0.66
Febrero	0.19	0.67
Marzo	0.12	0.41
Abril	0.11	0.39
Mayo	0.16	0.56
Junio	0.13	0.47
Julio	0.19	0.65
Agosto	0.10	0.36
Septiembre	0.14	0.50
Octubre	0.11	0.37
Noviembre	0.08	0.27
Diciembre	0.07	0.24
Total	1.60	5.56

Tabla 33. Cantidad de combustible Diésel consumido y las emisiones producidas.

Consumo y emisiones producidas por el uso de diésel		
Mes	Consumo (t)	Emisiones (t CO ₂ eq)
Noviembre	0.66	2.09
Diciembre	0.16	0.51
Total	0.82	2.60

4.1.1.1.2 Mensajería

La actividad de mensajería se realizó con el uso de una motocicleta y los datos de recorrido se obtuvieron de las hojas de rutas la cuales se encontraban de manera física. Esta información se tabuló, organizando los datos por cada mes y se presentan en la Tabla 34. Se observa que el mes con mayor recorrido es octubre con 430 km y el mes con menor recorrido es enero con 134 km de recorrido. La motocicleta recorrió un total de 3 376 km y emitió 0.3 t CO₂ eq.

Tabla 34. *Recorrido de motocicleta empleadas en mensajería y las emisiones producidas.*

Recorrido de moto para mensajería y las emisiones producidas		
Mes	Recorrido (km)	Emisiones (t CO₂ eq)
Enero	134	0.01
Febrero	156	0.02
Marzo	292	0.03
Abril	296	0.03
Mayo	326	0.03
Junio	396	0.04
Julio	240	0.02
Agosto	170	0.02
Septiembre	429	0.04
Octubre	430	0.04
Noviembre	267	0.03
Diciembre	240	0.02
Total	3 376	0.34

En la figura 13, se observa que la fuente que mayor emisión generó en el año 2023 es la combustión por el uso de gasolina Ecopaís, seguido de las emisiones de consumo de diésel con un total de 2.60 t CO₂ eq con emisiones significativas en el mes de noviembre y las emisiones GEI de mensajería que aportan solo 0.34 t de CO₂ eq. Además, se puede observar que los meses con mayor combustión por uso de gasolina ecopaís fueron enero, febrero y julio.

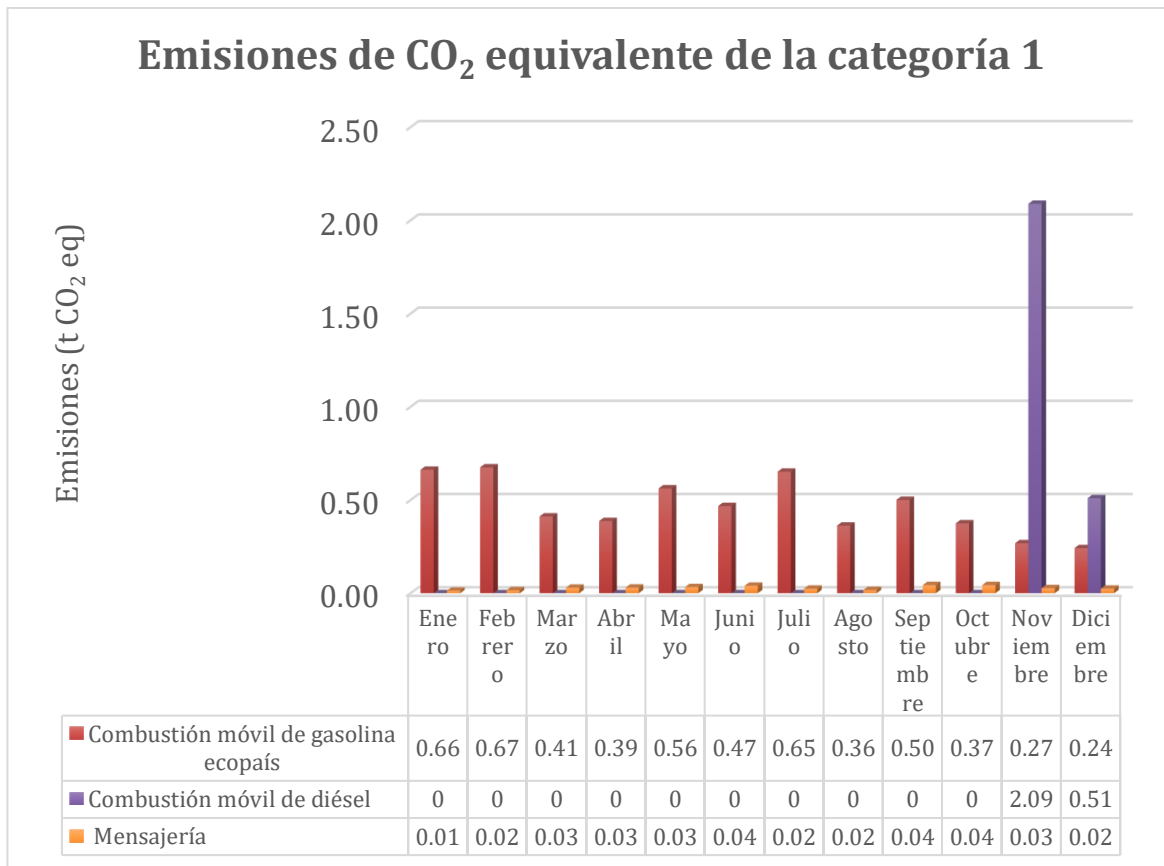


Figura 13. Emisiones de CO₂ equivalente producidas por la categoría 1.

4.1.1.2 Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI producidas por Energía importada

4.1.1.2.1 Consumo energético

De acuerdo con la Tabla 35, el campus Balzay cuenta con tres medidores los cuales se los etiquetó con los códigos MED 1 de código único eléctrico 505037635, el MED 2 con código único eléctrico 510071225 y el MED 3 con código único eléctrico 500388744. El consumo total durante el año 2023 fue de 499.39 MWh y las emisiones generadas fueron de 45.94 t CO₂ eq.

Se observa que el medidor que mayor consumo registró es el MED 2 el cual alimenta a los trillizos, al aulario B, aulario C y el edificio administrativo, seguido del medidor que alimenta

al Laboratorio de Microrred y, por el último, el MED 3, el cual alimenta a la casa hacienda y a los laboratorios.

Tabla 35. Consumo de energía eléctrica y emisiones de CO₂ eq producidas.

Consumo y emisiones de CO ₂ eq generadas por el uso de energía eléctrica						
Mes	Consumo eléctrico (MWh) MED 1	Emisiones (t CO ₂ eq)	Consumo eléctrico (MWh) MED 2	Emisiones (t CO ₂ eq)	Consumo eléctrico (MWh) MED 3	Emisiones (t CO ₂ eq)
Enero	9.39	0.86	24.16	2.22	5.69	0.52
Febrero	10.21	0.94	23.65	2.18	4.98	0.46
Marzo	10.66	0.98	27.94	2.57	5.69	0.52
Abril	10.53	0.97	27.65	2.54	5.93	0.55
Mayo	10.61	0.98	30.17	2.78	6.44	0.59
Junio	10.14	0.93	29.97	2.76	6.09	0.56
Julio	10.13	0.93	27.05	2.49	5.20	0.48
Agosto	8.74	0.80	21.58	1.99	4.43	0.41
Septiembre	8.27	0.76	24.68	2.27	4.35	0.40
Octubre	9.87	0.91	28.91	2.66	4.84	0.45
Noviembre	10.69	0.98	26.46	2.43	3.69	0.34
Diciembre	10.23	0.94	25.95	2.39	4.43	0.41
Total	119.46	10.99	318.17	29.27	61.76	5.68
Total consumo (MWh)				499.39		
Total emisiones (t CO₂ eq)				45.94		

En la figura 14, se observa que el mes con mayor cantidad de emisiones de CO₂ eq es mayo con 4.34 t CO₂ eq y el mes con menor cantidad de emisiones con 3.20 t CO₂ eq es agosto ya que es el periodo de vacaciones.

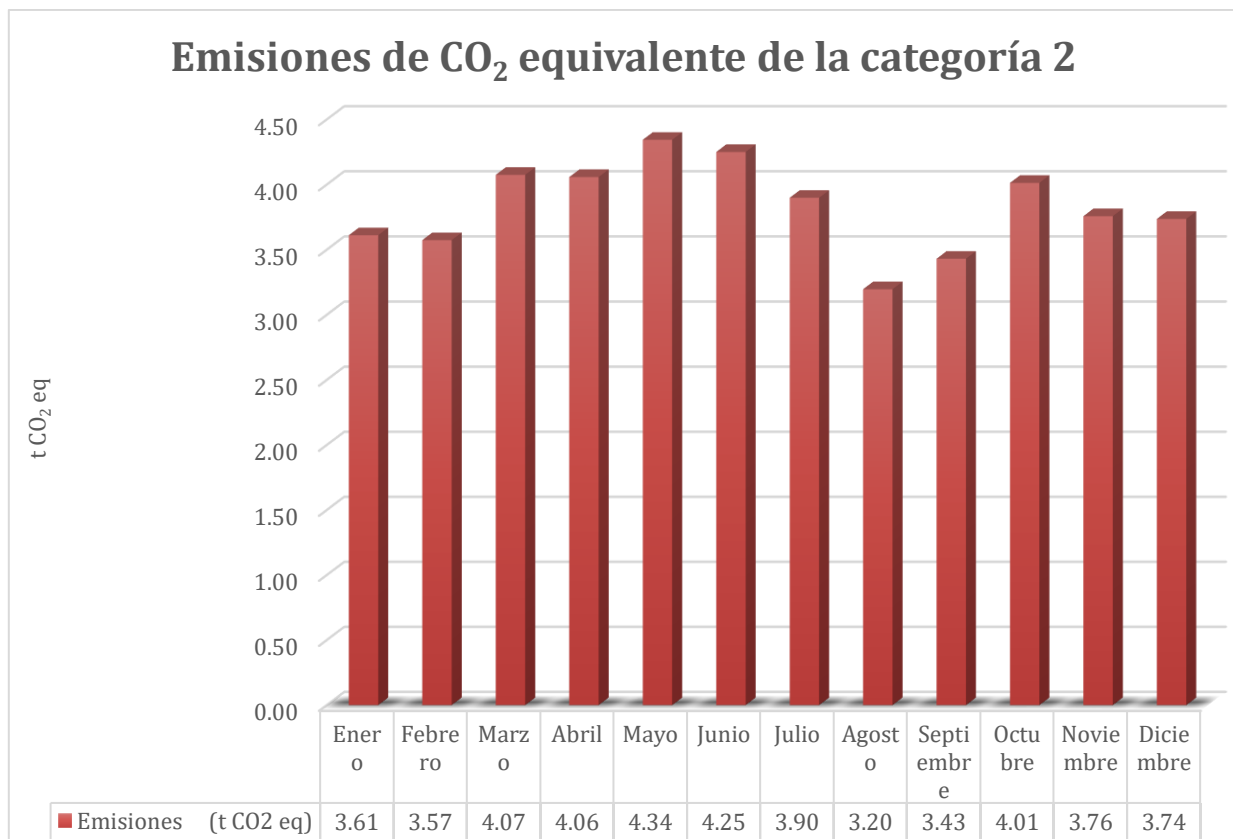


Figura 14. Emisiones de CO₂ eq generadas por el consumo de electricidad.

4.1.1.3 Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI por transporte

4.1.1.3.1 Movilidad terrestre colaboradores y estudiantes

Los datos de movilidad de colaboradores y estudiantes se obtuvieron de la encuesta realizada. El número de entrevistados fue de 345, con un grado de confianza del 95 %. En la figura 15 se observan los medios de transporte usados por los colaboradores y estudiantes. De esta manera, se identifica que el transporte público (bus) es el medio de transporte más empleado, seguido del vehículo liviano.

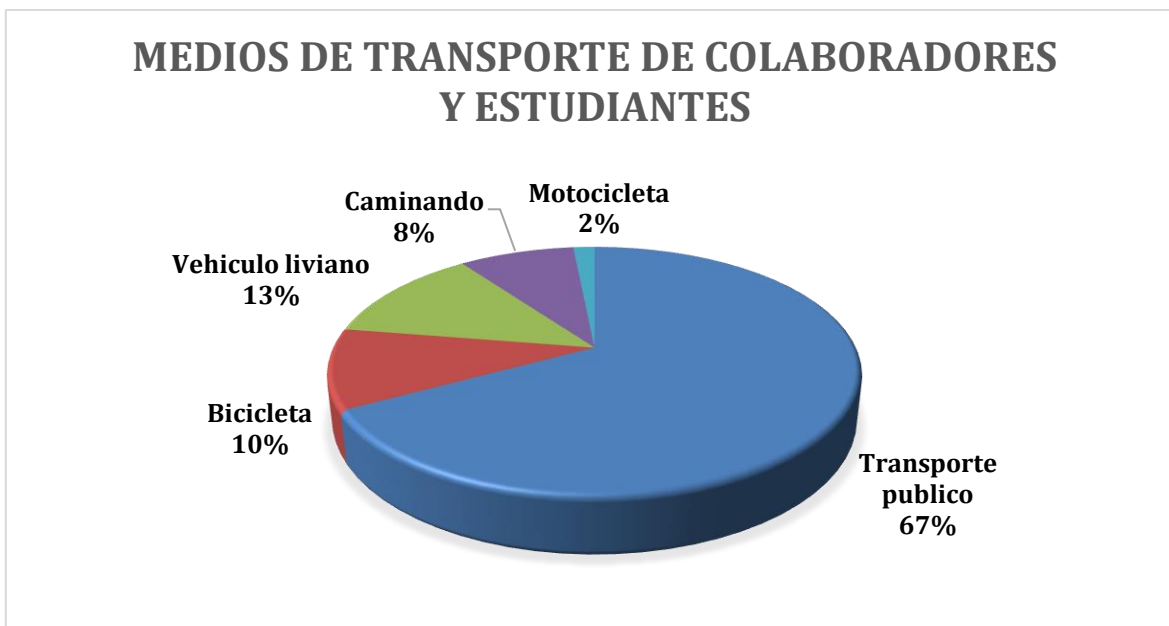


Figura 15. Medios de transporte empleados por los colaboradores y estudiantes.

Las emisiones generadas por la combustión de diésel en el uso de vehículo liviano se obtuvieron siguiendo la metodología de cálculo de emisiones relacionados con las actividades de transporte (transporte en bus, carro o moto) empleados en la investigación de Cruz (2011), en la cual: primero se realizó la transformación del factor de emisión del IPPC el cual estaba en las unidades $\text{kg CO}_2/\text{TJ}$ a $\text{t CO}_2/\text{gal}$, esto se hizo mediante el uso de datos de densidad, poder calorífico neto de la gasolina, los cuales se detallan en el anexo A. Además, para el dato de actividad se tomó en cuenta los días de trabajo al año de la universidad, la eficiencia de la gasolina, el número de pasajeros promedio en un bus usado para transporte público (véase Anexo I) y la distancia de recorrido (km/día ida y vuelta al campus), este último obtenido de la encuesta aplicada.

Con estos datos fue posible realizar la multiplicación del dato de actividad por el factor emisión y por el potencial de calentamiento global, obteniendo las emisiones de esta fuente de emisión. El mismo proceso fue aplicado para el cálculo de las emisiones generadas por la combustión de gasolina ecopaís (Tabla 30)

En cuanto al uso de motocicletas como medio de movilización, se observó que las emisiones generadas son de alrededor de 9.93 t CO_2 equivalentes. Además, se identificó que el medio de transporte que más emite es el vehículo liviano, dentro de los cuales incluye

los vehículos particulares que usan los estudiantes y colaboradores del Campus Balzay con 42.50 t CO₂ eq; mientras que el transporte público emite 24.33 t CO₂ eq. (Tabla 36).

Tabla 36. Recorrido y emisiones de CO₂ equivalente producidos por el uso de los diferentes medios de transporte.

Recorrido y emisiones de CO ₂ equivalente producidos por los diferentes medios de transporte			
Medio de transporte	Combustible	Recorrido (km)	Emisiones (t CO ₂ eq)
Bus	Diésel	4 524	24.33
Vehículo liviano	Gasolina	1 057.4	42.50
Moto	Gasolina	98 256	9.93
Total		103 837.40	76.76

4.1.1.3.2 Movilidad aérea colaboradores

Los viajes aéreos realizados por parte de los colaboradores, se observan en la tabla 37, evidenciando que los viajes aéreos de largo recorrido suman 111 677.3 km, los cuales generaron emisiones de 225.55 t CO₂ eq, mientras que, los viajes de recorrido corto suman 24 377.79 km, pero las emisiones resultaron similares a las de largo recorrido, esto puede deberse al número de vuelos realizados, ya que estos fueron el doble de los de recorrido largo según la Tabla 9. En el caso de los viajes de recorrido corto, el factor de emisión es mayor y los viajes de recorrido largo tienen un factor de emisión menor. Esto se puede evidenciar en la tabla 13.

Tabla 37. Recorrido de los viajes aéreos y las emisiones de CO₂ eq producidas.

Recorrido de los viajes aéreos y las emisiones de CO ₂ eq producidas			
		Recorrido (km)	Emisiones (t CO ₂ eq)
Clase económica	Viaje aéreo. Corto recorrido <1600 km	24 377.79	225.924
	Viajes aéreos. Recorrido medio (1600-3700) km	13 175.78	12.0472
	Viajes aéreos. Largo recorrido (>3700 km)	111 677.3	225.549

Total	149 230.9	463.52
--------------	-----------	--------

4.1.1.3.3 Hospedaje de colaboradores

En la tabla 38 se observa que la mayor cantidad de noches de estancia es a nivel nacional con 165 noches lo que representó una cantidad de emisiones de 2.38 t CO₂ eq, En lo que se refiere a estancia a nivel internacional sumó 63 noches y las emisiones representaron 0.96 t CO₂ eq.

Tabla 38. *Número de noches de estancia y las emisiones producidas por hospedaje.*

Hospedaje de los colaboradores y las emisiones de CO₂ equivalentes producidas		
Hospedaje	Número de Noches	Emisiones (t CO ₂ eq)
Nacional	165	2.376
Internacional	63	0.958
Total	228	3.33

En la figura 16, se observa que en la categoría 3 los viajes aéreos del personal generaron 463.52 t CO₂ eq, mientras la fuente de menor emisión fue el hospedaje del personal con 3.33 t CO₂ eq y la movilidad terrestre del personal y estudiantes la cual generó 76.75 t CO₂ eq.

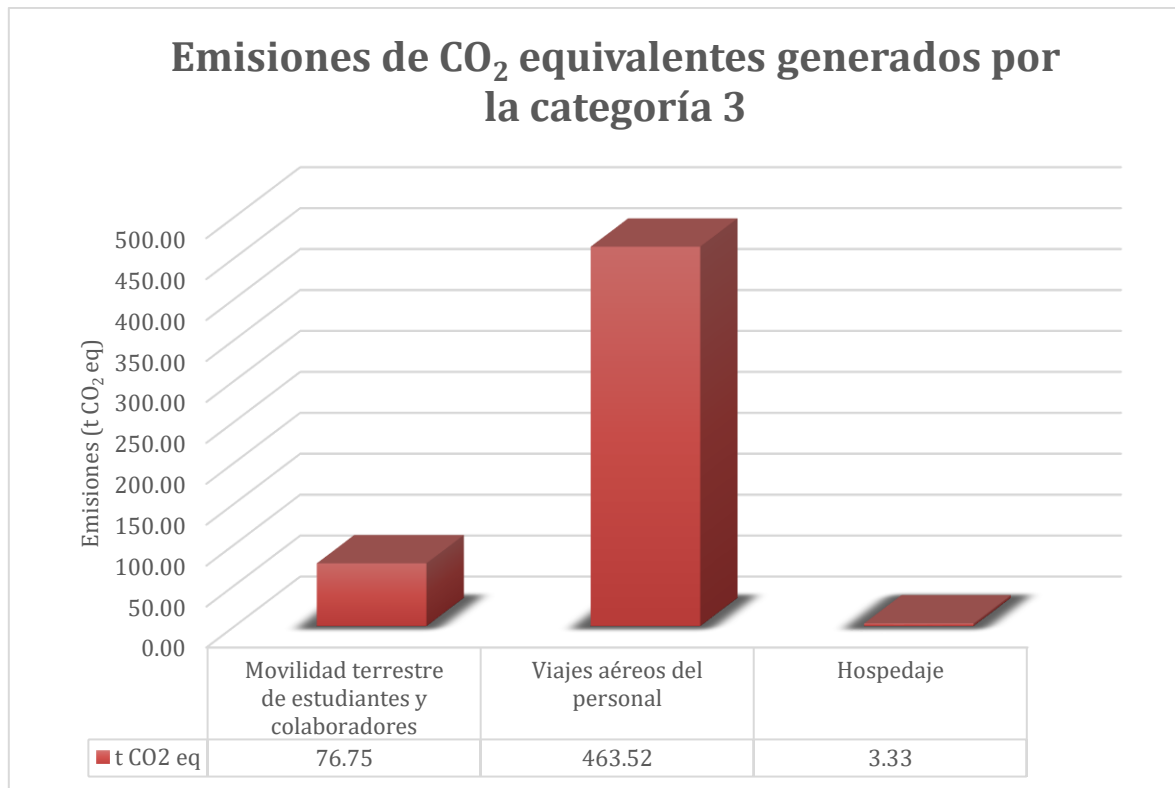


Figura 16. Emisiones de CO₂ eq generadas por la categoría 3 durante el año 2023.

4.1.1.4 Categoría 4: Emisiones indirectas de GEI por productos usados por la organización

4.1.1.4.1 Consumo de papel

Los datos de consumo de papel de colaboradores y estudiantes se obtuvieron de la encuesta realizada, mientras que el consumo de papel del área administrativa se obtuvo de la Unidad de Planificación y Gestión Estratégica, mediante las facturas de compra de insumos. En la Tabla 39, se observa que el mayor consumo de papel fue por parte de estudiantes al hacer uso de cuadernos universitarios, lo cual generó 6.78 t CO₂ eq, seguido del uso de papel bond para entrega de trabajos o deberes con 1.08 t CO₂ eq, mientras que en el área administrativa el consumo fue menor.

Tabla 39. Consumo de papel y las emisiones producidas.

Consumo de papel	Peso papel (kg)	Emisiones (t CO ₂ eq)
Administración Ingeniería	224.64	0.20
Administración CCQQ	315.9	0.29
Departamento de Recursos Hídricos y Ciencias Ambientales	70.2	0.06
Consumo de papel - Estudiantes	1 184.4	1.08
Cuadernos universitarios	7 445.26	6.78
Total	9 240.4	8.41

4.1.1.4.2 Desechos comunes y peligrosos

Los datos de generación de residuos sólidos comunes y biopeligrosos se obtuvieron de la Unidad de la Unidad de Planificación y Gestión Estratégica, identificando que la producción de desechos comunes es de 135.19 t (Tabla 40) al año, mientras que, la cantidad de desechos biopeligrosos es de 2.8 kg al año según el Manifiesto Único del mes de mayo del 2023 (Tabla 41) dado que ese fue el único mes del año en el que se realizó la entrega de estos desechos y las emisiones son inferiores a 1 t CO₂ eq.

Tabla 40. Generación de desechos comunes y emisiones de CO₂ equivalentes producidas.

Generación de desechos comunes y emisiones de CO ₂ equivalentes producidas		
Mes	Generación desechos (t)	Emisiones (t CO ₂ eq)
Enero	14.72	7.32
Febrero	6.52	3.24
Marzo	14.19	7.05
Abril	10.37	5.15
Mayo	11.44	5.69
Junio	11.43	5.68
Julio	11.71	5.82
Agosto	2.18	1.08
Septiembre	10.9	5.42
Octubre	16.89	8.40
Noviembre	7.64	3.80
Diciembre	17.2	8.55
Total	135.19	67.20

Desechos biopeligrosos

Tabla 41. *Desechos biopeligrosos y emisiones de CO₂ eq producidas.*

Generación desechos biopeligrosos y emisiones de CO₂ eq producidas (kg)		
Mes	Generación desechos (kg)	Emisiones (t CO₂ eq)
Mayo	2.8	0.00007336

En la figura 17, se observa que en la categoría 4, correspondiente a las emisiones indirectas de GEI por productos utilizados por la organización, la mayor generación de CO₂ eq proviene de los desechos sólidos comunes, con 67.20 t CO₂ eq. El consumo de papel produce 8.41 t CO₂ eq, mientras que los residuos biopeligrosos no representan una cantidad significativa de emisiones.

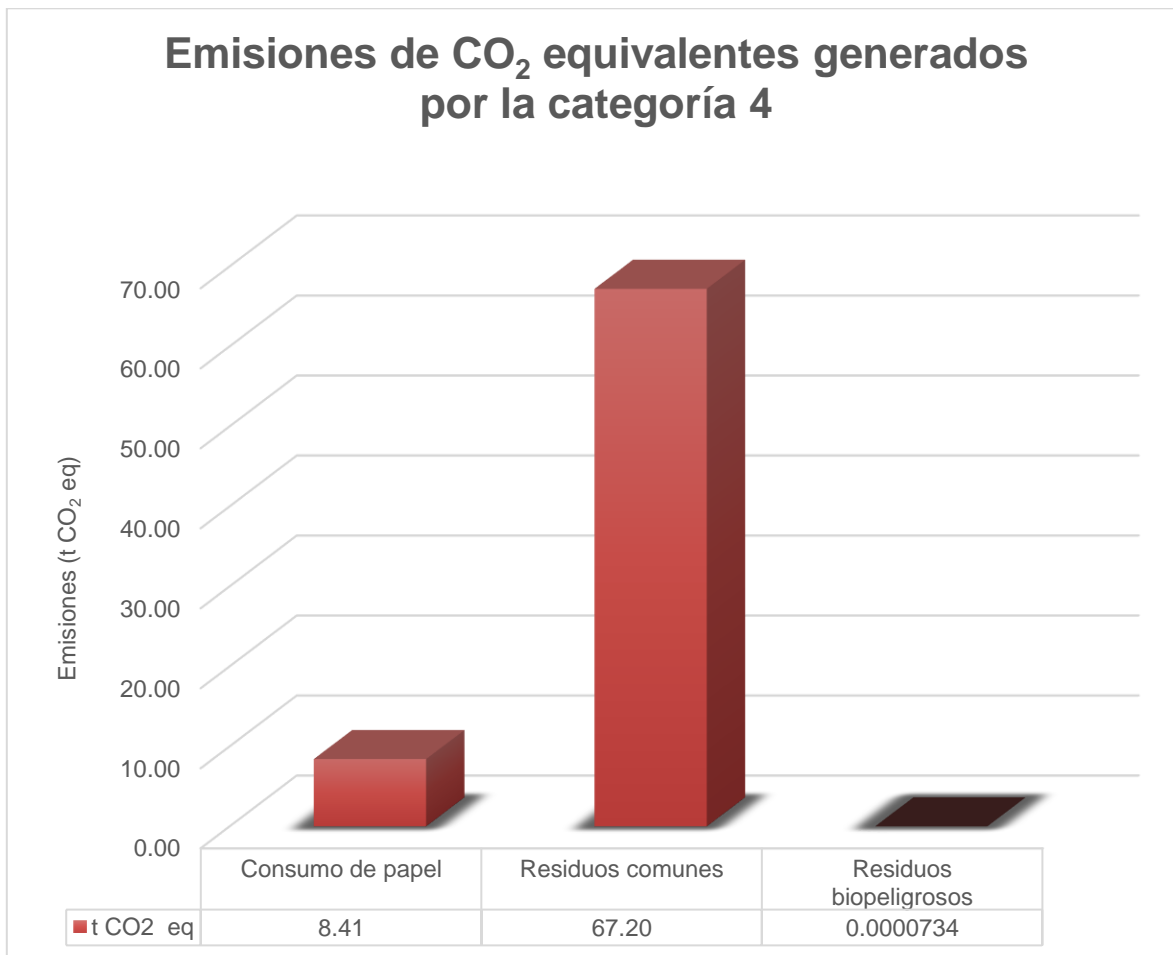


Figura 17. *Emisiones producidas por las fuentes de emisión identificadas en la categoría 4.*

4.1.2 Análisis de incertidumbre

El análisis de incertidumbre realizado tanto para el dato de actividad como para el factor de emisión se muestran en la Tabla 42 y en la Tabla 43.

Tabla 42. *Análisis de incertidumbre del dato de actividad para la cuantificación de la huella de carbón.*

Emisiones	Situación actual	Precisión de los datos de actividad	Integridad de los datos de actividad	Datos de actividad representatividad temporal	Datos de actividad representatividad geográfica	Datos de actividad representatividad tecnológica	Datos de actividad (SDg95)
Vehículos propios: gasolina	Dato de actividad: Registro del consumo en galones de gasolina, de los vehículos de la institución periodo enero-diciembre	1.1	1.05	1	1	1.2	1.24
Vehículos propios: diésel	Dato de actividad: Registro del consumo en galones de gasolina, de los vehículos de la institución periodo enero-diciembre 2023	1.1	1.20	1	1	1.2	1.32
Transporte mensajería: gasolina	Dato de actividad: Registro del consumo en galones de gasolina, de las motocicletas empleadas en mensajería de la institución periodo enero-diciembre 2023	1.2	1.05	1	1	1.2	1.30

Energía eléctrica para Ecuador-empresa CENTROSUR	Dato de actividad: se cuenta con las planillas de consumo de energía eléctrica del periodo enero-diciembre 2023	1	1	1	1	1.2	1.2
Movilización estudiantes y profesores: transporte público	Dato de actividad: tomado de la encuesta muestra representativa	1.2	1.1	1	1.02	1.2	1.32
Movilización estudiantes y profesores: vehículo privado	Dato de actividad: tomado de la encuesta muestra representativa	1.2	1.1	1	1.02	1.2	1.32
Movilización estudiantes y colaboradores: motocicleta	Dato de actividad: tomado de recopilación en campo	1.2	1.1	1	1.02	1.2	1.32
Viajes aéreos	Dato de actividad: Registro de los viajes aéreos de los colaboradores de la institución periodo enero-diciembre 2023	1	1.05	1.1	1	1	1.11
Hospedaje	Dato de actividad: registro de los números de días de viajes nacionales e internacionales	1	1.05	1.1	1	1	1.11
Desechos comunes	Dato de actividad: registro de la	1.1	1.05	1	1	1.2	1.24

	cantidad de desechos generada en el año 2023 Datos de actividad: registro de la cantidad de desechos peligrosos generados en el año 2023	1.1	1.05	1	1	1.2	1.24
Desechos biopeligrosos							
Consumo de papel por los colaboradores y estudiantes	Dato de actividad: tomado de la encuesta muestra representativa	1.2	1.1	1	1.02	1.2	1.32
Consumo de papel oficina administrativa	Dato de actividad: Registro del consumo de papel en kg de la institución periodo enero-diciembre 2023	1.1	1.05	1	1	1.2	1.24

Tabla 43. *Análisis de incertidumbre del factor de emisión para la cuantificación de la huella de carbono.*

Emisiones	Situación actual	Precisión de los datos del factor de emisión	Integridad de los datos del factor de emisión	Representatividad temporal de los datos del factor de emisión	Representatividad geográfica de los datos del factor de emisión	Representatividad tecnológica de los datos del factor de emisión	Factor de emisión (SDg95)
Vehículos propios: gasolina	FE: IPCC, 2006	1	1	1.2	1.02	1.2	1.30
Vehículos propios: diésel	FE: Datos tomado de IPCC, 2006	1	1	1.2	1.02	1.2	1.30
Mensajería: gasolina	FE: Datos tomado de DEFRA 2023	1	1	1.2	1.02	1.2	1.30
Energía eléctrica para Ecuador	FE: Dato tomado de CENACE	1	1.05	1.2	1	1.2	1.30
Movilización estudiantes y profesores: transporte público	FE: Dato tomado del IPCC 2006	1.2	1.1	1.1	1.02	1.2	1.34
Movilización estudiantes y profesores: vehículo privado	FE: Dato tomado del IPCC 2006	1.2	1.1	1.1	1.02	1.2	1.34
Movilización estudiantes y colaboradores: motocicleta	FE: Dato tomado de DEFRA 2023	1.2	1.1	1.1	1.02	1.2	1.34

Viajes aéreos	FE: Datos tomado de DEFRA, 2023	1.5	1.2	1.1	1	1	1.58
Hospedaje	FE: dato tomado de DEFRA, 2023	1	1	1	1.05	1.5	1.50
Desechos biopeligrosos (generación)	FE: Universidad Santiago de Compostela	1.5	1.2	1.5	1	1	1.83
Desechos comunes (disposición relleno sanitario)	FE: DEFRA, 2023	1	1	1	1.05	1.5	1.50
Consumo de papel por los colaboradores y estudiantes	FE: Dato tomado del DEFRA, 2023	1.2	1.1	1.1	1.1	1.5	1.61
Consumo de papel oficina administrativa	FE: Datos tomado de DEFRA, 2023	1.2	1.1	1	1.05	1.2	1.32

En la Tabla 44, se muestra la incertidumbre total. Se determinó que la categoría 1, la cual se refiere a las emisiones directas, presentó una incertidumbre baja y moderada para los datos de actividad y el factor de emisión. En la categoría 2, es decir emisiones indirectas pro consumo de energía, la incertidumbre fue baja, dado que los datos de actividad se obtuvieron de información confiable y el factor de emisión es en base a registros propios del Ecuador. Dentro de la categoría 3, la mayoría de fuentes de emisión tienen una incertidumbre moderada dado que los datos son obtenidos de la encuesta realizada lo cual influye en la calidad de los datos, y los de baja incertidumbre son de registros obtenidos de la universidad. En la categoría 4, se observa baja incertidumbre, moderada incertidumbre y alta incertidumbre esto indica que se requiere obtener información más detallada y precisa, para el caso de la incertidumbre alta.

Por lo tanto, la categoría 3, que engloba las emisiones indirectas de GEI por transporte, y la categoría 4, que se refiere a las emisiones indirectas de GEI por productos usados por la organización, son las que presentan mayores fuentes de emisión con mayor incertidumbre. Esto puede deberse a que la información en el caso de la categoría 3 se basa en encuestas, y en el caso de la categoría 4 no se cuenta con factores de emisión propios en el país.

Tabla 44. *Análisis de incertidumbre total del dato de actividad y el factor de emisión para el cálculo de la huella de carbono.*

Categoría ISO 14064-1	Emisiones	Datos de actividad (SDg95)	Factor de emisión (SDg95)	Incertidumbre Total	Valor Cualitativo
1	Vehículos propios: gasolina	1.24	1.30	1.32	Baja incertidumbre
1	Vehículos propios: diésel	1.32	1.30	1.41	Moderada incertidumbre
1	Mensajería: gasolina	1.30	1.30	1.39	Baja incertidumbre
2	Energía eléctrica para Ecuador	1.20	1.30	1.29	Baja incertidumbre
3	Movilización estudiantes y profesores: transporte público	1.32	1.34	1.43	Moderada incertidumbre

3	Movilización estudiantes y profesores: vehículo privado	1.32	1.34	1.43	Moderada incertidumbre
3	Movilización estudiantes y colaboradores: motocicleta	1.32	1.34	1.43	Moderada incertidumbre
3	Viajes aéreos	1.11	1.58	1.37	Baja incertidumbre
3	Hospedaje	1.11	1.50	1.32	Baja incertidumbre
4	Desechos biopeligrosos	1.24	1.83	1.77	Alta incertidumbre
4	Desechos comunes	1.24	1.50	1.46	Moderada incertidumbre
4	Consumo de papel por los colaboradores y estudiantes	1.32	1.61	1.65	Alta incertidumbre
4	Consumo de papel oficina administrativa	1.24	1.32	1.34	Baja incertidumbre

En la figura 18, se identifican seis fuentes de emisiones con baja incertidumbre, cuyos valores oscilan entre 1.29 y 1.37. Asimismo, se registran dos fuentes de emisiones con alta incertidumbre, con valores entre 1.65 y 1.77. Por otro lado, cinco fuentes de emisiones presentan una incertidumbre moderada, con valores comprendidos entre 1.41 y 1.46.

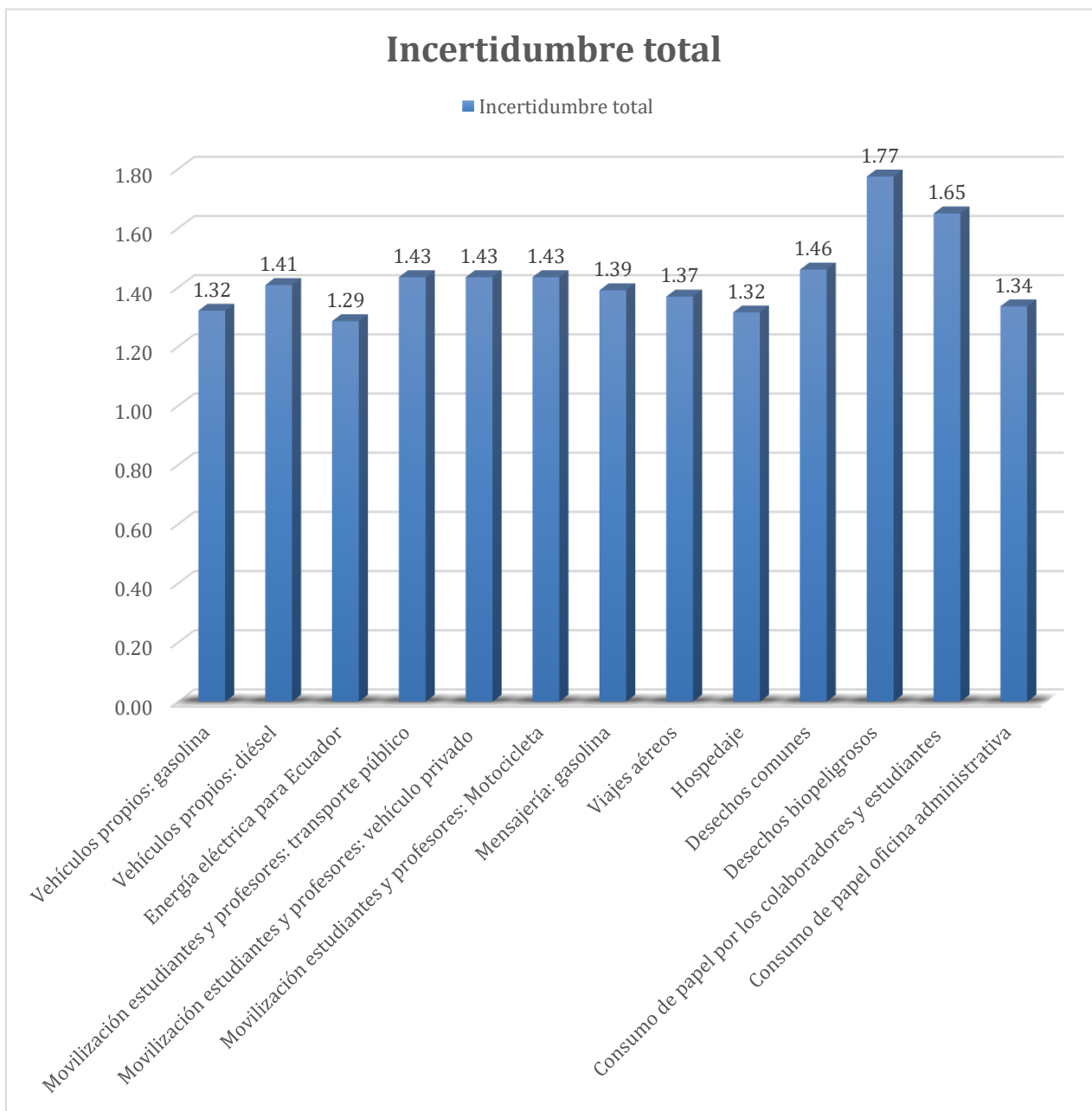


Figura 18. Estimación de la incertidumbre del cálculo de la huella de carbono.

Huella de carbono

Se realizó el cálculo de cada una de las categorías de acuerdo con la norma ISO 14064-1:2018, en la Tabla 45 y Tabla 46 se observan los resultados.

La categoría que mayor aportó a las emisiones de CO₂ eq fue la categoría 3, la cual engloba las emisiones indirectas de GEI causadas por el transporte con 543.61 t de CO₂ eq (81 %), seguido de la categoría 4, la cual se refiere a las emisiones indirectas por productos utilizados por la organización con 75.61 t CO₂ eq (11 %), en tercer lugar, la categoría 2 con 45.94 t CO₂ eq (7 %) y la categoría 1, es decir emisiones de GEI directas, fue la de menor aporte con 8.50 t CO₂ eq (1%) (Tabla 45)

Las emisiones directas fueron de 8.50 t CO₂ eq, y las emisiones indirectas de 665.16 t CO₂ eq, con un total de 673.66 toneladas de CO₂ eq al año (Tabla 46). Los resultados por categoría y por fuente de emisión muestran que el mayor aporte es el de la categoría 3 proveniente de la fuente de viajes aéreos por parte de los colaboradores con 463.52 t CO₂ eq.

Para una mejor interpretación se realizó un gráfico en el que se refleja el porcentaje de emisiones que aporta cada fuente de emisión, observando que el viaje del personal es el que mayor emisión genera representando el 68.81 % del total de emisiones y el de menor emisión es el de los desechos biopeligrosos con 0.000011 % (Figura 19).

Tabla 45. Resultados de la huella de carbono por categoría en el periodo enero-diciembre 2023.

Categoría	t CO₂ eq	Aporte
Categoría 1: Emisiones y remociones directas	8.50	1%
Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI causadas por energía importada	45.94	7%
Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI causadas por el transporte	543.61	81%
Categoría 4: Emisiones indirectas por productos utilizados por la organización	75.61	11%
Total	673.66	100%

Tabla 46. Resultado de las emisiones de t CO₂ eq por categoría y fuente de emisión del Campus Balzay en el periodo enero-diciembre 2023.

Fuentes de emisión de GEI	Emisiones GEI (t CO ₂ eq)	%
Categoría 1: Emisiones y remociones directas	8.50	1.26
Combustión de fuentes móviles (vehículos propios)	8.16	1.21
Combustión de motocicletas empleadas en mensajería	0.34	0.05 1
Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI causadas por energía importada	45.94	6.82
Consumo de energía eléctrica	45.94	6.82
Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI causadas por el transporte	543.61	80.6 9
Transporte terrestre de los colaboradores y estudiantes (Movilización)	76.76	11.3 9
Viajes aéreos del personal	463.52	68.8 1
Hospedaje	3.33	0.49
Categoría 4: Emisiones indirectas por productos utilizados por la organización	75.61	11.2 2
Consumo de papel de estudiantes y profesores	8.41	1.25
Generación de desechos sólidos comunes	67.20	9.97
Generación de desechos sólidos biopeligrosos	0.00007336	0.00 001 1
Total emisiones directas	8.50	
Total emisiones indirectas	665.16	
Total de Emisiones de GEI	673.66	100

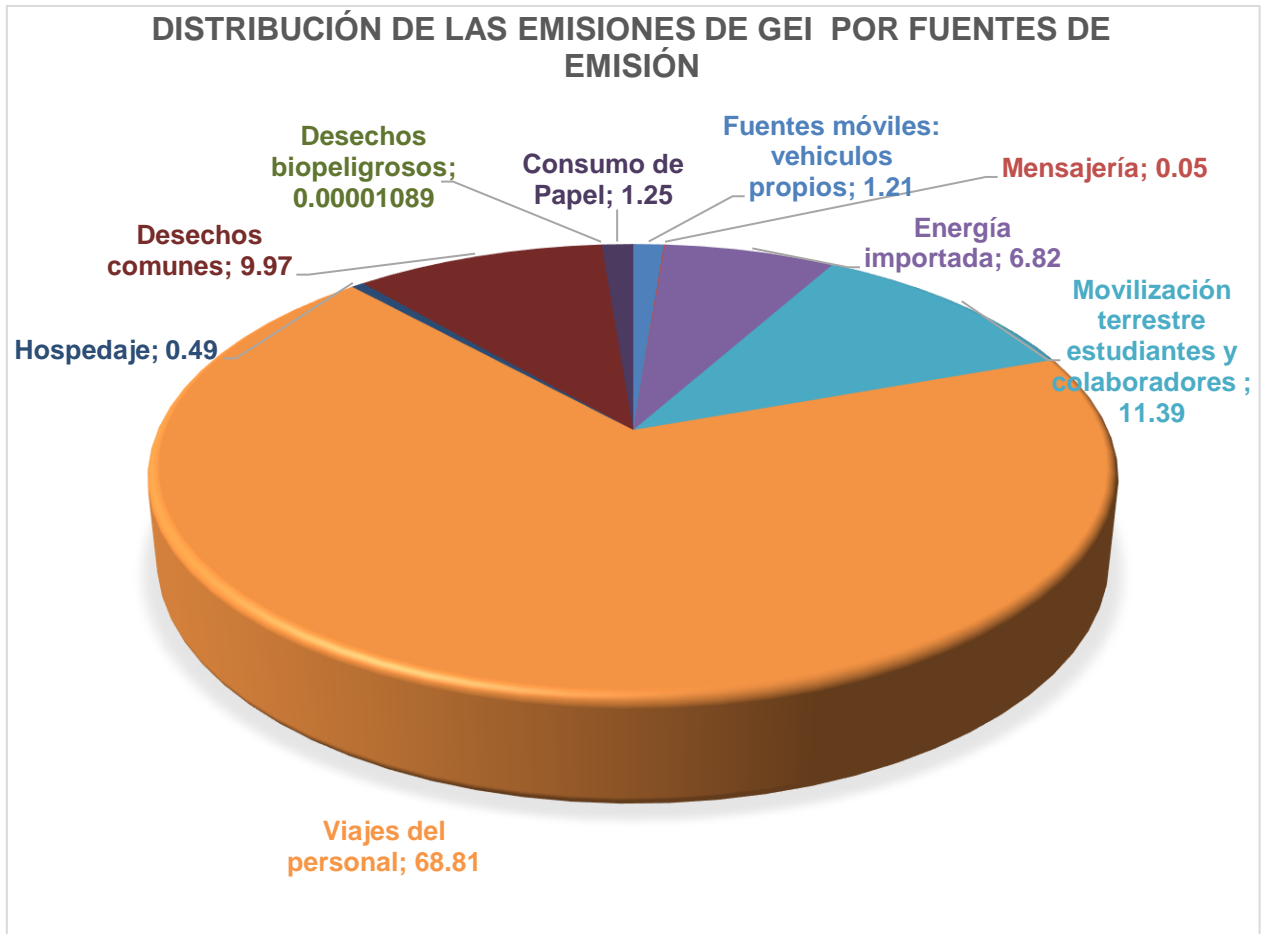


Figura 19. Distribución del porcentaje de emisión de CO₂ eq por fuentes de emisión en el periodo enero-diciembre 2023.

4.2 Huella Hídrica

4.2.1 Huella Hídrica Directa

4.2.1.1 Huella Azul

Para el cálculo de la huella hídrica azul, definida como el volumen total de agua consumida desde las aguas de superficie y subterráneas, se realizó un análisis detallado de los flujos de agua en el campus. Se consideraron tanto el afluente, que incluye el total de agua que ingresaba por el único medidor disponible, como el efluente, determinado a partir de datos recopilados en encuestas que evaluaban el uso del agua en todo el campus.

El afluente registrado fue de 7 854 m³, mientras que, para el efluente se consideraron las descargas provenientes de inodoros, urinarios, lavamanos, actividades de limpieza, lavado

de platos y cocinado de alimentos en la cafetería, cepillado de dientes y riego de áreas verdes obteniendo un resultado de 7 242.637 m³.

El resultado de estos cálculos indicó una huella hídrica azul total de 611.363 m³/año. Con una población de 3 398 personas en el campus, se estableció una relación para determinar la huella hídrica azul per cápita, obteniéndose un valor de 0.18 m³/persona. Mediante la ecuación (5) obtenemos el valor de la huella hídrica azul del campus

$$HH_{Azul} = 7\,854\text{ m}^3 - 7\,242.637\text{ m}^3$$

$$HH_{Azul} = 611.363\text{ m}^3$$

4.2.1.2 Huella Gris

Para calcular la huella hídrica gris, se utilizó la ecuación (6). El volumen de agua entrante (afluente), el mismo utilizado en la huella hídrica azul, se obtuvo de las planillas de consumo de agua potable, registrando un afluente de 7 854 m³. El volumen de agua saliente (efluente) se determinó a partir de datos recopilados en encuestas que evaluaron el uso del agua en el campus Balzay. Para el cálculo del efluente en la huella gris, solo se consideró el agua que termina en el sistema de alcantarillado.

Por lo tanto, se incluyeron descargas provenientes de inodoros, urinarios, lavamanos, actividades de limpieza, lavado de platos en la cafetería y cepillado de dientes. No se consideró el agua utilizada para riego de áreas verdes ni el agua consumida por los estudiantes, ya que estas no terminan en el sistema de alcantarillado. Esto resultó en un efluente de 5 991.14 m³/año.

Con el afluente y el efluente determinados, se procedió al cálculo de la huella hídrica gris (HHgris) utilizando la metodología WFN. Se seleccionó la Demanda Química de Oxígeno (DQO) como el parámetro contaminante a analizar. El análisis del efluente en el laboratorio reveló una concentración de DQO (Ceffl) de 187 mg/L, mientras que para el afluente se obtuvo un valor (Cafi) de 5 mg/L. Se tomó una concentración natural (Cnat) de 0 mg/L, conforme a las recomendaciones de Hoekstra en su guía. Para establecer la concentración máxima (Cmax), se utilizaron los límites máximos permitidos para las descargas de agua al alcantarillado, según lo estipulado en el Libro VI Anexo 1, Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua, siendo este valor de 500 mg/L.

Los datos recopilados, se sustituyeron en la ecuación (6) correspondiente para calcular la huella hídrica gris, obteniéndose el valor final.

$$HH_{gris} = \frac{\left(5991140 \text{ L} * 187 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) - \left(7854000 \text{ L} * 5 \frac{\text{mg}}{\text{L}}\right)}{500 \frac{\text{mg}}{\text{L}} - 0 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}$$

$$HH_{gris} = 2\,162\,146.36 \text{ L}$$

$$HH_{gris} = 2\,162.15 \text{ m}^3$$

4.2.1.3 Huella Verde

Para calcular la huella verde, se utilizaron los datos de precipitación recopilados de la estación meteorológica ubicada en el campus Balzay, junto con la información sobre la superficie de áreas verdes del mismo. Los resultados del proceso seguido se detallan en la Tabla 47. En la primera columna se detalla cada mes del año 2023 en la segunda columna se encuentran los datos de precipitación en mm que se obtuvo de la estación meteorológica del campus, en la tercera columna se calcula la precipitación efectiva donde se aplicó la ecuación (7) debido a que la precipitación era menor a 250 mm En la cuarta columna se convierten los datos de mm de precipitación a m³/ha, considerando que 1 mm de precipitación equivale a 1 L/m² luego se le transforma a m³/ha. Luego, en la quinta columna, estos resultados de la cuarta columna se multiplicaron por el área total de las superficies verdes del campus, que se determinó en 5.87 ha. Por último, en la sexta columna se presentan los valores de la huella verde para cada mes, y al final de la tabla el valor total de la huella verde correspondiente al año 2023.

Tabla 47. Valores mensuales de la huella verde del campus Balzay.

Mes	Precipitación P (mm)	Precipitación Efectiva Pff (mm)	Precipitación Efectiva Pff (m³/ha)	Superficie de Áreas Verdes (ha)	HH Verde (m³)
Enero	107.04	88.71	887.08	5.87	5 207.16
Febrero	8.59	8.47	84.72		497.31
Marzo	80.54	70.16	701.61		4 118.45
Abril	153.64	115.87	1 158.72		6 801.69
Mayo	91.96	78.43	784.29		4 603.78
Junio	21.05	20.34	203.41		1 194.02
Julio	10.58	10.4	104.01		610.54
Agosto	13.72	13.42	134.19		787.70
Septiembre	2.2	2.19	21.92		128.67
Octubre	14.56	14.22	142.21		834.77
Noviembre	42.31	39.45	394.46		2 315.48
Diciembre	162.13	120.07	1 200.72		7 048.23
Total	708.32	581.73	5 817.34	5.87	34 147.79

Se aplicó la ecuación (9) con el que se obtuvo el valor de la HHVerde como se indica a continuación:

$$HHVerde = 5\,817.34 \frac{m^3}{ha} \times 5.87\, ha$$

$$HHVerde = 34\,147.79\, m^3$$

El cálculo de la Huella Hídrica Verde resultó en un valor total de 34 147.79 m³. Este valor representa la cantidad de agua de lluvia utilizada de manera efectiva para las áreas verdes del campus universitario.

Como se observa en la figura 20, los meses de enero, abril, mayo y diciembre presentan los valores más altos de huella, lo cual se debe a las precipitaciones más abundantes. En contraste, los meses de febrero, julio, agosto y septiembre muestran valores bajos de huella hídrica verde, ya que las precipitaciones registradas durante esos periodos fueron escasas.

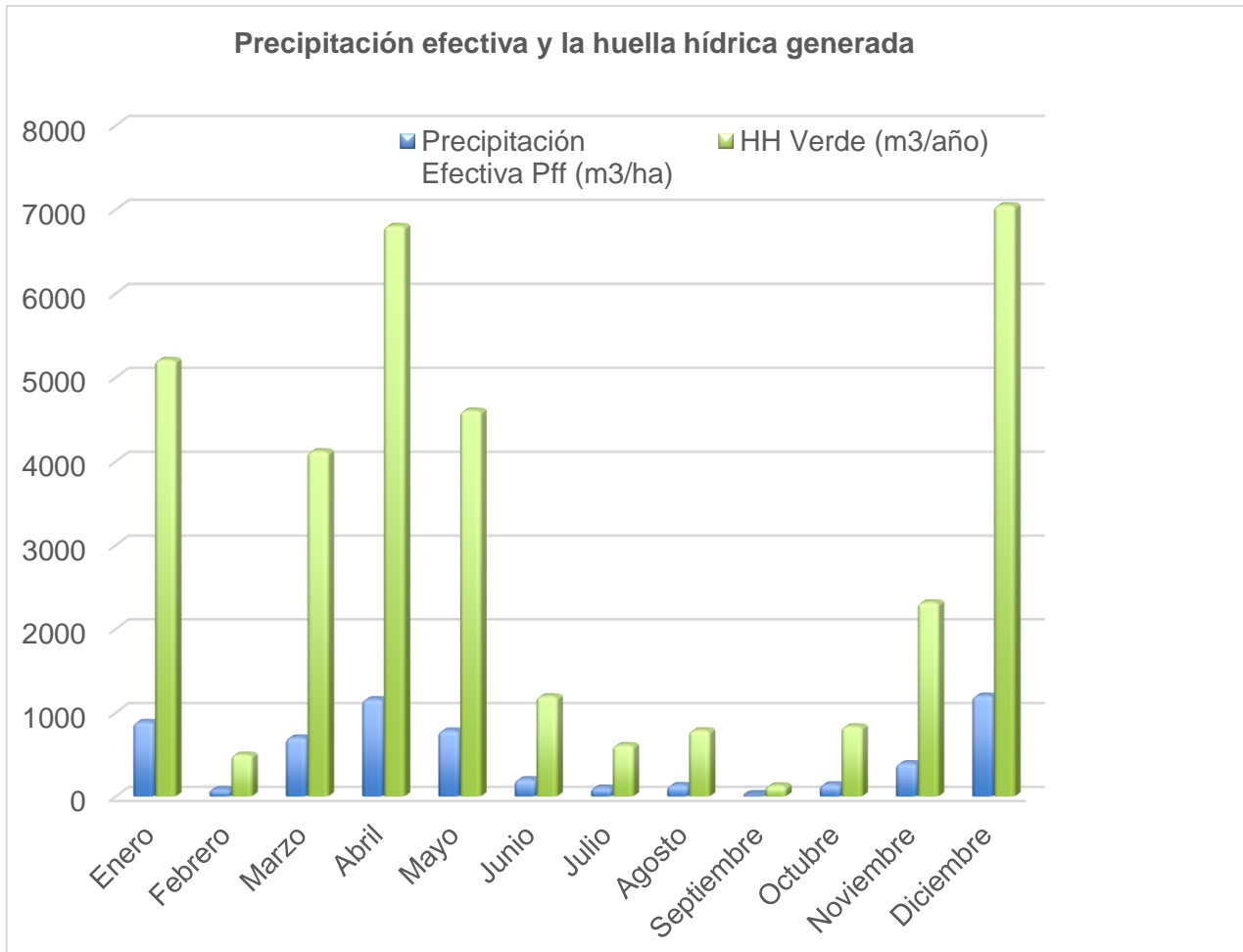


Figura 20. Relación entre la precipitación efectiva y la huella verde.

Nota. El grafico representa la relación por meses que tiene la precipitación efectiva con la huella verde siendo los meses de abril y diciembre que tienen la huella verde más alta debido a que tiene mayor cantidad de precipitaciones a diferencia de los meses de septiembre o febrero que producen menor cantidad de huella verde.

4.2.2 Huella Hídrica directa total

La huella hídrica directa fue el resultado de la suma de tres componentes: la huella hídrica azul, la huella hídrica gris y la huella hídrica verde, calculadas mediante la ecuación (4) como se demuestra a continuación.

$$\text{HHD} = 611.363 \text{ m}^3 + 2\,162.15 \text{ m}^3 + 34\,147.79 \text{ m}^3$$

$$\text{HHD} = 36\,921.30 \text{ m}^3$$

La huella hídrica directa total calculada es de 36 921.30 m³/año. En la figura 21, se presentan los porcentajes obtenidos en las 3 huellas que constituyen la huella hídrica directa del campus Balzay

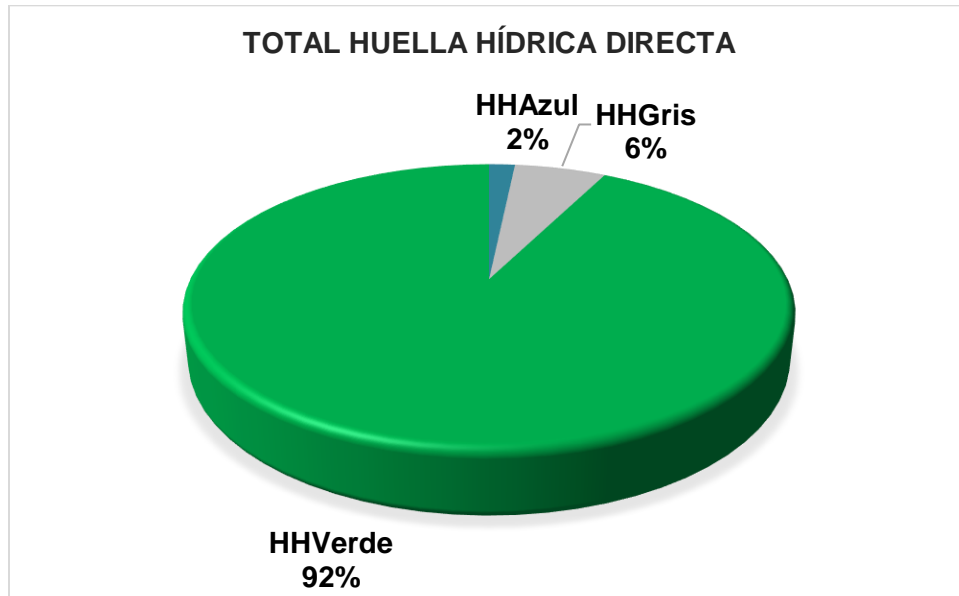


Figura 21. Huella hídrica directa total del campus Balzay en el periodo 2023.

4.2.3 Huella Hídrica Indirecta

4.2.3.1 Huella de energía eléctrica

Para estimar la huella relacionada con el consumo energético, se utilizó la ecuación (11), que establece que el consumo de energético que se da en el campus debe multiplicarse por un coeficiente de conversión. Este coeficiente varió según el porcentaje de energía suministrado por cada fuente. Por lo tanto, fue esencial realizar los cálculos detallados en la Tabla 48, para determinar el valor de la huella hídrica en metros cúbicos (m³). En la primera columna, se presentaron los meses. En la segunda columna, se registró el consumo total en kWh obtenido de los tres medidores ubicados en el campus. La tercera columna indicaba la conversión a GJ. Las siguientes columnas detallaban el tipo de energía que abastecía a la red pública de electricidad, ya multiplicado por su factor de conversión

correspondiente. En la última columna, se sumaron todas las fuentes de energía para obtener la huella hídrica asociada al consumo de energía.

Tabla 48. Consumo de energía eléctrica del Campus Balzay y los tipos de energía que abastecen a la red de energía pública del país.

Mes	Consumo total (kW/h)	Valor GJ	Hidráulica	Eólica	Fotovoltaica	Biogás	Térmica	HHElect Total (m³)
Enero	39 247	141.29	2 473.02	0	0.12	0.27	4.34	2 477.76
Febrero	38 840	139.82	2 447.38	0	0.12	0.27	4.30	2 452.06
Marzo	44 289	159.44	2 790.73	0	0.14	0.31	4.90	2 796.07
Abril	44 109	158.79	2 779.39	0	0.14	0.30	4.88	2 784.71
Mayo	47 216	169.98	2 975.16	0	0.15	0.33	5.22	2 980.86
Junio	46 199	166.32	2 911.08	0	0.14	0.32	5.11	2 916.65
Julio	42 377	152.56	2 670.25	0	0.13	0.29	4.69	2 675.36
Agosto	34 746	125.09	2 189.41	0	0.11	0.24	3.84	2 193.60
Septiembre	37 288	134.24	2 349.58	0	0.12	0.26	4.12	2 354.08
Octubre	43 623	157.04	2 748.76	0	0.14	0.30	4.82	2 754.02
Noviembre	40 842	147.03	2 573.53	0	0.13	0.28	4.52	2 578.45
Diciembre	40 611	146.20	2 558.97	0	0.13	0.28	4.49	2 563.87
TOTAL	499 387	1 797.79	31 467.26	0	1.55	3.44	55.23	31 527.48

El valor de la huella hídrica asociada al consumo de electricidad se calculó en 31 527.48 m³/año. En la siguiente figura se observa como varía la huella durante el periodo de estudio.

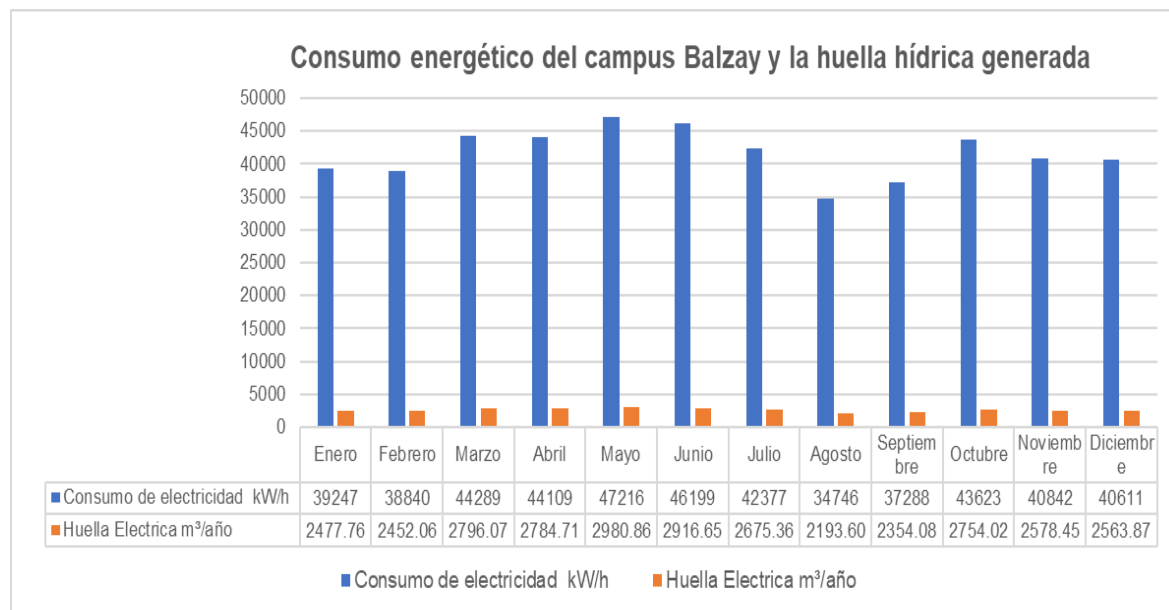


Figura 22. Huella hídrica Indirecta generada por el consumo de electricidad en el campus Balzay.

Nota. El consumo energético del campus Balzay y la huella hídrica generada en el periodo de enero a diciembre de 2023 muestran que los meses de mayo y junio presentan la mayor huella hídrica en relación con el consumo de energía. En contraste, los meses de agosto y septiembre tuvieron la menor huella hídrica, debido a que corresponden al periodo de vacaciones en la universidad.

4.2.3.2 Huella hídrica del papel

Para determinar la huella hídrica relacionada al uso de papel, se empleó la ecuación (12). Los valores se obtuvieron considerando el peso de las resmas de papel bond adquiridas, así como los cuadernos universitarios utilizados durante el año 2023. Primero, se calculó el peso total en toneladas, luego, se aplicó la ecuación utilizando el coeficiente de conversión de 518.5 m³/t, obtenido de la literatura. Finalmente, se obtuvo la HH papel, la Tabla 49, se indica los resultados de este cálculo.

Tabla 49. Consumo de papel y cálculo de la huella indirecta relacionada con el consumo de papel en el Campus Balzay.

Descripción	Peso (kg)	N.º de unidades	Total, gramaje (kg)	Total, gramaje (t)	Equivalente Huella Hídrica Papel (m ³ /t)	Huella Hídrica Papel (m ³)
Resmas Papel	2.3	767	1 794.8	1.79	518.50	930.59
Cuadernos Universitarios	0.39	19 090	7 445.1	7.45	518.50	3 860.28
Total	2.73		9 239.9	9.24		4 790.88

El resultado de la huella hídrica relacionada al consumo de papel en el campus universitario se calculó en 4 790.88 m³/año. Este cálculo incluyó el uso de papel para fines académicos y de oficina, excluyendo el papel higiénico y otros desechables, que no se consideraron en el estudio.

4.2.4 Huella Hídrica Indirecta total

Para calcular la HH Indirecta Total, se llevó a cabo la suma de la Huella relacionada con el consumo eléctrico como la huella relacionada con el consumo de papel utilizando la ecuación (10). Como resultado, se obtuvo una cantidad total de 36 318.36 m³/año

$$HHIndirecta = WF_{Electricidad} + WF_{Papel}$$

$$HHIndirecta = 31\,527.48 \frac{m^3}{año} + 4\,790.88 \frac{m^3}{año}$$

$$HHIndirecta = 36\,318.36 \frac{m^3}{año}$$

La HH Indirecta relacionada con el consumo de energía representa 87 % del total, mientras que el consumo de papel solo constituye el 13 % como se demuestra en la figura 23.

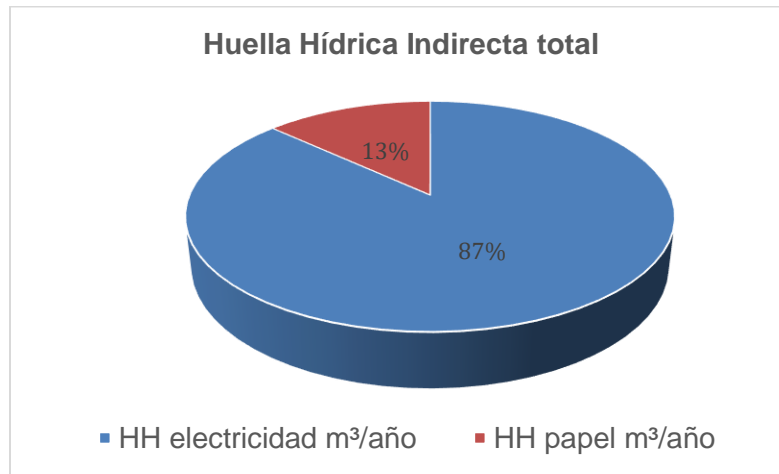


Figura 23. Estimación de la huella hídrica indirecta del campus Balzay correspondiente al periodo enero-diciembre 2023.

4.2.5 Estimación total de la huella hídrica

Para la estimación total de la huella hídrica registrada en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca, se empleó la ecuación (3), la cual describe la suma de la huella hídrica directa e indirecta. A continuación, se presenta el cálculo.

$$HHTotal = 36\,921.303 \frac{m^3}{año} + 36\,318.36 \frac{m^3}{año}$$

$$HHTotal = 73\,239.663 \frac{m^3}{año}$$

La HHTotal tiene un valor de 73 239.663 m³/año, de los cuales el 47 % corresponde a la HHVerde, el 43 % a la HHEléctrica, el 6 % a la HHPapel, el 3 % a la HHGris y el 1 % a la HH Azul, como se observa en la Figura 24.

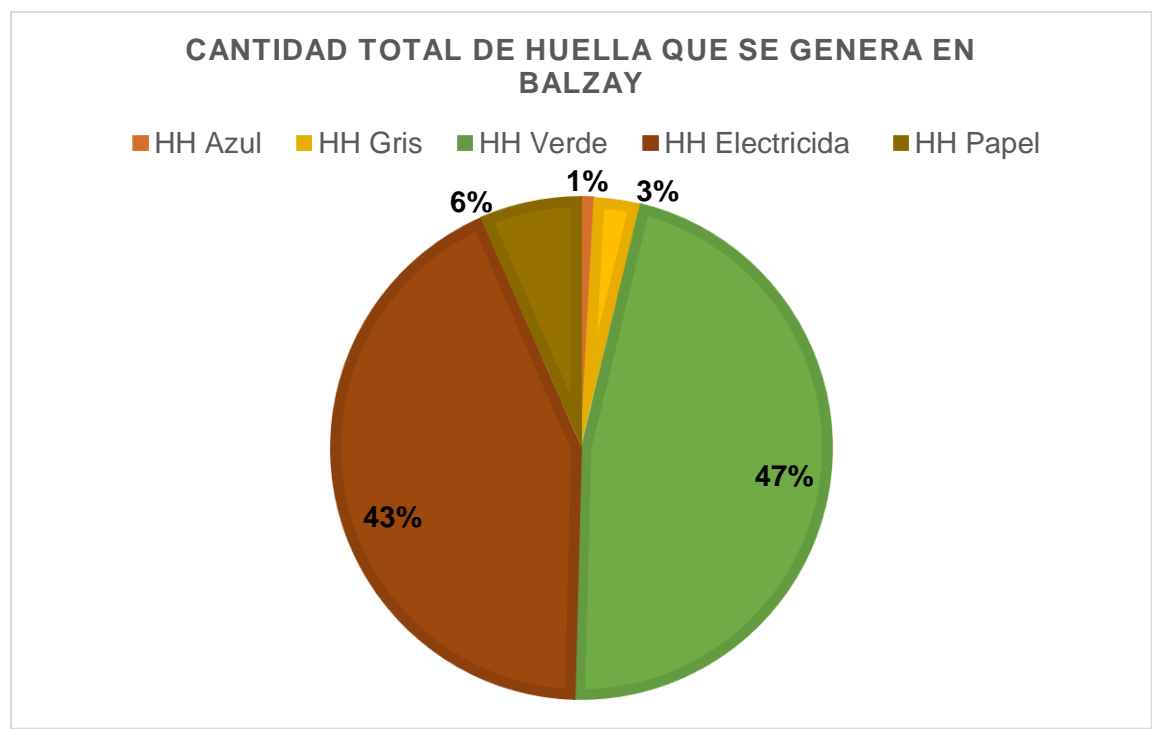


Figura 24. Estimación total del Huella Hídrica registrada en el Campus Balzay correspondiente al periodo enero-diciembre 2023

En la Tabla 50, se presenta un resumen detallado de los valores obtenidos para las diferentes componentes de la huella hídrica del Campus Balzay durante el año 2023. En dicha tabla, se incluyeron datos específicos sobre la huella hídrica azul, gris y verde, así como las huellas indirectas relacionadas con papel y electricidad. Esto permite una comprensión clara y concisa de cómo se distribuyó y utilizó el recurso hídrico en el campus, destacando las áreas con mayor impacto y facilitando la identificación de oportunidades para mejorar la gestión del agua.

Tabla 50. Resumen detallado de los valores obtenidos del cálculo de la huella hídrica del Campus Balzay del periodo 2023

Huella Hídrica	Tipo de Huella	Cantidad (m³/año)	Total (m³/año)
HH Directa	HH Azul	611.363	36 921.303
	HH Gris	2162.15	
	HH Verde	34 147.79	
HH Indirecta	HH Electricidad	31 527.48	36 318.360
	HH Papel	4 790.88	
Total			73 239.663

4.2.6 Análisis de sostenibilidad

Para el análisis de sostenibilidad, es importante considerar la disponibilidad de agua en la cuenca y la capacidad de asimilación del contaminante DQO en el volumen de agua que se produce en el Campus. La cuenca del río Tomebamba es el principal abastecedor de agua a la planta potabilizadora del Cebollar, que a su vez provee de agua al Campus Balzay.

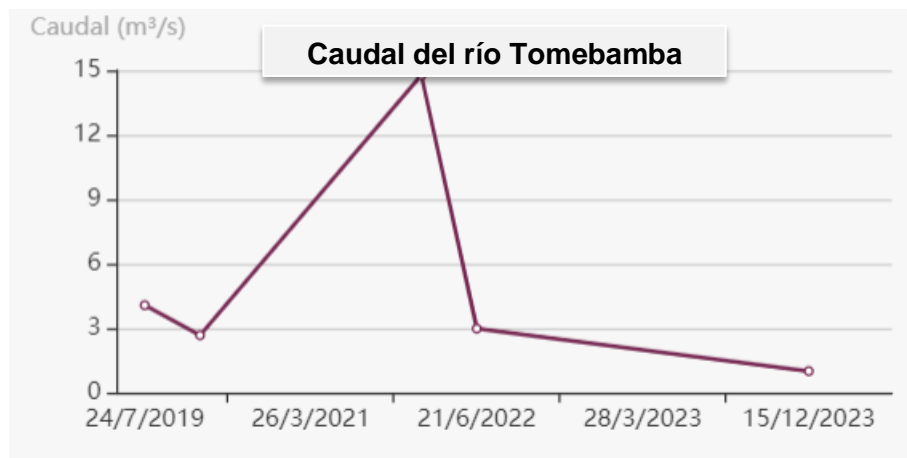


Figura 25. Caudal del río Tomebamba en el año 2023. **Fuente:** Adaptado del “Monitoreo eco-hidrológico de Cuenca” realizado por ETAPA EP.

Se llevó a cabo un análisis de las huellas hídrica (azul) y de contaminación (gris) desde una perspectiva ambiental. Los cálculos requieren datos sobre el caudal natural de la cuenca y las necesidades ambientales del ecosistema para identificar puntos críticos ambientales.

Los puntos críticos ambientales se definen como períodos específicos e irregulares durante el año en los que la huella hídrica o de contaminación excede la disponibilidad real o la capacidad de asimilación de contaminantes, indicando períodos de insostenibilidad (Castillo, 2014).

4.2.6.1 Análisis Ambiental: Huella Hídrica (Azul)

Para este análisis, se emplearon los datos de caudal del río Tomebamba, convertidos a metros cúbicos por mes. Considerando que la cuenca abastece a una población de 200 000 personas, de las cuales el 1.70 % corresponde a la población universitaria, se aplicó la regla del 20 % propuesta por Hoekstra et al. (2011). Esta regla establece que el 20 % del caudal natural está disponible para el consumo humano. Este resultado se utilizó para

determinar el volumen destinado a satisfacer las necesidades hídricas del Campus. Los valores calculados se presentan en la tabla 51.

Tabla 51. Valores de escurrimiento y disponibilidad de agua para el Campus Balzay.

Mes	Caudal (m³/s)	Escurrimiento natural (m³/mes)	Requerimiento ambiental de la cuenca (m³/año) (80%)	Disponibilidad real de la cuenca (m³/mes) (20%)	Disponibilidad real para el Campus Balzay (m³/mes)
Enero	1.8	4 821 120	3 856 896	964 224	16 391.808
Febrero	2.8	6 773 760	5 419 008	1 354 752	23 030.784
Marzo	2.9	7 767 360	6 213 888	1 553 472	26 409.024
Abril	2.9	7 516 800	6 013 440	1 503 360	25 557.12
Mayo	2.4	6 428 160	5 142 528	1 285 632	21 855.744
Junio	1.7	4 406 400	3 525 120	881 280	14 981.76
Julio	1.3	3 481 920	2 785 536	696 384	11 838.528
Agosto	1.12	2 999 808	2 399 846.4	599 961.6	10 199.3472
Septiembre	0.89	2 306 880	1 845 504	461 376	7 843.392
Octubre	0.57	1 526 688	1 221 350.4	305 337.6	5 190.7392
Noviembre	0.37	959 040	767 232	191 808	3 260.736
Diciembre	2.03	5 437 152	4 349 721.6	1 087 430.4	18 486.3168

Para el cálculo del índice de escasez se empleó la siguiente ecuación:

$$Indice\ HH_{Azul} = \frac{HH_{Azul}(mensual)}{Disponibilidad\ real\ (mensual)} \quad (13)$$

De acuerdo con el valor obtenido del índice, se realiza la comparación conforme al rango determinado, de la siguiente manera:

a) Menor a 1		c) Entre 1.5 y 2	
b) Entre 1 y 1.5		d) Mayor a 2	

Figura 26. *Índice de escasez del agua.* **Fuente:** Adaptado de (Hoekstra et al., 2011).

Siendo:

- a) Muy baja escasez de agua azul
- b) Moderada escasez de agua azul
- c) Significativa escasez de agua azul
- d) Severa escasez de agua azul

Se procedió aplicar la ecuación 13 para obtener el índice de escasez mensual del Campus Balzay a través de la disponibilidad real de agua como se demuestra en la Tabla 52.

Tabla 52. *Sostenibilidad Ambiental de la Huella Hídrica Azul.*

Mes	Disponibilidad		Huella Azul (m ³ /mes)	Índice de escasez
	real para el Campus Balzay (m ³ /mes)	Días Hábiles		
Enero	16 391.808	22	74.72	0.0046
Febrero	23 030.784	0	0.00	0.0000
Marzo	26 409.024	14	47.55	0.0018
Abril	25 557.12	20	67.93	0.0027
Mayo	21 855.744	22	74.72	0.0034
Junio	14 981.76	19	64.53	0.0043
Julio	11 838.528	16	54.34	0.0046
Agosto	10 199.3472	0	0.00	0.0000
Septiembre	7 843.392	10	33.96	0.0043
Octubre	5 190.7392	20	67.93	0.0131
Noviembre	3 260.736	20	67.93	0.0208
Diciembre	18 486.3168	17	57.74	0.0031
Promedio				0.0052

En este caso, se registró un promedio del índice de escasez de 0.0052, indicando un impacto ambiental insignificante en términos de consumo de agua. La huella azul mensual fue inferior al 20 % del escurrimiento natural de la cuenca y no superó la disponibilidad de agua azul. Como resultado, el escurrimiento del río se mantuvo prácticamente inalterado, cumpliendo con los requisitos ambientales de la cuenca sin infringirlos.

Análisis Dimensional Ambiental: Huella Gris

Para evaluar la sostenibilidad de la huella gris, se utilizó un procedimiento similar al aplicado en el análisis de la huella azul. Además, se mostró la distribución de la huella gris a lo largo del año 2023. La disponibilidad real de agua para el campus Balzay, proveniente del caudal del río Tomebamba, se comparó con la cantidad necesaria para disolver el contaminante seleccionado, la Demanda Química de Oxígeno (DQO). La cuantificación de la huella gris resultó en un índice de contaminación.

Para evaluar la contaminación del agua, se calculó un índice de contaminación hídrica. Este índice se obtuvo dividiendo el total de la huella gris de cada mes entre el volumen real de agua disponible mensualmente para el campus, utilizando la ecuación (14).

$$Indice\ HH_{GRIS} = \frac{HH_{GRIS}(mensual)}{Disponibilidad\ real\ (mensual)} \quad (14)$$

Para los límites de contaminación de la huella gris se utiliza los mismo que se ocuparon en el análisis de sostenibilidad de la huella azul, utilizando la misma clasificación de colores y valores. Los de la huella azul y se clasificaron utilizando los mismos colores y denominaciones:

- a) Muy bajo índice de contaminación hídrica: Cuando se obtiene un valor menor a uno significa que el impacto ambiental en términos de contaminación del agua es no significativo.
- b) Moderado índice de contaminación hídrica: La cuenca estaba moderadamente afectada.
- c) Significativo índice de contaminación hídrica: El escurrimiento del río se encontraba significativamente afectado por la contaminación.
- d) Severo índice de contaminación hídrica: El escurrimiento del río se percibía seriamente modificado por la contaminación.

Al igual que en el análisis de la huella azul, los volúmenes de la huella gris se distribuyeron según los días hábiles de cada mes, siguiendo el mismo procedimiento previamente detallado. Los resultados se registraron en la Tabla 53.

Tabla 53. Resultados de la Huella Gris con respecto al índice de contaminación.

Mes	Disponibilidad real para el Campus Balzay (m ³ /mes)	Días Hábiles	Huella Gris (m ³ /mes)	Índice de contaminación
Enero	16 391.81	22	264.26	0.016
Febrero	23 030.78	0	0.00	0.000
Marzo	26 409.02	14	168.17	0.006
Abril	25 557.12	20	240.24	0.009
Mayo	21 855.74	22	264.26	0.012
Junio	14 981.76	19	228.23	0.015
Julio	11 838.53	16	192.19	0.016
Agosto	10 199.35	0	0.00	0.000
Septiembre	7 843.39	10	120.12	0.015
Octubre	5 190.73	20	240.24	0.046
Noviembre	3 260.73	20	240.24	0.074
Diciembre	18 486.31	17	204.20	0.011
Promedio				0.018

En este caso, se obtiene un promedio de 0.018, lo que indica un índice de contaminación muy bajo. Esto sugiere que el impacto ambiental en términos de contaminación del agua es insignificante o prácticamente inexistente.

4.3 Plan de reducción de huella de carbono

El plan para mitigar la huella de carbono en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca en enfoca en la reducción de emisiones en las cuatro categorías calculadas. En la categoría 1, se busca disminuir las emisiones provenientes del uso de combustibles en la flota vehicular mediante el fomento del uso de transporte eco amigable y la baja de vehículos obsoletos. Para la categoría 2, las estrategias incluyen aprovechar la luz, natural, apagar las luces y la realización de mantenimiento preventivo en equipos y redes eléctricas. En la categoría 3, se promueve la movilidad sostenible u la compensación de viajes aéreos. Finalmente, en la categoría 4, se propone fomentar el uso de medios digitales y mejorar la

disposición de residuos sólidos. Para todo esto, la participación de la comunidad universitaria es indispensable, con un seguimiento en cada periodo académico para garantizar el éxito del plan de reducción.

En el siguiente plan se describe el propósito, el tipo de proyecto, las medidas propuestas, cuál es el riesgo que tienen, los participantes, la frecuencia de seguimiento y la viabilidad.

Plan para mitigar la huella de carbono producidos por la categoría 1 en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca	
Categoría 1: Emisiones directas	
Propósito	Reducir las emisiones de CO ₂ provenientes de la categoría 1: uso de combustibles en la flota vehicular del campus
Tipo de proyecto	Plan de prevención y/o mitigación y monitoreo
Descripción y medidas propuestas	- Fomentar el uso de transporte eco-amigables.
Riesgo	La administración del campus no considere el uso de los combustibles y las emisiones de GEI que produce la flota vehicular como relevante.
Participante	Comunidad universitaria en caso de ser aprobado por las autoridades, es decir, se necesita de los estudiantes, docentes, investigadores, personal administrativo y de mantenimiento.
Frecuencia	Socialización con la comunidad universitaria y seguimiento en cada periodo académico.
Viabilidad técnica	El costo de inversión es bajo dado que actualmente ya se promueve el uso de transporte eco-amigables, sin embargo, no son empleados por el personal del área administrativo, solo los estudiantes por lo que se podría motivar a que ellos también hagan uso del servicio de las ecovans para movilización entre campus. Además, extender el uso de los vehículos eléctricos para

	el servicio de mensajería.
--	----------------------------

Plan para mitigar la huella de carbono producidos por la categoría 2 en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca	
Categoría 2: Emisiones indirectas de GEI causadas por energía importada	
Propósito	Reducir las emisiones de CO ₂ provenientes de la categoría 2 por el uso de energía eléctrica.
Tipo de proyecto	Plan de prevención y/o mitigación y monitoreo.
Descripción y medidas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> - Aprovechar la luz natural en las aulas, pasillos y oficinas. - Apagar las luces cuando no se estén utilizando. - Realizar de manera periódica el mantenimiento preventivo a los equipos eléctricos. - Realizar anualmente el mantenimiento de la red eléctrica del campus Balzay, asegurando un buen estado. - Instalar sensores en los baños del aulario B. Esto con base a que según el anexo B, el consumo de energía en horas no laborables es significativo como es el caso del medidor 1, en el cual el consumo es el doble en el horario 22h00 - 08h00 siendo de 62.56 MW/h, mientras que en el medidor 2 el consumo en dicho horario es de 107.59 MW/h y el del medidor 3 es de 24.05 MW/h siendo estos valores cercanos a los datos de consumo en el horario 08h00 - 18h00.
Riesgo	La administración del campus no considere el consumo de energía eléctrica y las emisiones de GEI que produce como relevante.
Participante	Comunidad universitaria en caso de ser probado por las

	autoridades, lo cual involucra docentes, investigadores, estudiantes y personal administrativo y de mantenimiento del campus.
Frecuencia	Socialización con la comunidad universitaria y seguimiento en cada periodo académico.
Viabilidad técnica	Económica: La colocación de sensores de encendido de luces en los baños tendría un costo aproximado de \$200 por piso, al estar compuesto de 4 pisos el costo total sería de \$ 800 para el Bloque B. El costo de inversión es bajo.

Plan para mitigar la huella de carbono producidos por la categoría 3 en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca	
Categoría 3: Emisiones indirectas de GEI causadas por el transporte	
Propósito	Reducir las emisiones de CO ₂ provenientes de la categoría 3 por de la movilización de los colaboradores y estudiantes.
Tipo de proyecto	Plan de prevención y/o mitigación y monitoreo.
Descripción y medidas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> - Transporte terrestre de los colaboradores y estudiantes: Campañas de uso de programas de movilidad sostenible en la Universidad: MOVER U para estudiantes y personal. Ampliar los horarios de las Vans eléctricas de la Universidad para mayor interconexión entre campus Promover el uso de bicicletas y el transporte público: mediante la construcción de estacionamientos techados para las bicicletas. - Viajes aéreos del personal: Se pueden compensar las emisiones de CO₂ cuando se

	<p>realiza la compra de los pasajes de avión, para lo cual se comparó dos aerolíneas, que ofrecen la alternativa de compensar las emisiones de CO₂, siendo la aerolínea A la más conveniente. Esto principalmente porque se compensa 27.42 t CO₂ eq representando un 5.92 % de compensación de emisiones causadas por movilidad aérea.</p> <p>También existe la posibilidad de que ciertas reuniones o gestiones se realicen a través del uso de plataformas para videoconferencias, es decir, realizarlas de manera virtual.</p>		
Riesgo	La administración del campus no considere el consumo de energía eléctrica y las emisiones de GEI que produce como relevante.		
Participante	Comunidad universitaria en caso de ser probado por las autoridades, en este caso los investigadores y docentes o personal administrativo que realice viajes con fines académicos puede realizar la compensación de los vuelos, así mismo promover esta iniciativa a los estudiantes.		
Frecuencia	Socialización con la comunidad universitaria y seguimiento en cada periodo académico.		
Viabilidad	<p>Transporte terrestre de los colaboradores y estudiantes</p> <p>Las campañas no representan costos, dado que se pueden realizar desde las redes sociales y plataformas propias de la Universidad.</p> <p>Construcción de estacionamiento techados para las bicicletas es viable dado que existe el espacio.</p>		
	Viajes aéreos del personal		
		Aerolínea A	Aerolínea B

	Total emisiones (t CO ₂ eq) compensadas en la huella de carbono	27.42	9.69
	Costo (\$)	199.12	99.63
	Porcentaje de Compensación en la huella de carbono por movilidad aérea	5.92 %	2.09 %
	% costo de compensación respecto al costo total de los viajes aéreos	0.62 %	0.31 %
	Como se puede observar es viable el pago de compensación de cada boleto dado que representa un costo aproximado de 0.31 % respecto al costo total del vuelo o de 0.62 % en caso de comprar los boletos en la Aerolínea A.		

Plan para mitigar la huella de carbono producidos por la categoría 4 en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca

Categoría 4: Emisiones indirectas por productos utilizados por la organización

Propósito	Reducir las emisiones de CO ₂ provenientes de la categoría 4 por el consumo de papel y la generación de residuos en el campus.
------------------	---

Tipo de proyecto	Plan de prevención y/o mitigación y monitoreo.
Descripción y medidas propuestas	<p>Consumo de papel de estudiantes, profesores y personal administrativo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fomentar el uso de medios digitales para la presentación de tareas y para los trámites administrativos. - Generación de desechos sólidos comunes: Colocación de basureros que faciliten la separación de residuos sólidos, dado que actualmente no existe una disposición adecuada de los residuos sólidos comunes, y la promoción del reciclaje dentro del campus.
Riesgo	La administración del campus no considere el consumo de energía eléctrica y las emisiones de GEI que produce como relevante.
Participante	Comunidad universitaria en caso de ser probado por las autoridades, lo cual involucra docentes, investigadores, estudiantes y personal administrativo y de mantenimiento del campus.
Frecuencia	Socialización con la comunidad universitaria y seguimiento en cada periodo académico.
Viabilidad técnica	El presupuesto de la colocación de basureros puede ser cubierto por la Universidad. La inversión es baja dado que no implica un elevado costo, mientras dichos basureros son colocados estratégicamente, además una vez implementado debería realizarse mantenimiento periódico.

4.4 Plan de reducción de huella hídrica

El Plan para Mitigar la Huella Hídrica del Campus Balzay se enfoca en reducir tanto la huella hídrica directa como indirecta. La huella hídrica directa se abordará mediante medidas como el riego por goteo, la capacitación en técnicas de ahorro de agua, y la instalación de

dispositivos de eficiencia hídrica. Por otro lado, para mitigar la huella hídrica indirecta, se implementarán estrategias como la digitalización de documentos, la optimización del consumo de electricidad y la reducción del uso de papel. Este plan destaca por su alta viabilidad técnica y moderada viabilidad económica, con un significativo potencial de ahorro y mejoras ambientales.

Plan para mitigar la Huella Hídrica Directa en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca	
Propósito	Reducir la Huella hídrica azul y gris mediante la implementación de medidas y practicas sostenibles para que se gestione adecuadamente el agua.
Tipo de proyecto	Gestión de recursos hídricos.
Descripción y medidas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> – Riego por goteo en áreas verdes del campus con esto se permitirá que el agua caiga directamente a la raíz de la planta, evitando el desperdicio y evaporación del agua. – Capacitaciones al personal de mantenimiento en técnicas de limpieza en seco y sobre el ahorro del agua y ajustar el cronograma de frecuencia de limpieza en función de la necesidad real. – Emplear productos de limpieza ecológicos y biodegradables que requieran menos enjuague por ende menor cantidad de agua. – Implementar dispositivos que reduzcan el volumen de agua en cada descarga que se realice en los inodoros. Existen urinarios secos que emplean agua para la limpieza. – Instalar sensores automáticos de presencia en los lavamanos para reducir así el desperdicio. – Instalación de bebederos en lugares estratégicos del campus reducirá el uso de botellas plásticas y el desperdicio que se produce al estar tomando el agua de los lavamanos. – Reciclaje de aguas grises que se generen en el lavado de manos para ser reutilizadas en el riego o limpieza. – Implementar sistemas de monitoreo y control del consumo de agua en tiempo real para corregir inmediatamente cuando exista alguna ineficiencia en el uso del agua.

	<ul style="list-style-type: none"> – Captación y almacenamiento de aguas pluviales para su posterior uso en la limpieza o riego de áreas verdes. – Mantenimiento preventivo y regular a las instalaciones de agua para asegurar un correcto funcionamiento.
Riesgo	El costo de implementar las medidas y que las autoridades no consideren como algo prioritario el cuidado del agua dentro del campus Balzay.
Participante	Comunidad universitaria en caso de ser aprobado por las autoridades.
Frecuencia	Seguimiento en dos periodos académicos.
Viabilidad técnica	<p>Alta: existen múltiples tecnologías probadas en el mercado que han demostrado una alta eficiencia en la reducción del consumo de agua. Entre estas, destacan los aireadores para grifos, que reducen el caudal de salida del agua, y los grifos inteligentes con sensores de movimiento incorporados. El uso de estas tecnologías puede resultar en un ahorro de hasta el 40 % en el consumo de agua.</p> <p>Requerimiento: La instalación es sencilla puede ser realizado por el personal de mantenimiento con capacitaciones previas.</p> <p>Viabilidad económica</p> <p>Moderado: el costo inicial de implementación de cualquier medida puede ser entre bajo a medio, pero una recuperación de la inversión con la disminución de consumo de agua por ende el valor a pagar en las facturas de agua.</p>

Plan para mitigar la Huella Hídrica Indirecta producidos por la Huella eléctrica y la huella de papel en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca	
Propósito	Reducir la huella hídrica indirecta generada por el uso de electricidad y papel mediante medidas de eficiencia energética y reducción del uso del papel.
Tipo de proyecto	Gestión de recursos.
Descripción y medidas propuestas	<ul style="list-style-type: none"> – Eficiencia energética mediante el uso de temporizadores para apagarlos automáticamente después de un periodo determinando de inactividad. – Implementar programas de apagados automáticos de computadoras, equipos de laboratorio y otros equipos electrónicos que no se estén ocupando en el horario laboral. – Adquirir equipos de laboratorios y de computación con certificados de eficiencia energética. – Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real del consumo de energía para identificar las áreas que más consumen y tomar acciones correctivas. – Digitalización de documentos, promover el uso de entrega de trabajos de forma digital e igual documentación en administración que se maneje en formato digital. – Campañas para reducir el uso de papel y promover el reciclaje del mismo.
Riesgo	Resistencia al cambio por parte de la comunidad universitaria.
Participante	Toda la comunidad universitaria.
Frecuencia	Monitoreo por semestre.
Viabilidad técnica	Alta: Una vez implementada estas medidas son fáciles de instalar y mantener.
	Viabilidad Económica

	Moderada: el costo de cualquiera de las medidas es baja a medio, pero con un retorno de inversión alto y rápido debido al significativa reducción del uso de energía y papel por ende los costos de facturación reducirán.
--	--

4.5 Discusión

Según las categorías calculadas de acuerdo con la norma ISO 14064-1:2018, se obtuvo que la fuente de emisión que más aporta a las emisiones totales de GEI es el viaje aéreo realizado por los colaboradores (docentes e investigadores). Esto indica que la categoría 3, que engloba las emisiones indirectas de GEI causadas por el transporte, es la que tiene un número mayor de emisiones. Estos resultados se compararon con cálculos de la huella de carbono realizada en campus universitarios tanto dentro como fuera del país.

Dentro del Ecuador, se analizaron los estudios de Illescas & Muentes (2019) y Alejandro & Mozo (2023), mientras que, a nivel internacional se analizaron los estudios de Traub (2023) y de Becerra & Urrego (2021). En los estudios se puede observar que, en lugar de categorizar, se utilizan alcances, de acuerdo con las diferentes metodologías aplicadas en las dichas investigaciones. De esta manera, el alcance 1, que representa emisiones directas, hace referencia a la categoría 1 según la norma ISO 14064. El alcance 2, que se refiere a las emisiones indirectas de la energía, incluye a la categoría 2 de la norma. El alcance 3, indica otras emisiones indirectas, y se encuentran las otras cuatro categorías de la norma ISO 14064-1:2018.

En la categoría 1, la cual indica las emisiones directas de GEI, en esta investigación se determinó que las fuentes de emisión sobre las cuales la Universidad tiene control son la combustión de fuentes móviles, los vehículos propios de la institución, que generaron 8.16 t CO₂ eq, y la mensajería realizada en motocicletas, que produjo 0.34 t CO₂ eq. En total, estas fuentes emitieron 8.50 t CO₂ eq, lo cual representó un aporte del 1.26 % a las emisiones totales en la categoría 1.

Se observaron diferencias significativas en las emisiones del alcance 1 en el campus Central de la Universidad de Cuenca para el año 2017 el cual fue un estudio realizado por Illescas & Muentes (2019). En dicho estudio, se tomó en cuenta las siguientes fuentes de emisión: GLP (82.99 t CO₂ eq), gasolina (7.32 t CO₂ eq) y diésel (76.78 t CO₂ eq). Sin embargo, el consumo de gasolina de la flota vehicular fue de 4.17 t CO₂ eq, mientras que el consumo de diésel de la flota vehicular fue de 1.58 t CO₂ eq, lo que da un total de emisiones por combustión móvil de 6.29 t CO₂ eq. Por otro lado, para el Campus Balzay, dentro de la categoría 1 el total de emisiones calculadas fue de 8.40 t CO₂ eq, el consumo de gasolina de la flota vehicular generó un total de 5.56 t CO₂ eq y el consumo de diésel de

la flota vehicular produjo 2.60 t CO₂ eq, sumando un total de emisiones por combustión móvil de 8.16 t CO₂ eq. Este valor es mayor que el calculado en el campus Central durante el año 2017. Cabe mencionar que en el presente estudio no se tomaron en cuenta las emisiones de GLP ni de gasolina o diésel empleadas en fuentes estacionarias (maquinaria) y que los factores de emisión empleados son los mismos para ambos estudios.

En el estudio de Alejandro y Mozo (2023), quienes realizaron el cálculo de la huella de carbono para la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito para el año 2022, las fuentes móviles aportaron 4.30 t CO₂ eq de las emisiones, lo cual es menor al valor calculado para emisiones por combustión de fuentes móviles para el campus Balzay. Sin embargo, en dicho estudio, en total, la categoría 1 suma 116.92 t CO₂ eq, dado que también se tomaron en cuenta fuentes estacionarias y fugitivas, lo cual no se consideró en este estudio.

En el estudio realizado por Becerra & Urrego (2021), el cual calcula la huella de carbono para la Facultad de Ingeniería de la Universidad Militar Nueva Granada para el año 2019, con una población de 2 322 el total de emisiones del alcance 1 es el 14.49 t CO₂ eq, y estas emisiones fueron causadas por fuentes móviles provenientes del consumo de gasolina y diésel. Siendo este valor mayor al calculado para el campus Balzay, el cual tiene una población mayor y una flota vehicular propia menor a la del mencionado estudio.

La investigación realizada por Traub (2023), en la cual se analizó la evolución de la huella de carbono de universidades públicas en Madrid, tomo en cuenta 5 universidades: Universidad Rey Juan Carlos, Universidad Politécnica de Madrid, Universidad Complutense de Madrid, Universidad Carlos III de Madrid y la Universidad Autónoma de Madrid. En el año 2021, la Universidad Politécnica de Madrid registró que el 5 % de las emisiones representaron el alcance 1 con un valor de 1.241 t CO₂ eq. El alcance 1 de la Universidad de Rey Juan Carlos representó el 20 % siendo un valor de 2.929 t CO₂ eq. En la Universidad Complutense de Madrid las emisiones del alcance 1 representaron el mismo porcentaje de la Universidad de Rey Juan Carlos, pero el valor fue de 12.22 t CO₂ eq. En cuanto a la Universidad Carlos II de Madrid el alcance 1 representaron el 15 % de las emisiones totales con un valor de 2.80 t CO₂ eq y en la universidad Autónoma de Madrid el porcentaje fue del 11 % con un valor de 2.54 t CO₂ eq. Lo cual se corroboraría con el estudio realizado en el Campus Balzay dado que las emisiones de la categoría 1 no superan el 2 % de las emisiones totales de GEI.

El alcance 2, que engloba las emisiones generadas por la energía, fue el que mayor emisión generó en el estudio de Illescas & Muentes (2019), con un total de 779.62 t CO₂ eq. Mientras tanto, en el estudio de Alejandro y Mozo (2023), la categoría 2 generó 169.22 t CO₂ eq, ocupando el segundo lugar en aporte a las emisiones totales de GEI. De manera similar, en el estudio de Becerra y Urrego (2021), el alcance 2 representó el 38.82 % de las emisiones totales de GEI. Sin embargo, en el cálculo realizado para el campus Balzay, los resultados posicionan a las emisiones de GEI generadas por el consumo de energía en tercer lugar, con un 6.82 % de aporte a las emisiones totales, lo que representa 45.94 t CO₂ eq, esto puede deberse a que el consumo de energía fue menor en comparación a los estudios mencionados.

El alcance 2 de acuerdo con el estudio de Traub (2023), tanto para la Universidad Politécnica de Madrid como para la Universidad Carlos III de Madrid fue cero, debido a que dichas instituciones compran energía eléctrica con Garantía de Origen 100 % renovable, algo similar sucede en la Universidad Rey Juan Carlos en la que el alcance 2 correspondió al 1 % de las emisiones (96 t CO₂ eq), este porcentaje fue similar al de la Universidad Complutense de Madrid con un valor de 409 t CO₂ eq, se debe tomar en cuenta que en la Universidad Autónoma de Madrid no se calculó el alcance 2 por la falta de información pública. Por lo que, estos valores de emisiones son bajos siendo el caso similar al del obtenido en el cálculo en esta investigación principalmente porque la mayoría de energía eléctrica es generada por las hidroeléctricas.

En el estudio de Illescas & Muentes (2019), el alcance 3 genera 211.24 t CO₂ eq representando un porcentaje de 18.24 %, dentro de las cuales las emisiones generadas por los viajes aéreos fueron de 203.99 t CO₂ eq. En esta investigación el alcance 3 (categoría 3 y categoría 4) representó el 92 % de las emisiones totales con un valor de 619.22 t CO₂ eq. En la categoría 3 las emisiones de los viajes aéreos fueron de 463.52 t CO₂ eq, siendo los valores más altos de emisiones. Mientras que en el estudio de Becerra & Urrego (2021) y Alejandro & Mozo (2023), el alcance 3 aportó el 60.89 % y el 75.14 % a las emisiones totales de GEI, respectivamente. Esto es similar al presente estudio, coincidiendo en que estas emisiones fueron producidas principalmente por la movilización de los colaboradores y estudiantes.

En cuanto a las universidades públicas de España analizadas en el estudio de Traub (2023), el alcance 3 contribuyó más a las emisiones de CO₂ en las cinco universidades, representando en el caso de la Universidad Politécnica de Madrid el 95 % del total con un valor de 25 690 t CO₂ eq, el 79 % en la Universidad Complutense de Madrid con un porcentaje similar al de la Universidad Rey Juan Carlos, el 85 % en la Universidad Carlos III de Madrid, el 89 % en la Universidad Autónoma de Madrid. Esto corrobora los resultados de las categorías 3 y 4, que se calcularon en este estudio ya que representan el mayor aporte de emisiones totales.

En los estudios realizados por Alejandro & Mozo (2023) e Illescas & Muentes (2019), la emisión per cápita fue calculada con una población de 10 239 y 10 466, respectivamente. En la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito, se obtuvo un valor de 0.08 eq/persona/año y en el Campus Central de la Universidad de Cuenca se obtuvo 0.11 t CO₂ eq/persona/año. Los dos valores son menores en comparación con lo calculado para el Campus Balzay, donde el resultado indicó un valor de 0.2 t CO₂ eq/persona/año. Esto puede deberse a que en el presente estudio las fuentes como movilización de colaboradores y estudiantes es alta principalmente por los viajes aéreos y por la generación de los residuos sólidos sin un previo manejo. Por otro lado, en el estudio de Becerra & Urrego (2021) la emisión per cápita fue de 0.47 t CO₂ eq/persona/año, un valor significativamente más alto, considerando una población de 2 322. Comparando con el Campus Balzay, en el cual la población fue mayor, dicha emisión per cápita fue dos veces mayor dado que también tomó en cuentas fuentes de emisión provenientes del consumo de agua potable y el consumo de alimentos por parte de la población de estudio, y dichas fuentes no fueron analizadas en la presente investigación.

El análisis comparativo de la huella hídrica per cápita en varias instituciones de educación superior revela diferencias significativas en el consumo de agua y la gestión de recursos hídricos. Se realizó una comparación entre distintos casos de huella hídrica en universidades a nivel local, nacional e internacional, como se observa en la Tabla 54. Este análisis no solo permite observar el uso eficiente del agua, sino también cómo se relaciona este consumo con las características de cada institución. Para realizar la comparación del valor obtenido de huella hídrica para el Campus Balzay con otros casos similares, se utilizan los valores de huella total y huella per cápita.

En cuanto a la huella hídrica per cápita, se aprecia que la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, tiene el valor más alto con 45.96 m³/año, ubicándose en primer lugar. Esta universidad tiene un afluente de 31 580 m³/año, lo que se explica por sus amplias instalaciones y actividades, como gimnasio, patio de comidas y talleres de las diferentes carreras. En segundo lugar, se encuentra la Universidad Tecnológica Equinoccial de Quito, con una huella hídrica per cápita de 44.21 m³/año. Esta universidad tiene un afluente de 59 264.20 m³/año, de los cuales solo un tercio se utiliza para el riego de áreas verdes. En tercer lugar, a nivel internacional, se encuentra la Universidad de Guadalajara, que presenta una huella hídrica per cápita de 30.55 m³/año, con un afluente anual de 28 812.07 m³, de los cuales su mayor consumo son los sanitarios, que utilizan dos tercios del afluente anual. El Campus Balzay ocupa el cuarto lugar con una huella per cápita de 21.55 m³/año. El afluente del Campus Balzay es de 7 854 m³/año, considerablemente menor que el de las universidades mencionadas anteriormente, debido a que no tiene tantas instalaciones, no utiliza tanta agua en el riego y su mayor uso de agua se da en los sanitarios, que no tienen descargas muy grandes como los de la Universidad de Guadalajara. Finalmente, en quinto lugar, se ubica la Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile, con una huella per cápita de 10.01 m³/año. Esta universidad tiene un afluente de 4 203 m³/año, gracias a sus programas de eficiencia en el uso del agua, algo de lo que el Campus Balzay carece.

Las diferencias en la huella hídrica per cápita entre estas instituciones se deben a factores como la cantidad de instalaciones y actividades, así como la implementación de programas de eficiencia en el uso del agua. El Campus Balzay tiene una huella hídrica per cápita menor en comparación con algunas de estas universidades, principalmente debido a su menor afluente, pero le falta implementar programas de eficiencia en el uso del agua.

Tabla 54. Comparación de estudios similares a nivel local, nacional e internacional.

Nº	Institución	Autor	Nº de personas	HH Total (m ³ /año)	Huella Per Cápita (m ³ /año)
1	Campus Balzay Universidad de Cuenca	Presente trabajo	3 398	73 239.663	21.55

2	Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca	(Guamán & Illares, 2019)	7 725	355 019.54	45.96
3	Universidad Tecnológica Equinoccial de Quito	(García, 2020)	6 081	268 856.71	44.21
4	Universidad de Guadalajara	(Agua & Ciudad, 2017)	4 982	152 245.65	30.55
5	<i>Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile.</i>	(Barranza,2012)	6 569	65 816.00	10.01

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En este trabajo de investigación, se identificaron las fuentes de emisiones de GEI en el campus Balzay, y se obtuvo los datos de actividad y factores de emisión correspondientes, el cálculo se realizó mediante la metodología establecida por la ISO 14064. Como fuentes de emisión directas se identificó la combustión móvil de la flota vehicular y el servicio de mensajería propio de la universidad, mientras que las fuentes indirectas identificadas estuvieron relacionadas el consumo de energía eléctrica, la movilidad de docentes, personal administrativo y de mantenimiento y estudiantes, hospedaje de docentes e investigadores, el consumo de papel, la generación de desechos sólidos comunes y biopeligrosos.

Durante el periodo de enero a diciembre de 2023, el campus Balzay emitió un total de 673.66 t CO₂ eq equivalente a nivel global. Se identificó que las emisiones indirectas son las principales contribuyentes al total de emisiones de GEI del campus. Se determinó que las emisiones directas categoría 1 de gases de efecto invernadero (GEI) del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca están mayormente influenciadas por la combustión de fuentes móviles, contribuyendo con un 1.26 % al total de emisiones. En cuanto a las emisiones indirectas, la generación de energía eléctrica representa el 6.82 %, los viajes aéreos del personal el 68.81 %, y la generación de desechos comunes el 9.97 % del total de emisiones, de esta manera se tiene que la categoría 3 vinculada a las emisiones indirectas por transporte del personal es la de mayor aporte con aproximadamente 81 % de las emisiones totales.

La población universitaria para el año 2023 fue de 3 398 tomando en cuenta, estudiantes, docentes y personal administrativo y de mantenimiento, siendo la emisión per cápita de 0.2 t CO₂ eq/persona/año.

Por otro lado, el estudio de la huella hídrica del Campus Balzay reveló que la huella hídrica total alcanzó los 73 239.663 m³/año. Específicamente, la Huella Hídrica Azul fue de 611.363

m³/año, la Huella Hídrica Gris fue de 2 162.15 m³/año, y la Huella Hídrica Verde fue de 34 147.79 m³/año. Dentro de la Huella Hídrica Indirecta, el consumo de electricidad fue la actividad con mayor impacto con un valor de 31 527.48 m³/año, mientras que el consumo de papel obtuvo un valor de 4 790.88 m³/año.

El análisis reveló que la huella hídrica per cápita del campus es de 21.55 m³/año para una población de 3 398 personas y un área de 13.3 ha, mostrando una eficiencia notable en comparación con otras instituciones educativas de la región.

En términos de sostenibilidad del agua, el Campus Balzay muestra un índice de escasez de agua muy bajo, con un promedio mensual de 0.0052, cumpliendo así con los requisitos ambientales de la cuenca sin sobrepasarlos. Además, el análisis de la huella hídrica gris reveló un índice de contaminación hídrica también muy bajo, con un promedio mensual de 0.01833, indicando un impacto ambiental mínimo o prácticamente inexistente debido a la contaminación del agua en el campus.

Este estudio no solo calculó las huellas de carbono e hídrica del Campus Balzay, sino que también identificó áreas críticas y propuso estrategias de mitigación. Las estrategias enfocadas en la optimización del uso de recursos como el agua, la energía eléctrica y la gestión de residuos son fundamentales para reducir estas huellas y avanzar hacia un campus más sostenible ambientalmente. Las estrategias propuestas para la reducción de la huella de carbono se basaron en la cantidad de emisiones generadas en cada categoría. Entre las mejoras tecnológicas se encuentran la instalación de sensores de movimiento para el encendido de luces, la compensación en la compra de vuelos para personal docente, administrativo e investigadores, el fomento del transporte sostenible a través de la participación en programas de movilidad que ya ofrece la universidad, y la separación adecuada de residuos sólidos fomentando el reciclaje de papel, cartón y botellas de plástico.

Otras medidas para disminuir la huella hídrica incluyen la digitalización de documentos, promover el uso de entrega de trabajos de forma digital y la documentación administrativa en formato digital, la instalación de sensores automáticos de presencia en los lavamanos para reducir el desperdicio, la instalación de bebederos en lugares estratégicos del campus,

y el reciclaje de aguas grises generadas en el lavado de manos para ser reutilizadas en el riego o la limpieza.

5.2 Recomendaciones

Se debe mejorar la gestión de información en el campus Balzay, se recomienda establecer una comisión especializada que se encargue de recopilar y gestionar datos detallados sobre la infraestructura física y cómo funciona el campus y quienes son los encargados del manejo de cada área. Esta iniciativa permitirá una mejor comprensión y manejo de los recursos físicos, optimizando así el uso de la infraestructura y reduciendo posibles ineficiencias.

Además, es fundamental replicar el estudio de la huella de carbono e hídrica en otros campus de la Universidad de Cuenca. Esto proporcionaría una visión más completa de las emisiones y consumos de recursos en diferentes entornos universitarios, permitiendo comparaciones significativas y la implementación de estrategias adaptadas a las particularidades de cada campus. A través de este enfoque, se podría estandarizar prácticas sostenibles y eficientes en toda la institución.

En cuanto a la reducción del consumo de energía en el campus Balzay, es esencial implementar medidas específicas. Se debería establecer un sistema de monitoreo y control más riguroso para apagar luces y equipos eléctricos cuando no estén en uso, asegurando así un uso más eficiente de la energía. Además, promover el uso de tecnologías energéticamente eficientes y la sensibilización continua entre la comunidad universitaria sobre prácticas de consumo responsable contribuiría significativamente a la reducción de la huella de carbono.

En relación con la movilidad, se deberían desarrollar estrategias para minimizar los viajes innecesarios dentro del campus. Esto podría incluir la promoción del uso de transporte público o compartido, la implementación de incentivos para el uso de bicicletas o vehículos eléctricos, y la optimización de rutas y horarios de transporte interno. Estas medidas no solo reducirían las emisiones asociadas al transporte, sino que también fomentarían hábitos de movilidad sostenible entre los estudiantes, docentes y personal administrativo.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agua & Ciudad. (2017). Cálculo de huella hídrica. Desarrollo metodológico y aplicación al Centro Universitario de Los Altos (CUALTOS) de la Universidad de Guadalajara. Agua y Ciudad.
- Agencia Europea de Medio Ambiente. (s.f.). *Agencia Europea de Medio Ambiente – Glosario*. EEA EUROPA. <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/carbon-dioxide-equivalent>
- Alejandro, J., & Mozo, A. (2023). Determinación de huella de carbono y desarrollo de un plan piloto basado en la ISO 14064 en dos Obras Salesianas, ubicadas en Quito, Ecuador. Repositorio UPS. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24413>
- Arango, A. (2013). *Editorial Crisis mundial del agua*.
- ASAMBLEA NACIONAL REPÚBLICA DEL ECUADOR. (2024). *Asamblea nacional gob*. Obtenido de VENTA DE BONOS DE CARBONO E IDENTIFICACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES SE ANALIZÓ EN LA COMISIÓN DE BIODIVERSIDAD: <https://www.asambleanacional.gob.ec/es/noticia/92321-venta-de-bonos-de-carbono-e-identificacion-de-servicios>
- Ávila, J., & Pineda, O. (2023). APLICACION DE BONOS DE CARBONO EN EL MERCADO ELECTRICO ECUATORIANO, CASO DE ESTUDIO: DE UNA CENTRAL HIDRAULICA. Dspace espol. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/57596/1/T-113450%20%20c3%81vila%20-%20Pineda.pdf>
- Barranza, C. (2012). *Estimación de la huella hídrica para la Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile*.
- BBVA. (2023). ¿Qué es el dióxido de carbono (CO2) y cómo impacta en el planeta? BBVA. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-dioxido-de-carbono-co2-y-como-impacta-en-el-planeta/>

- Becerra, L., & Urrego, P. (2021). Cálculo de la Huella de Carbono e Hídrica para la Facultad de Ingeniería Campus de la Universidad Militar Nueva Granada sede campus, Cajicá, Colombia. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/38524/BecerraSanchezLeydiNatalia%2cUrregoDavilaPaulaValeentina2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Berger, M., & Finkbeiner, M. (2013). Methodological challenges in volumetric and impact-oriented water footprints. *J. Industrial Ecol.* 17 (1), 79–89. doi:10.1111/j.1530-9290.2012.00495.x
- Borja, R. (2020). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGENIERA AMBIENTAL TEMA: ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA E IDENTIFICACIÓN DE ESTRATEGIAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO, PARA LA COOPERATIVA DE AHORRO.
- Camacho, W., & Arévalo, D. (2018). Estimación de la huella hídrica azul y verde. <https://doi.org/10.22490/21456453.2284>
- Castillo, M. (2016). Huella Hídrica del campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú en el 2014. Repositorio pucp. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/7633>
- Castillo, M. (2014). Evaluación del Consumo de Agua en Instituciones Educativas. Publicaciones Académicas.
- Chavarro, M. A., & Cabezas, J. (2020). Cálculo de huella de carbono en la Universidad de La Salle sede Norte para la formulación de propuestas de prevención y mitigación. *Ciencia Unisalle*. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2881&context=ing_ambiental_sanitaria
- CLIMATE & CLEAN AIR COALITION. (2022). Hydrofluorocarbons (HFCs) | Climate & Clean Air Coalition. Climate and Clean Air Coalition. <https://www.ccacoalition.org/short-lived-climate-pollutants/hydrofluorocarbons-hfcs>

- Climate Science Investigations. (2023). Climate Science Investigations South Florida - Causes of Climate Change. Climate Science Investigations South Florida - Causes of Climate Change. <https://www.ces.fau.edu/nasa/module-4/causes/sources-carbon-dioxide.php>
- Cortés, F. A., Pérez, M. L., Mogollón, H. M., & González, C. T. (2007). Agua virtual en México. *Ingeniería Hidráulica En México*, 22(4), 121-132.
- Coz, A. (2020). Estimación y reducción de la huella de carbono en la empresa Cargo Transport SAC sede los Sauces distrito de Ate – provincia. Repositorio Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7883/3/IV_FIN_107_TE_Coz_Huilca_2020.pdf
- Cruz, A. (2011). Aplicación de la norma ISO 14064 para la estimación de la huella de carbono En el sector salud: caso de estudio Laboratorio Clínico Congregación Mariana. Repositorio EIA. <https://repository.eia.edu.co/server/api/core/bitstreams/049e4342-d045-4f8a-8150-fec0eec33995/content>
- Cuenca, P. (2022). Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en Ecuador: visión desde el Acuerdo de París y el desarrollo. Repositorio FLACSOANDES. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/19039/2/TFLACSO-2022PFCL.pdf>
- DERCO. (2023). *Conoce el CO2 equivalente y su significado*. <https://www.derco.cl/comunicaciones/co2-equivalente-y-su-significado>
- Devadoss, P. S., Pariatamby, A., Bhatti, M. S., Chenayah, S., & Shahul Hamid, F. (2021). Strategies for reducing greenhouse gas emissions from municipal solid waste management in Pakistan. *Waste Management and Research*, 39(7), 914–927. <https://doi.org/10.1177/0734242X20983927>
- Diario El Universo. (2017, mayo 16). INEC midió la calidad de agua que consumen los ecuatorianos. El Universo.

<https://www.eluniverso.com/noticias/2017/05/16/nota/6186154/inec-midio-calidad-agua-que-consumen-ecuatorianos/>

Diario El Mercurio. (2020). Se estima que en diez años empezará a sentirse escasez de agua en Cuenca - Diario El Mercurio. El Mercurio. <https://elmercurio.com.ec/2020/02/06/se-estima-que-en-diez-anos-empezara-a-sentirse-escasez-de-agua-en-cuenca/>

EPA. (2023). Descripción general de los gases de efecto invernadero | US EPA. EPA. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>

EPA. (2023). Emisiones de óxido nitroso | US EPA. EPA. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-oxido-nitroso>

ETAPA EP. (29 de 11 de 2023). primicias.ec. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/precio-agua-cuenca-etapa-subsidio/#:~:text=Seg%C3%BAAn%20Etapa%2C%20el%20consumo%20de,de%20160%20litros%20al%20d%C3%ADa>.

Fernández, L., & Gutiérrez, M. (2013). Bienestar Social, Económico y Ambiental para las Presentes y Futuras Generaciones. *Información Tecnológica*, 24(2), 121-130. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642013000200013>

Fonseca, J., Paez, E., & Corredor, E. (2018). Metodologías para la estimación de sostenibilidad agropecuaria. Metodologías para la estimación de sostenibilidad AFROPECUARIA. [10.22490/9789586516501](https://doi.org/10.22490/9789586516501)

Fuinhas, J. A., Koengkan, M., Leitão, N. C., Nwani, C., Uzuner, G., Dehdar, F., Relva, S., & Peyerl, D. (2021). Effect of battery electric vehicles on greenhouse gas emissions in 29 European Union countries. *Sustainability (Switzerland)*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/su132413611>

- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., & Giljum, S. (2012). Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a "Footprint Family" of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators*, 16, 100–112.
- Gamboa, F., Rodríguez, J., Chinchilla, D., Herrera, A., & Herra, A. (2020). Medición de la huella hídrica azul de la Universidad Nacional en Costa Rica, del 2012 al 2016. *Redalyc*, 34(1). 10.15359/ru.34-1.11
- GAD MUNICIPAL CUENCA. (2017, Agosto). EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y HUELLA HÍDRICA, CANTÓN DE CUENCA, ECUADOR. Cuenca gob. <https://www.cuenca.gob.ec/system/files/Informe%20Huellas%20%20Ciudad%20Cuenca.pdf>
- García, J. R. (2020). *Análisis de la huella hídrica de la Universidad UTE Campus Occidental – Quito, e implementación de un protocolo de estrategias para su reducción*. Universidad UTE.
- Gestión Integral, sostenible y participativa del agua en Cuenca. (2021). cuenca sostenible. Recuperado el 15 de 05 de 2024, de <https://cuencasostenible.com/gh-gestion.php>
- Gerbens-Leenes, W., Berger, M. & Allan, JA (2021). Evaluación de la huella hídrica y del ciclo de vida: las fortalezas complementarias del análisis de la apropiación global de agua dulce y los impactos locales resultantes. *Agua* 13 (6), 803. doi:10.3390/w13060803
- Gobierno de Chile. (2016). INFORME TÉCNICO La Huella Hídrica Como Instrumento para la Gestión de Recursos Hídricos SDT N° 393. <http://waterfootprint.org/en/about-us/aims-history/>
- Greenhouse Gas Protocol. (s.f.). Quantitative Inventory Uncertainty. GHG Protocol. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/202212/Quantitative%20Uncertainty%20Guidance.pdf>

- GHG Protocol. (2011). Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. GHG Protocol. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf
- Guanoquiza, L., & Antúnez, A. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. Necesidad de su reversión desde las políticas públicas con enfoque bioético. Portal amelica. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941756001/3941756001.pdf>
- Guadarrama, R., Kido, J., Roldan, G., & Salas, M. (2016). Contaminación del agua. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Contaminación del agua. ECORFAN®. https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- Guamán, D., & Illares, F. (2019). Análisis de la huella hídrica en el campus de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca mediante el uso de redes de telemetría. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17729/1/UPS-CT008404.pdf>
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., & Mekonnen, M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual. Water Footprint Network. https://waterfootprint.org/resources/TheWaterFootprintAssessmentManual_English.pdf
- IHOBE. (2012). Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones. Euskadi.eus.https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/uneiso14064/es_def/adjuntos/PUB-2012-019-f-C-001.pdf
- IHOBE. (2013). 7 metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero. Euskadi.eus.https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias_gei/es_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf

- Illescas, M., & Muentes, J. (2019). Cálculo de la huella de carbono del Campus Central de la Universidad de Cuenca en el periodo enero-diciembre 2017 [Tesis de grado, Universidad de Cuenca. Dspace ucuencia. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32151/1/Trabajo%20de%20Titulaci%203%b3n.pdf>
- IND INDUSTRIAS. (2023). *Oportunidades del mercado de carbono para el Ecuador*. <https://revistaindustrias.com/oportunidades-del-mercado-de-carbono-para-el-ecuador/>
- IPCC. (04 de abril de 2022). The evidence is clear: the time for action is now. We can halve emissions by 2030. <https://www.ipcc.ch/2022/04/04/ipcc-ar6-wgiii-pressrelease/>
- IPCC. (2023). Climate Change 2023 Synthesis Report Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. doi:10.59327/IPCC/AR6-9789291691647
- ISO 14064-1:2018. (2019). Gases de Efecto Invernadero: Parte 1: Especificación con orientación, a nivel de las organizaciones, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero. Madrid: Asociación Española de Normalización Génova.
- Kabir, M., Habida, U., Khan, W., Shad, A., Rahim, S., De los Rios, P., Rehman, Z., Ali, L., & Shafiq, M. (2023). Climate change due to increasing concentration of carbon dioxide and its impacts on environment in 21st century; a mini review. *Journal of King Saud University - Science*, 35(5). <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102693>
- Kiehle, J., Kopsakangas, M., Hilli, M., & Pongrácz, E. (2023). Carbon footprint at institutions of higher education: The case of the University of Oulu. *Journal of Enviroment*. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117056>

- Kim, J., Park, H., Bloge, S., & Muhle, J. (2021). Emissions of Tetrafluoromethane (CF₄) and Hexafluoroethane (C₂F₆) From East Asia: 2008 to 2019. NCBI. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9285025/>
- Larios, M., Ariza, V., & Zuleta, M. (2022). Huella de carbono institucional como indicador de sostenibilidad en la Universidad de la Costa – CUC. Repositorio CUC. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/9132>
- Luque, J. (2015). El óxido nitroso y su influencia en el calentamiento global, provincia de Manabí, Ecuador. Revistas de investigación UNMSM. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/11844/10571>
- Machado, G. C., Gouveia, V. V., & Campos, J. A. D. (2017). Environmental impacts and life cycle assessment. In Handbook of environmental materials management (pp. 1-19). Springer.
- Magallanes, B. (2022, marzo 3). Disponibilidad y Escasez de Agua. Dot.net. https://almacenamientopan.blob.core.windows.net/pdfs/estrados_electronicos/2020/02/1654890086Disponibilidad%20y%20Escasez%20de%20Aqua.pdf
- MAATE. (2022, diciembre). Cuarta Comunicación Nacional y Segundo Informe Bienal de Actualización del Ecuador a la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). Quito, Ecuador. UNFCCC. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Resumen_Ejecutivo_Interactivo.pdf
- Maldonado, A. (2020). Uso y desperdicio de agua en Cuenca: Un análisis del consumo en hogares, industria e instituciones educativas. Asociación de Municipalidades de Ecuador.
- Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca. (2023). Ecuador contará con un Centro de Perfeccionamiento en el Uso de Refrigerantes – Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca. Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca. <https://www.produccion.gob.ec/ecuador-contara-con-un-centro-de-perfeccionamiento-en-el-uso-de-refrigerantes/>

Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico. (2023, junio). GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (s.f.). El 28 de Enero se celebró el Día Mundial por la Reducción de las Emisiones de CO₂ (Dióxido de Carbono) – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. <https://www.ambiente.gob.ec/el-28-de-enero-se-celebro-el-dia-mundial-por-la-reduccion-de-las-emisiones-de-co2-dioxido-de-carbono/>

Mondéjar, M., Viñoles, R., Bastante, M., & Collado, D. (2011). LA HUELLA DE CARBONO Y SU UTILIZACIÓN EN LAS INSTITUCIONES UNIVERSITARIAS. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/312550373_LA_HUELLA_DE_CARBONO_Y_SU_UTILIZACION_EN_LAS_INSTITUCIONES_UNIVERSITARIAS

Muñoz, J. (2023). Sistema de uso adecuado del agua en las familias cuencanas. Repositorio UPS. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24923/1/Rev_Juv_Cie_Sol_1320.pdf

Mura, H. G. C., & Reyes, J. I. P. (2015). De la sostenibilidad a la sustentabilidad. Modelo de desarrollo sustentable para su implementación en políticas y proyectos. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 78, 40-54. <https://doi.org/10.21158/01208160.n78.2015.1189>

Mustafa, A., Kazmi, M., Khan, H., Qazi, S., & Lodi, S. (2022). Towards a Carbon Neutral and Sustainable Campus: Case Study of NED University of Engineering and Technology. *Sustainability*, 14(2). doi:10.3390/su14020794

National Atmospheric Emissions Inventory. (s.f.). Pollutant information PFCs. Pollutant information - NAEI, UK. https://naei.beis.gov.uk/overview/pollutants?pollutant_id=PFCs

- Osorio, A., Úsuga, L., Vásquez, R., Nieto, C., Rinaudo, M., Martínez, J., & Leal, W. (2022). Towards Carbon Neutrality in Higher Education Institutions: Case of Two Private Universities in Colombia. *Sostenibilidad*, 14(3). doi:<https://doi.org/10.3390/su14031774>
- Osorio, J., Varón, M., & Morales, T. (2022). Comprehensive Water Footprint of a University Campus in Colombia: Impact of Wastewater Treatment Modeling. *Water, Air & Soil Pollution*, 233(174). doi:10.1007/s11270-022-05644-3
- Ozgul, C. (2024). Quantifying Water Footprint: A Study on the Academic and Administrative Personnel at Konya Technical University. *Research Square*. doi:10.21203/rs.3.rs-3899815/v1
- PFCE. (2016). Cálculo de huella hídrica. Metodología cualtos.
- PRIMICIAS. (2021). COP26: Ecuador se une al compromiso de limitar las emisiones de metano. Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/tecnologia/cop26-ecuador-compromete-reducir-metano-deforestacion/>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2023). Emissions Gap Report 2023: Broken Record. UNEP. <https://www.unep.org/interactives/emissions-gap-report/2023/#section-1>
- Quiroga, R. (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. CEPAL. https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/8_manual-61-cepal_formatoserie_color.pdf
- Ren, Y., Huang, K., Yu, Y. & Hu, J. (2020). Flujo de agua virtual agrícola interregional en China basado en un enfoque multirregional de insumo-producto (MRIO) volumétrico y orientado al impacto. *Agua* 12 (1), 251. doi:10.3390/w12010251

- Rees, W. E. (2018). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 4(2), 121-130.
doi:10.1177/095624789200400212
- Rica, C., & Golcher, C. B. (2013). Aplicación del cálculo de huella hídrica para regiones de cultivos de café, banano y arroz en.
- Ridhosari, B., & Rahman, A. (2020). Carbon footprint assessment at Universitas Pertamina from the scope of electricity, transportation, and waste generation: Toward a green campus and promotion of environmental sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 246.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119172>
- Rosero, J. (2014). Resumen Ejecutivo.
- Saunois, M., Stavert, A. R., Poulter, B., Bousquet, P., Canadell, J. G., Jackson, R. B., Raymond, P. A., Dlugokencky, E. J., Houweling, S., Patra, P. K., Ciais, P., Arora, V. K., Bastviken, D., Bergamaschi, P., Blake, D. R., Brailsford, G., Bruhwiler, L., Carlson, K. M., Carrol, M., Castaldi, S., Chandra, N., Crevoisier, C., Crill, P. M., Covey, K., Curry, C. L., Etiope, G., Frankenberg, C., Gedney, N., Hegglin, M. I., Höglund-Isaksson, L., Hugelius, G., Ishizawa, M., Ito, A., Janssens-Maenhout, G., Jensen, K. M., Joos, F., Kleinen, T., Krummel, P. B., Langenfelds, R. L., Laruelle, G. G., Liu, L., Machida, T., Maksyutov, S., McDonald, K. C., McNorton, J., Miller, P. A., Melton, J. R., Morino, I., Müller, J., Murguía-Flores, F., Naik, V., Niwa, Y., Noce, S., O'Doherty, S., Parker, R. J., Peng, C., Peng, S., Peters, G. P., Prigent, C., Prinn, R., Ramonet, M., Regnier, P., Riley, W. J., Rosentreter, J. A., Segers, A., Simpson, I. J., Shi, H., Smith, S. J., Steele, L. P., Thornton, B. F., Tian, H., Tohjima, Y., Tubiello, F. N., Tsuruta, A., Viovy, N., Voulgarakis, A., Weber, T. S., van Weele, M., van der Werf, G. R., Weiss, R. F., Worthy, D., Wunch, D., Yin, Y., Yoshida, Y., Zhang, W., Zhang, Z., Zhao, Y., Zheng, B., Zhu, Q., Zhu, Q., & Zhuang, Q. (2020). The Global Methane Budget 2000–2017, *Earth Syst. Sci. Data*, 12, 1561–1623, <https://doi.org/10.5194/essd-12-1561-2020>

Schneider, H., & Samaniego, J. (2009). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. Repositorio CEPAL.

<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/f3677647-3a1c-4326-8342-5e10bfa2fc40/content>

SEMARNAT. (s.f.). Protocolo de Gases Efecto Invernadero. GHG PROTOCOL.

https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf

Severinsky, A. (2020). Greenhouse Gasses' Effect on Atmospheric Temperature Increase and the Observable Effects on Ecosystems. International Journal of Environmental and Ecological Engineering, 14 (12). [https://adlabs.com/wp-content/uploads/2021/07/greenhouse-gasses-effect-on-atmospheric-temperature-increase-and-the-observable-effects-on-](https://adlabs.com/wp-content/uploads/2021/07/greenhouse-gasses-effect-on-atmospheric-temperature-increase-and-the-observable-effects-on-ecosystemsv2.pdf)

[ecosystemsv2.pdf](https://adlabs.com/wp-content/uploads/2021/07/greenhouse-gasses-effect-on-atmospheric-temperature-increase-and-the-observable-effects-on-ecosystemsv2.pdf)

Sonwani, S., & Saxena, P. (2022). Greenhouse Gases: Sources, Sinks and Mitigation.

Subía, A., y Subía, J. (2022). Política ambiental ecuatoriana sobre cambio climático como garantía del derecho a un ambiente sano. Portal de Revistas - Flacso.

<https://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/article/download/4940/4253?inline=1>

Torres, P., Hernán, C., Paola, C., & Patiño, J. (s.f.). WATER QUALITY INDEX IN SURFACE SOURCES USED IN WATER PRODUCTION FOR HUMAN CONSUMPTION. A CRITICAL REVIEW.

UCuenca. (2022). Campus Universidad de Cuenca. UCuenca.

<https://www2.ucuenca.edu.ec/nosotros/campus>

UCUENCA. (2024). Las IES de Ecuador crean la Red Universitaria de Sostenibilidad. Obtenido de

<https://www.ucuenca.edu.ec/noticias/las-ies-de-ecuador-crean-la-red-universitaria-de-sostenibilidad/>

UNFCCC. (2019). IPCC Updates Methodology for Greenhouse Gas Inventories. UNFCCC.

<https://unfccc.int/news/ipcc-updates-methodology-for-greenhouse-gas-inventories>

United Nations Climate Change (2022). Maintaining a clear intention to keep 1.5°C within reach.

<https://unfccc.int/maintaining-a-clear-intention-to-keep-15degc-within-reach>

United Nations. (2023). What Is Climate Change? | United Nations. United Nations.

<https://www.un.org/en/climatechange/what-is-climate-change>

United Nations Environment Programme. (2023). Broken Record. UN Environment Document Repository Home.

<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/43922/EGR2023.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

United Nations. (s.f.). *Water – at the center of the climate crisis* | United Nations. the United Nations.

<https://www.un.org/en/climatechange/science/climate-issues/water>

USDA. (1993). United States Department of Agriculture Handbook.

Valls, K., & Bovea, M. (2021). Carbon footprint in Higher Education Institutions: a literature review and prospects for future research. PubMed Central. 10.1007/s10098-021-02180-2

Velázquez, E. (2023, abril 8). Guía básica de Muestreo Aleatorio Simple. Eduardo Velázquez.

<https://www.eduardovelazquez.com/guia-muestreo-aleatorio-simple/>

Voz de América. (2015, noviembre 9). Los gases de efecto invernadero vuelven a batir un récord.

Voz de América. <https://www.vozdeamerica.com/a/cambio-climatico-gases-efecto-invernadero-baten-recordf/3049879.html>

WWF Ecuador. (2023). Preocupaciones sobre el aumento de la escasez de agua, según nueva encuesta global. WWF org. <https://www.wwf.org.ec/?uNewsID=381813>

Xu, H., Latta, G., Lee, U., Lewandrowski, J., & Wang, M. (2021). Regionalized Life Cycle Greenhouse Gas Emissions of Forest Biomass Use for Electricity Generation in the United States. *Environmental Science and Technology*, 55(21), 14806–14816. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04301>

Zorilla, I. (2023). ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DEL CARBONO EN EL CAMPUS DIVINO MAESTRO DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ, PII 2021 Y PI 2022.

Repositorio

UNESUM.

<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/5004/1/ZORRILLA%20PIONCE%20ILIANA%20AMPARO.pdf>

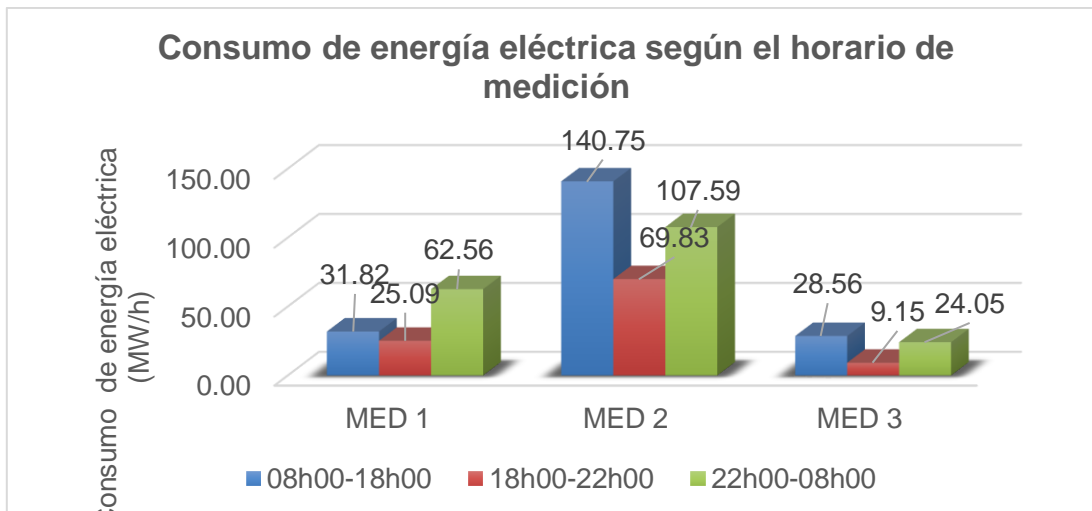
7. Anexos

Anexo A. Factores de transformación empleados en el cálculo de la huella de carbono

Parámetro		Unidad
Densidad gasolina	744.8	kg/m ³ *
Densidad Diésel	859.4	kg/m ³
Lb a kg	2.2	Lb/kg
g a t	1 000 000	kg/t
g a kg	1 000	g/kg
kg a t	1 000	kg/t
L a m ³	1 000	L/m ³
gal a m ³	264.172	gal/m ³
TJ a GJ	1 000	GJ/TJ
Eficiencia de diésel	9.2	km/galón
Eficiencia gasolina	38	km/galón
Número promedio pasajeros bus urbano	38	pasajeros
Poder calorífico neto del diésel	42.67	GJ/t
Poder calorífico neto de la gasolina	42.44	GJ/t

Nota. La tabla muestra los factores de transformación usados para realizar los cálculos respectivos. **Fuente:** Adaptado de Cruz, 2011.

Anexo B. Consumo de energía eléctrica según el horario de medición establecido por la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. en el periodo enero-diciembre 2023 del Campus Balzay.



Anexo C. Factores empleados para la conversión datos suministrados por la UPME y cálculos realizados para la categoría 3 para la fuente de movilidad terrestre de colaboradores y estudiantes

Factores	Densidad kg/m ³	NCV* GJ/ton	Factor de emisión de los GEI (FE)		
			FE CO ₂ Kg CO ₂ /TJ	FE CH ₄ Kg CH ₄ /TJ	FE N ₂ O Kg N ₂ O/TJ
Diésel regular (DR)	859.4	42.67	74100	3.9	3.9
Gasolina corriente (GC)	744.8	42.44	69300	3.8	5.7

Nota. Los Factores de emisión de diésel y gasolina. Tomado de IPCC, 2006.

*NCV: poder calorífico neto

Factores de emisión expresados en t CO₂/gal

Combustible	Factor de emisión del GEI					
	(Kg CO ₂ /gal)	t CO ₂ /gal	F E (kg CH ₄ /gal)	t CO ₂ /gal	FE (kg N ₂ O/gal)	t CO ₂ /gal
Diésel regular (DR)	10.2849476	0.010284948	0.00054131	5.41313E-07	0.000541313	5.41313E-07
Gasolina	8.29113834	0.008291138	0.00045464	4.54637E-07	0.000681955	6.81955E-07

Cálculo de las emisiones generadas por la movilidad en bus urbano y vehículo particular

Fuentes	Combustible	Distancia recorrida (km/día ida y vuelta al	GJ/ton	FACTOR DE EMISIÓN (t CO ₂ /galón)			Emisión t CO ₂ eq			PCG			Emisiones t CO ₂ e			Total (t CO ₂ e)
				CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Bus urbano	Diésel	4524	42.67	0.010285	0.000001	0.000001	23.957	0.001	0.001	1.000	28.000	265.000	23.957	0.035	0.334	24.326
Vehículo particular	Gasolina	1057.4	42.44	0.008291	0.000000	0.000001	41.528	0.002	0.003	1.000	28.000	265.000	41.528	0.064	0.905	42.497

Anexo D. Encuesta aplicada a la comunidad universitaria en Google Forms

"Encuesta sobre hábitos de consumo y movilidad para el Cálculo de la huella de carbono y huella hídrica del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca período enero-diciembre 2023"

helizabeth.zumban@ucuenca.edu.ec [Cambiar de cuenta](#)

No compartido

Facultad a la que pertenece:

☐ Ingeniería

☐ CCQQ

Usted es:

☐ Estudiante

☐ Profesor/a

☐ Personal Administrativo

☐ Personal de mantenimiento

¿Cuántos litros de agua consume diariamente?

☐ Menos de 1 litro

☐ Entre 1-2 litros

☐ Entre 3-4 litros

☐ No consumo agua (de ser el caso omitir la siguiente pregunta)

¿Qué tipo de agua consume?

☐ Agua embotellada

☐ Agua de grifo

☐ Botellón

☐ Otra (especifique)

¿Cuántas veces al día descarga el tanque del inodoro o urinario en los baños?

- ☐ Ninguna
- ☐ 1 vez
- ☐ 2 veces
- ☐ Más de 2 veces

¿Cuántas veces utiliza el lavamanos al día dentro de la institución?

- ☐ Menos de 2 veces
- ☐ 2-4 veces
- ☐ 5-7 veces
- ☐ Más de 7 veces

¿Cuánto tiempo tarda en lavarse las manos aproximadamente en segundos?

- ☐ Menos de 10 segundos
- ☐ 10-20 segundos
- ☐ 21-30 segundos
- ☐ Más de 30 segundos

¿Cepilla sus dientes dentro de la jornada estudiantil? ¿Cuántas veces?

- ☐ No
- ☐ 1 vez
- ☐ 2 veces
- ☐ Más de 2 veces

¿Qué medio de transporte utiliza?

- ☐ Caminando
- ☐ Bicicleta
- ☐ Transporte público
- ☐ Vehículo liviano

¿Qué distancia existe desde su casa hasta el campus universitario? Indique en Km

Tu respuesta _____

¿Qué dispositivo eléctrico o electrónico utiliza dentro del campus?

- ☐ Laptop
- ☐ Teléfono móvil
- ☐ Tablet
- ☐ Otros (especifique)

¿Cuántos cuadernos universitarios utiliza en el ciclo?

- ☐ Ninguno
- ☐ 1-2 cuadernos
- ☐ 3-5 cuadernos
- ☐ Más de 5 cuadernos

Los trabajos realizados durante el ciclo, ¿se entregan de qué manera?

- ☐ Modo virtual
- ☐ Físico (hojas)
- ☐ CD o memorias

En caso de ser la segunda opción, responda ¿cuántas hojas en promedio usa durante el año en temas de la universidad? caso contrario continúe a la siguiente pregunta

- ☐ Menos de 50 hojas
- ☐ 51-100 hojas
- ☐ 101-200 hojas
- ☐ Más de 200 hojas

Anexo E. Planillas del consumo de Energía Eléctrica proporcionadas por la Unidad de Planificación y Gestión Estratégica



Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.
Matriz: AV MAX UHLE SIN y AV. PUMAPUNGO

Ruc: 0190003809001
Contribuyente especial, resolución No. 3257
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD



Nro. factura 001-003-035189898
Nro. doc. interno 2116030180
Fecha de emisión 03-08-2023
Fecha de vencimiento 30-09-2023
Número de autorización 0308202301019000380900120010030351898980035223616

VALOR TOTAL: 810,32

Información del Consumidor

CUENTA CONTRATO 200000826046

Razón social UNIVERSIDAD DE CUENCA
RUC 0160001240001

Código Único Eléctrico 0505037635

Tipo de tarifa ARCERNINR MTCGCD10 - MT Beneficio Público con Dem Horaria
Geocódigo 0502E018000018 Unidad de Lectura 0502E018

Dirección del servicio CALLE DE LOS CEREZOS 1 / SAN SEBASTIÁN - CUENCA

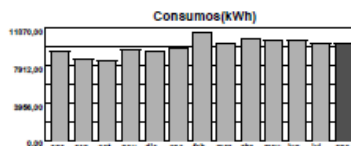
1. Información Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Número de medidor 7516606
Tipo de consumo leido
Fecha desde 03-07-2023
Días facturados 31
Fecha hasta 02-08-2023
Fac Gest de la Demanda 0,9333
Factor de potencia (FP) 0,9483
Penalización bajo FP 0,0000

Descripción	Fecha Hasta	Lectura Actual	Lectura Anterior	Diferencia Consumo	Consumo Subtotal	Consumo Interno Transformador	Consumo Total	Unidad Medida	Monto (\$)
Energía act. hor. A (08h00-18h00)	02-08-2023	125881,00	117808,00	0,00	3075,00	0,00	3075,00	kWh	199,88
Energía act. hor. B (18h00-22h00)	02-08-2023	94285,00	92292,00	0,00	1997,00	0,00	1997,00	kWh	129,81
Energía act. hor. C (22h00-08h00)	02-08-2023	212002,00	206949,00	0,00	5053,00	0,00	5053,00	kWh	272,96
Energía reactiva total	02-08-2023	80902,00	77512,00	0,00	3390,00	0,00	3390,00	kVarh	
Demanda máx. hor. A (08h00-18h00)	02-08-2023	30,00		0,00	30,00	0,00	30,00	kW	
Demanda máx. hor. B (18h00-22h00)	02-08-2023	28,00		0,00	28,00	0,00	28,00	kW	
Demanda máx. hor. C (22h00-08h00)	02-08-2023	27,00		0,00	27,00	0,00	27,00	kW	
Demanda facturable	02-08-2023	42,60		0,00	42,60	0,00	42,60	kW	119,28

2. Valores Pendientes

VALORES PENDIENTES (2) 0,00

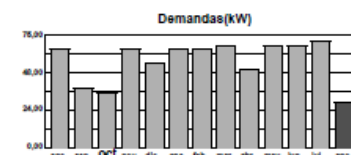


Servicio Eléctrico y Alumbrado Público

Valor Consumo	602,55
Comercialización	1,41
Valor Demanda	119,28
Subtotal Servicio Eléctrico (SE)	723,24
Servicio Alumbrado Público General	87,08
Subtotal Alumbrado Público (APG)	87,08
Base I.V.A. 0%	810,32
I.V.A. 0%	0,00
TOTAL SE Y APG (1)	810,32

3. Planes de Financiamiento Autorizados por el Consumidor

PLANES DE FINANCIAMIENTO (3) 0,00



Formas de Pago

FORMA DE PAGO	VALOR	PLAZO	TIEMPO
OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	810,32	58	días

Subsidios del Gobierno

Subsidio Tarifa Eléctrica	277,20
TOTAL	277,20

"La presente factura no constituye título traslativo de dominio, sino únicamente la constancia de recibir un servicio público."

TOTAL (A)	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público (1)	810,32
Valores Pendientes (2)	0,00
Planes de Financiamiento (3)	0,00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (1+2+3)	810,32

Mensajes

Recaudación Terceros

ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

[illegible]

ENERO

ENERO
INICIO

HOJA # 001

HOJA DE RUTA MOTOS

NOMBRE: <u>RENE ARAD</u>		VEHICULO: <u>MOTO</u>		FECHA: <u>16/01/2023</u>					
FECHA	HORA DE SALIDA	KM SALIDA	KM LLEGADA	HORA LLEGADA	KM RECORRIDO	DETALLE DE LA ACTIVIDAD	FUNCIONARIO QUE AUTORIZA LA MOVILIZACION	OBSERVACIONES	
16-01-23	10:00	02077	02077	10:40	6 Km	Bulzoy Documents	Decanato		
16-01-23	11:45	02077	02081	11:33	4 Km	Central Mensajeria	Decanato		
17-01-23	12:00	02081	02085	10:15	4 Km	Bulzoy Mensajeria	Decanato		
17-01-23	00:28	02085	02089	10:45	4 Km	Central Mensajeria	Decanato		
17-01-23	15:03	02089	02094	15:25	5 Km	Bulzoy Mensajeria	Decanato		
17-01-23	15:41	02094	02097	15:58	3 Km	Central Mensajeria	Decanato		
18-01-23	10:17	02097	02101	10:26	4 Km	Bulzoy Mensajeria	Decanato		
18-01-23	10:43	02101	02105	11:00	4 Km	Central Mensajeria	Decanato		
18-01-23	15:18	02105	02108	15:25	3 Km	Bulzoy Mensajeria	Decanato		
18-01-23	15:36	02108	02112	16:00	4 Km	Central Mensajeria	Decanato		
19-01-23	10:15	02112	02116	10:25	4 Km	Bulzoy Mensajeria	Decanato		
19-01-23	12:10	02116	02119	12:15	3 Km	Central Mensajeria	Decanato		
19-01-23	15:13	02119	02123	15:35	4 Km	Bulzoy Mensajeria	Decanato		
19-01-23	16:05	02123	02127	16:30	4 Km	Central Mensajeria	Decanato		
20-01-23	10:27	02127	02130	10:40	3 Km	Bulzoy Mensajeria	Decanato		
20-01-23	10:50	02130	02134	11:10	4 Km	Central Mensajeria	Decanato		

FIRMA CONDUCTOR

FIRMA ANALISTA DE MOVILIZACION

Anexo H. Muestreo realizado en el alcantarillado del Campus Balzay de la Universidad de Cuenca.



Anexo I. Datos empleados en el cálculo de las emisiones indirectas por movilidad del personal y los estudiantes.

Datos requeridos para el cálculo de las emisiones de CO₂ debido al transporte en bus

Días de trabajo al año	180
Eficiencia diésel (km/gal)	9.2
Número de pasajeros promedio	38

Datos requeridos para el cálculo de las emisiones de CO₂ debido al uso de vehículo particular

Días de trabajo al año	180
Eficiencia gasolina (km/galón)	38
Número de pasajeros promedio	1
