



Universidad de Concepción
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería
Química



**ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y ELABORACIÓN DE
PLAN DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE ANÁLISIS
MULTICRITERIO DE UN CENTRO DE EDUCACIÓN SUPERIOR**

POR

Valentina Daniela Castañón Molina

Memoria de Título presentada a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción para
optar al título profesional de Ingeniero/a Civil Químico

Profesor Guía

Claudio Zaror Zaror

Profesional Supervisor

Enrique Roca Bordello

Agosto, 2023

Concepción (Chile)

©2023 Valentina Daniela Castañón Molina

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por su apoyo incondicional, por darme todas las herramientas para desarrollarme profesional y personalmente, por darme la oportunidad de vivir una experiencia inolvidable y por siempre preocuparse de mi bien estar físico y mental.

A mi hermana por ser tan comprensible, por su buena voluntad cuando necesito su ayuda, por sus sabios consejos y por ser siempre mi ejemplo para seguir.

A mi amiga Paula por ser un pilar fundamental en todo este proceso, por recordarme cada día que soy capaz de lograr todo lo que me proponga, por alentarme en los momentos más difíciles y por los buenos momentos vividos.

A mis amigos por quererme tal como soy, por soportarme en mis momentos de tensión, por alegrar cada día en la universidad y hacer que mi estadía lejos de casa sea más amena.

A mis profesores, por guiarme y acompañarme en este periodo de formación, pero por sobre todo por su paciencia y comprensión en momentos críticos.

A los bedeles de la escuela, en especial a Manuel, porque sin su ayuda no hubiese sido posible realizar este trabajo.

A los encargados del área de infraestructura de la universidad, en especial a José Taboada y Manuel Maneiro, por su buena disposición y gestión para recopilar la información necesaria.

RESUMEN

En la lucha contra el cambio climático, la estimación de la huella de carbono adquiere una gran relevancia, ya que permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por actividades, productos u organizaciones. Las universidades desempeñan un papel fundamental en abordar el cambio climático, y calcular la huella de carbono proporciona una perspectiva clara de las emisiones asociadas con actividades docentes e investigativas, ofreciendo la oportunidad de desarrollar estrategias de reducción de carbono y trabajar hacia un futuro neutro en emisiones para 2050. El estudio se enfoca en estimar la huella de carbono de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE) de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) mediante el Protocolo GHG y la norma UNE-ISO 14064 para el año 2021, considerando los siguientes 3 alcances: 1, 2 y 3. Los resultados arrojan un total de 501.14 toneladas de CO₂ equivalente, distribuidas en tres alcances evaluados. El alcance 3 es la mayor contribución con un 50% de las emisiones, seguido por el alcance 1 con un 28% y el alcance 2 con un 22%. Se desarrolla un plan de transición energética en base a tres alternativas de mejora: calderas de biomasa, paneles solares e iluminación led y sensores. Se utiliza análisis multicriterio AHP para priorizar la implementación de alternativas mediante 4 criterios: reducción de huella de carbono, VAN, costo de inversión inicial y tiempo de recuperación de la inversión.

Los paneles solares se destacan como la opción más efectiva debido a su alta contribución a la reducción de la huella de carbono y su viabilidad económica. Seguido de las calderas de biomasa, mientras que la instalación de iluminación led y sensores demostró beneficios a corto plazo en eficiencia energética, su relación costo/beneficio fue relativamente menos favorable. La implementación de estas medidas para 2030 representa una oportunidad crucial para la sostenibilidad ambiental de la ETSE y contribuye a los esfuerzos globales para combatir el cambio climático, además de fomentar una cultura de sostenibilidad dentro de la comunidad universitaria y servir de ejemplo para otras instituciones.

ABSTRACT

In the fight against climate change, estimating the carbon footprint becomes highly relevant, as it allows quantifying the greenhouse gas emissions generated by activities, products, or organizations. Universities play a crucial role in addressing climate change, and calculating the carbon footprint provides a clear perspective on emissions associated with teaching and research activities, offering the opportunity to develop carbon reduction strategies and work towards a carbon-neutral future by 2050. The study focuses on estimating the carbon footprint of the Technical School of Engineering (ETSE) at the University of Santiago de Compostela (USC) for the year 2021, using the GHG Protocol and the UNE-ISO 14064 standard, considering the following 3 scopes: 1, 2, and 3. The results show a total of 501.14 metric tons of CO₂ equivalent emissions, distributed across three evaluated scopes. Scope 3 has the highest contribution with 50% of the emissions, followed by Scope 1 with 28% and Scope 2 with 22%. A transition energy plan is developed based on three improvement alternatives: biomass boilers, solar panels, and led lighting with sensors. A multicriteria AHP analysis is used to prioritize the implementation of alternatives based on 4 criteria: carbon footprint reduction, NPV (Net Present Value), initial investment cost, and investment payback time.

Solar panels stand out as the most effective option due to their significant contribution to carbon footprint reduction and economic viability. Biomass boilers follow closely behind, while the installation of led lighting and sensors showed short-term energy efficiency benefits, but their cost-effectiveness ratio was relatively less favorable. Implementing these measures by 2030 represents a crucial opportunity for the environmental sustainability of ETSE and contributes to global efforts to combat climate change, while also promoting a culture of sustainability within the university community and serving as an example for other institutions.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. CAMBIO CLIMÁTICO Y CALENTAMIENTO GLOBAL	1
1.2. HUELLA DE CARBONO	2
1.2.1. Concepto de Huella de Carbono.....	2
1.2.2. Normas y metodologías de cálculo	8
1.3. TRANSICIÓN ENERGÉTICA	8
1.3.1. Concepto de Transición Energética	8
1.3.2. Plan de mejora basado en Transición Energética.....	9
1.4. ANÁLISIS MULTICRITERIO	11
1.5. Antecedentes de Universidad de Santiago de Compostela	14
2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GENERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. METODOLOGÍA	16
3.1. DETERMINACIÓN DEL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO PARA LA ETSE	16
3.1.1. Límites temporales	17
3.1.2. Límites organizacionales.....	17
3.1.3. Límites operativos.....	18
3.1.4. Identificación de fuentes emisoras	19
3.1.5. Recopilación de datos de actividad y factores de emisión.....	19
3.1.6. Cálculo de emisiones.....	21
3.2. ESTABLECER UN PLAN DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA	22
3.2.1. Evaluación de la situación actual	22
3.2.2. Propuesta de alternativas de mejora.....	23
3.2.3. Selección y evaluación de alternativas.....	25
3.2.4. Priorización de alternativas.....	32
3.2.5. Definir acciones y plazos	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1. Huella de carbono de la ETSE	35
4.2. PLAN DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA	42
4.2.1. Reducción de la huella de carbono.....	44
4.2.2. Análisis económico.....	44
4.2.3. Priorización de alternativas.....	48

4.2.4. Plazos y actividades	51
5. CONCLUSIONES.....	54
REFERENCIAS.....	57
ANEXO A: Ejes de PDS de la USC	63
ANEXO B: Descripción de la organización	66
ANEXO C: Datos de actividad y factores de emisión	68
ANEXO D: Análisis de datos entregados por POE	80
ANEXO E: Cuestionarios	85
ANEXO F: Fuente de factores de emisión.....	91
ANEXO G: Extrapolación de datos movilidad.....	94
ANEXO H: Inventario de instalaciones y equipos de consumo eléctrico	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de emisión y actividades de la ETSE asociadas al alcance 1, 2 y 3.	19
Tabla 2. Valor de PCG en un horizonte temporal de 100 años para los GEI.....	20
Tabla 3. Actividades críticas generadoras de emisiones GEI.	22
Tabla 4. Alternativas de mejora para plan de transición energética.....	23
Tabla 5. Equipos de referencias para cada una de las alternativas de mejora.	27
Tabla 6. Variables económicas para sustitución de calderas de gas natural por calderas de biomasa	30
Tabla 7. Variables económicas para la instalación de paneles solares	31
Tabla 8. Variables económicas asociadas a la sustitución de iluminación actual por iluminación led y sensores de movimiento.	32
Tabla 9. Escala de preferencia de Saaty.	33
Tabla 10. Cálculo de la HC en t CO _{2eq} correspondiente al alcance 1.....	36
Tabla 11. Cálculo de la HC en t CO _{2eq} correspondiente al alcance 2.....	36
Tabla 12. Cálculo de la HC en t CO _{2eq} correspondiente al alcance 3.....	37
Tabla 13. Huella de carbono per cápita total y por alcance.	41
Tabla 14. Reducción de HC por alternativa tecnológica evaluada.	44
Tabla 15. Equivalencias de potencias y precios de iluminación led.....	47
Tabla 16. Plazos y acciones definidos para implementar medidas.	52
Tabla 17. Población universitaria de la ETSE en el año 2021.....	67
Tabla 18. Áreas e instalaciones de la ETSE	67
Tabla 19. Consumo de calderas controladas por POE.....	69
Tabla 20. Descripción de datos de actividad asociados a caldera de vapor.	70
Tabla 21. Datos de consumo de gas natural en año 2021.	71
Tabla 22. Factores de emisión alcance 1.	71
Tabla 23. Descripción de sistemas de refrigeración instalados en la ETSE.....	73
Tabla 24. Dato de actividad asociado al funcionamiento de equipos de refrigeración y factor de emisión correspondiente para el año 2021.....	73
Tabla 25. Detalles de vehículo perteneciente a la ETSE.	74
Tabla 26. Factor de emisión para desplazamiento de vehículos propios.	74
Tabla 27. Datos registrados en contador de electricidad global y de la cafetería en el primer y último día del año 2021.	75
Tabla 28. Resultados de energía total consumida en la ETSE en año 2021.	75
Tabla 29. Factor de emisión mix eléctrico alcance 2.	75
Tabla 30. Datos de consumo de papel de encuesta y extrapolados.	76
Tabla 31. Cantidad de papel consumido en el año 2021.	76
Tabla 32. Distribución según el medio de transporte utilizado para desplazamientos asociados a la actividad de alcance 3.....	77
Tabla 33. Factor de emisión transporte público de alcance 3.	79
Tabla 34. Consumo mensual y cuatrimestral de combustible total, cafetería y ETSE en el año 2021.	81
Tabla 35. Consumo mensual y cuatrimestral eléctrico total, cafetería y ETSE en año 2021.	83
Tabla 36. Consumo eléctrico diario ETSE+Cafetería.....	84
Tabla 37. Calendario de actividades en la ETSE en el año 2021.....	102
Tabla 38. Zonas de la ETSE y equipos considerados en estimación de consumo eléctrico.	103
Tabla 39. Consumo eléctrico por iluminación led.....	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas para la determinación de la huella de carbono de la ETSE en el año 2021.	17
Figura 2. Estructura jerárquica método AHP caso de estudio	33
Figura 3. Emisiones totales de GEI en t CO ₂ eq estimadas para el año 2021 asociado al alcance 1, 2 y 3 en la ETSE.	39
Figura 4. Distribución de fuentes de emisiones GEI de alcance 1, 2 y 3 sobre el total de la huella de carbono de la ETSE en el año 2021.	40
Figura 5. Distribución de fuentes de emisiones GEI sobre el alcance 1 (a) y el alcance 3 (b).	40
Figura 6. Inventario de equipos y contribución porcentual sobre su actividad crítica de emisión GEI, a) calefacción, b) movilidad diaria c) electricidad.	43
Figura 8. Análisis económico de sustitución de calderas de gas natural a caldera de biomasa.	45
Figura 9. Análisis económico implementación de paneles solares.	46
Figura 10. Análisis económico para la implementación de iluminación led y sensores.	47
Figura 11. Matriz decisional para priorización de alternativas mediante la aplicación de análisis multicriterio AHP.	48
Figura 12. Matriz de comparación por parejas entre criterios.	48
Figura 13. Cálculo de índice de consistencia y razón de inconsistencia.	49
Figura 14. Matrices de comparación por parejas entre alternativas por criterio.	49
Figura 15. Índice de consistencia y razón de inconsistencia para matrices de comparación por parejas entre alternativas por criterio.	50
Figura 16. Pesos globales de análisis multicriterio AHP.	50
Figura 17. Reducción de huella de carbono total 1+2 por implementación de energía renovable.	52
Figura 18. Reducción de huella de carbono total por implementación de energía renovable.	53
Figura 19. Datos mensuales de contador de energía térmica.	70
Figura 20. Consumo de gas natural por sistema de cogeneración asociado a la proporción correspondiente a la ETSE.	71
Figura 21. Consumo mensual de gas natural total, cafetería y ETSE para el año 2021.	80
Figura 22. Consumo mensual de electricidad total, cafetería y ETSE en el año 2021.	82
Figura 23. Factor de emisión de para calderas que consumen gas natural.	91
Figura 24. Factor de emisión para fugas de gases refrigerantes.	91
Figura 25. Factor de emisión para vehículo de grupo de investigación.	92
Figura 26. Factor de mix eléctrico de comercializadora eléctrica contratada.	92
Figura 27. Factor de emisión para coches que utilizan gasolina (E5) y gasoil (B7)	92
Figura 28. Factor de emisión de consumo de gasoil en autobuses urbanos y autocares.	93
Figura 29. Factor de emisión de tren en informe de Renfe.	93
Figura 30. Calculadora factor de emisión para desplazamiento en avión.	93
Figura 31. Movilidad diaria en coche para dirigirse a la ETSE.	94
Figura 32. Movilidad diaria en tren y coche para dirigirse a la ETSE.	95
Figura 33. Resumen datos movilidad diaria PDI y PAS a la ETSE.	95
Figura 34. Extrapolación de datos movilidad diaria PDI y PAS a la ETSE.	96
Figura 35. Resumen de datos recopilados en encuesta de viajes de trabajo.	96
Figura 36. Extrapolación de datos de viajes de trabajo.	97
Figura 37. Datos de viaje de trabajo recopilados por encuesta.	97
Figura 38. Movilidad diaria de estudiantes a ETSE.	98
Figura 39. Extrapolación de datos movilidad diaria de estudiantes.	99

Figura 40. Datos encuesta mudanza de ciudad de origen estudiantes.....	101
Figura 41. Extrapolación de datos de mudanza de estudiantes.	101
Figura 42. Consumo eléctrico mensual y anual por bombillas en aulas de la ETSE.	104
Figura 43. Consumo eléctrico mensual y anual por bombillas cd salón de actos, biblioteca, aseos y áreas de estudio y pasillos de la ETSE.....	105
Figura 44. Consumo eléctrico mensual y anual por bombillas en laboratorios de la ETSE.	106
Figura 45. Consumo eléctrico mensual y anual por bombillas en despachos, conserjería, planta piloto, sala de juntas, aula de proyectos de la ETSE.....	107
Figura 46. Resultados de consumo eléctrico de iluminación por área de la ETSE.	108
Figura 47. Consumo mensual de electricidad por iluminación en la ETSE en el año 2021.	108
Figura 48. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por iluminación en el año 2021.	108
Figura 49. Consumo eléctrico mensual y anual por ordenadores instalados en aula de teoría, aula de computación, salón de actos, biblioteca y despachos.	109
Figura 50. Consumo eléctrico mensual y anual por ordenadores instalados en conserjería, sala de juntas y aula de proyectos.	110
Figura 51. Resultados de consumo eléctrico por uso de ordenadores instalados en diferentes áreas de la ETSE en el año 2021.	111
Figura 52. Consumo mensual de electricidad por uso de ordenadores en la ETSE en el año 2021.	111
Figura 53. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por ordenadores en el año 2021.	111
Figura 54. Consumo eléctrico mensual y anual por monitores instalados en aula de teoría, aula de computación, salón de actos y biblioteca.....	112
Figura 55. Consumo eléctrico mensual y anual por monitores instalados en aula de despachos, conserjería, sala de juntas y aula de actos.	113
Figura 56. Resultados de consumo eléctrico por uso de monitores instalados en diferentes áreas de la ETSE en el año 2021.	114
Figura 57. Consumo mensual de electricidad por uso de monitores en la ETSE en el año 2021.	114
Figura 58. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por monitores en el año 2021.	114
Figura 59. Consumo eléctrico mensual y anual por proyectores instalados en aulas de teoría y aulas de computación.....	115
Figura 60. Consumo eléctrico mensual y anual por proyectores instalados en salón de actos, despachos y aula de proyectos.....	116
Figura 61. Resultados de consumo eléctrico por uso de proyectores instalados en diferentes áreas de la ETSE en el año 2021.	117
Figura 62. Consumo mensual de electricidad por uso de proyectores en la ETSE en el año 2021.	117
Figura 63. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por proyectores en el año 2021.	117
Figura 64. Consumo eléctrico mensual y anual por impresoras instalados en biblioteca, áreas de estudio y pasillos, despachos y conserjería.	118
Figura 65. Resultados de consumo eléctrico por uso de impresoras instalados en diferentes áreas de la ETSE en el año 2021.	119
Figura 66. Consumo mensual de electricidad por uso de impresoras en la ETSE en el año 2021.	119

Figura 67. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por impresoras en el año 2021.	119
Figura 68. Consumo eléctrico mensual y anual por impresoras instalados en biblioteca de la ETSE.	120
Figura 69. Resultados de consumo eléctrico por uso de escáneres instalados en la biblioteca de la ETSE en el año 2021.	120
Figura 70. Consumo mensual de electricidad por uso de escáneres en la ETSE en el año 2021.	120
Figura 71. Consumo eléctrico mensual y anual por televisores instalados en plantas de la ETSE.	121
Figura 72. Resultados de consumo eléctrico por uso de televisores instalados en las plantas de la ETSE en el año 2021.	121
Figura 73. Consumo mensual de electricidad por uso de televisores en la ETSE en el año 2021.	121
Figura 74. Consumo eléctrico mensual y anual por canaletas instaladas en plantas de la ETSE.	122
Figura 75. Resultados de consumo eléctrico por uso de canaletas instalados en las plantas de la ETSE en el año 2021.	123
Figura 76. Consumo mensual de electricidad por uso de canaletas instaladas en la ETSE en el año 2021.	123
Figura 77. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por canaletas en el año 2021.	123
Figura 78. Consumo eléctrico mensual y anual por ascensores instalados en plantas de la ETSE.	124
Figura 79. a) Consumo eléctrico mensual por uso de ascensores y b) Contribución porcentual de los ascensores en los diferentes espacios de la ETSE.	124
Figura 80. Consumo eléctrico en aula teórica A1 por uso de portátiles.	124
Figura 81. Consumo eléctrico en aula teórica A2 por uso de portátiles.	124
Figura 82. Consumo eléctrico en aula teórica A3 por uso de portátiles.	124
Figura 83. Consumo eléctrico en aula teórica A4 por uso de portátiles.	125
Figura 84. Consumo eléctrico en aula teórica A5 por uso de portátiles.	125
Figura 85. Consumo eléctrico en aula teórica A6 por uso de portátiles.	125
Figura 86. Consumo eléctrico en aula teórica A7 por uso de portátiles.	126
Figura 87. Consumo eléctrico en aula teórica A8 por uso de portátiles.	126
Figura 88. Consumo eléctrico en biblioteca por uso de portátiles.	126
Figura 89. Consumo eléctrico en pasillos por uso de portátiles.	127
Figura 90. Resultados de consumo eléctrico por uso de portátiles instalados en diferentes áreas de la ETSE en el año 2021.	127
Figura 91. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por portátiles en el año 2021.	127
Figura 92. Consumo mensual de electricidad por uso de portátiles en la ETSE en el año 2021.	127
Figura 93. Consumo eléctrico diario y anual por uso de sistemas de refrigeración de la ETSE.	128
Figura 94. Consumo eléctrico por uso de extractores instalados en la ETSE en el año 2021.	128
Figura 95. Consumo eléctrico diario y anual por uso de cámara de conservación instalado en la ETSE.	128
Figura 96. Consumo eléctrico total de la ETSE desglosado por consumo asociado a diferentes equipos e instalaciones en la ETSE para el año 2021.	129
Figura 97. Influencia de equipos en el consumo eléctrico anual de la ETSE.	129

1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan antecedentes relevantes para el desarrollo de este trabajo. En primer lugar, se resumen conceptos generales sobre cambio climático y huella de carbono. Posteriormente, se estudian los principales avances en transición energética y métodos de análisis multicriterio.

1.1. CAMBIO CLIMÁTICO Y CALENTAMIENTO GLOBAL

El cambio climático (CC) y el calentamiento global (CG) son fenómenos de gran preocupación a nivel mundial debido a su impacto significativo en el medio ambiente y la sociedad. El CC se define como las alteraciones a largo plazo en los patrones climáticos de la Tierra, incluyendo cambios en la temperatura, la precipitación, los vientos y otros elementos climáticos. Una de las principales causas del CC es el CG, el cual hace referencia al aumento gradual de la temperatura promedio de la Tierra[1].

Durante décadas, tanto CC como CG han sido motivo de interés internacional. Los antecedentes se remontan al siglo XIX, cuando diversos científicos comenzaron a investigar el impacto de las actividades humanas en el clima. A lo largo del siglo XX, se acumularon pruebas científicas sólidas que respaldaban la teoría del CG causado por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) [2]. Estos son componentes atmosféricos que atrapan el calor del sol en la atmósfera, existiendo varios tipos. Dentro de los principales GEI se encuentra:

- Dióxido de carbono (CO₂): El más abundante; liberado principalmente por la quema de combustibles fósiles y cambios en el uso del suelo. De larga vida en la atmósfera.
- Metano (CH₄): Producido naturalmente y en actividades humanas como extracción de combustibles fósiles y gestión de residuos. Tiene alto poder de CG a corto plazo.
- Óxido nitroso (N₂O): Generado por procesos microbianos en suelos agrícolas, quema de combustibles fósiles e industria química. Tiene un poder de CG mucho mayor que el CO₂.

Además de estos, existen otros GEI menos predominantes, pero igualmente relevantes, como los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆); se utilizan en diversas aplicaciones industriales y tienen un poder de CG extremadamente alto.

Dentro de todos los GEI, el dióxido de carbono (CO₂) ocupa una posición destacada, representando aproximadamente el 81,6% de todas las emisiones de GEI. Se estima que el CO₂ contribuye en alrededor del 75% al efecto invernadero antropogénico, es decir, aquel causado por las actividades humanas [3]

La preocupación por el CC ha llevado a la adopción de importantes acuerdos internacionales. El Acuerdo de París, firmado en 2015 durante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), es un ejemplo destacado en el que los países se comprometen a limitar el aumento de la temperatura media global por debajo de los 2 grados Celsius con respecto a los niveles preindustriales, y se esfuerza por limitar el aumento a 1,5 grados Celsius [4]. Por otro lado, La Unión Europea (UE) estableció el objetivo de convertirse en el primer continente climáticamente neutro para el año 2050 [5]. Se ha implementado el Sistema de Comercio de Emisiones de la UE (EU ETS, por sus siglas en inglés), que es el mayor mercado de carbono del mundo, y se han establecido objetivos vinculantes de reducción de emisiones para los sectores clave de la economía[6].

En España, se han desarrollado planes y estrategias para mitigar el cambio climático como, por ejemplo: plan nacional integrado de energía y clima 2021-2023, estudio ambiental estratégico y declaración ambiental estratégica, plan nacional de adaptación al cambio climático 2021-2023, hoja de ruta de los sectores difusos a 2020, planes de impulso al medio ambiente y plan de impulso a la internacionalización de la economía [7].

En resumen, el CC y CG representan uno de los mayores desafíos actuales. Es fundamental orientar acciones que ayuden a mitigar los efectos del CG. La adopción de medidas enérgicas y la concienciación pública son clave para enfrentar este desafío y garantizar un futuro más sostenible para las generaciones venideras.

1.2. HUELLA DE CARBONO

1.2.1. Concepto de Huella de Carbono

La huella de carbono (HC) es la cantidad total de GEI emitidos directa o indirectamente debido a las actividades humanas. Se utiliza como una medida para evaluar el impacto ambiental de individuos, organizaciones, eventos o productos en términos de emisiones de GEI. Estas emisiones provienen de diversas fuentes, como el transporte, la producción de energía, la agricultura y la industria [8]. Estas emisiones se expresan comúnmente en

toneladas de dióxido de carbono equivalente ($t\ CO_{2eq}$), medida estándar utilizada para comparar las emisiones de diferentes GEI. Evaluar la HC ayuda a identificar áreas con posibilidad de reducción de emisiones, contribuyendo a la mitigación del CC[8], [9].

La HC en una institución educacional (IE) hace referencia a la cantidad total de GEI generadas por actividades y operaciones de dicha institución. A nivel universitario, las facultades dentro de una universidad desempeñan un papel importante en la generación de la HC universitaria, ya que son responsables de actividades específicas relacionadas con la educación, la investigación y la administración[10]. Cada facultad presenta características y funciones que influyen en sus emisiones de GEI, como la demanda de energía para la iluminación y el funcionamiento de equipos, el uso de transporte para desplazamientos, el consumo de recursos en laboratorios y talleres, y la generación de residuos[11].

Es importante evaluar y reducir la HC en las IE por varias razones [10], [11]:

- Responsabilidad ambiental: Las IE tienen la responsabilidad de liderar en la protección del medio ambiente y la sostenibilidad. Al reducir su HC, contribuyen a moderar el CC y preservar el entorno natural.
- Educación y sensibilización: Al abordar la HC, las IE pueden educar a sus estudiantes y personal de trabajo sobre los desafíos ambientales actuales promoviendo una cultura de sostenibilidad. Este enfoque genera conciencia acerca de la necesidad de implementar medidas tanto individuales como colectivas para preservar el medio ambiente.
- Liderazgo y ejemplo: Al implementar medidas para reducir su HC, las IE se convierten en ejemplos de buenas prácticas y pueden influir en otras organizaciones y en la comunidad en general.

La preocupación por la HC en las IE surge como parte de un movimiento global hacia la sostenibilidad y mitigación del CC. Dentro de los estudios más actuales realizados en España de los cuales se ha podido recopilar información destacan los siguientes:

- Pérez (2020) realizó la estimación de la HC para la Universidad de Alicante en el año 2020, mediante el análisis y la evaluación de las emisiones de GEI generadas por la organización, tomando en cuenta: el número de trabajadores, estudiantes, títulos ofertados, superficie de la organización y el número de contratos, convenios y proyectos de I+D+i realizados durante ese año. El estudio se basa en

una metodología proporcionada por el MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico), que establece los lineamientos para calcular la HC y elaborar un plan de mejora. Se utilizan índices de actividad representativos, como la superficie de la organización y el número de contratos y proyectos, para calcular las ratios de emisiones en relación con estos índices. Se analizan los resultados para el alcance 1, que considera las emisiones relacionadas con el consumo de gas natural y gas propano, y para el alcance 2, que aborda las emisiones relacionadas con el consumo eléctrico. El resultado obtenido fue total de 913,10 t CO_{2eq}. Donde el alcance 1 presenta el 100% de la contribución a su HC total debido a que la energía eléctrica suministrada por la comercializadora presenta garantía de origen de fuentes renovables, por lo cual, las emisiones de alcance 2 son cero [12].

- Inarejos *et al.* (2019) calcularon la HC de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación (ETSIT) de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) en colaboración con la Subdirección de Asuntos Económicos e Infraestructuras de la Escuela. El análisis se basó en la norma ISO 14064 y la guía proporcionada por el Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA), considerando el consumo de gas (alcance 1) y el consumo eléctrico (alcance 2). Además, se propuso una estrategia para reducir el consumo eléctrico y la HC en una zona específica de la ETSIT. Esto implicaría cambiar la tecnología de iluminación y utilizar un sistema inteligente de control basado en la luminosidad y la presencia, utilizando datos recopilados por la plataforma IoT Smart CEI Moncloa. Se estima que esta medida resultaría en una reducción del consumo eléctrico de más del 90% [13].
- Polo (2019) cuantificó la huella ambiental de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, forestal y del medio natural de la UPM. Se utiliza un enfoque de análisis híbrido por niveles, que combina técnicas de análisis de ciclo de vida y análisis input-output. Se diferencian áreas de análisis basadas en los alcances definidos por la norma ISO 14064 para la HC. El objetivo es obtener una evaluación completa del impacto ambiental de la escuela en diferentes categorías. Se consideraron emisiones directas del consumo de combustibles fósiles en fuentes fijas y móviles (alcance 1), emisiones producidas por la generación de la electricidad consumida en el centro (alcance 2) y finalmente emisiones indirectas provenientes del consumo de bienes fungibles, bienes inventariables, consumo de

agua, gas natural, gasóleo A y transporte (alcance 3). Los resultados revelaron que, en el año 2018, la HC de la escuela fue de 9.088,395 t CO_{2eq}. Se identificó que el alcance 1 representa un 15% del total de la HC, el alcance 2 un 59% y el alcance 3 un 26% (destacando el consumo de bienes fungibles y transporte). En cuanto a las medidas de mejora propuestas, se enfocaron en la reducción del consumo eléctrico y la implementación de acciones para promover una mayor eficiencia energética en la escuela. Además, se sugirió realizar campañas de sensibilización sobre el impacto ambiental del consumo de tinta y tóner [14].

- Herosilla (2014) estimó la HC para la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) en el año 2013. Se utilizó una metodología basada en ISO 14064-1 y GHG Protocol y se consideraron las emisiones directas e indirectas. Como emisiones directas (alcance 1) se consideraron las provenientes del consumo de gas natural en instalaciones fijas, emisiones fugitivas de HFC y consumo de combustible fósil en vehículo propio de la UPCT. Para las emisiones indirectas se contabilizaron las provenientes de la generación de electricidad, calor o vapor de origen externo consumido por la organización (alcance 2) y otro tipo de emisiones indirectas (alcance 3) provenientes de la movilidad de empleados y alumnos de la universidad, consumo de papel, consumo de agua y generación de residuos peligrosos. Los resultados revelaron que la HC total de la UPCT fue de 9.088,395 t CO_{2eq}, donde el alcance 1 representa un 3,61%, el alcance 2 un 16,94% y el alcance 3 un 79,44% de la HC total. Las emisiones más significativas se relacionaron con la movilidad de la comunidad universitaria y el consumo de electricidad. Se propusieron medidas para reducir las emisiones y se resaltó la importancia de una Memoria Ambiental anual para evaluar los logros ambientales de la universidad [15].

Sumado a estos estudios, en Latinoamérica también se han desarrollado el cálculo de la HC en diferentes universidades y facultades dentro de los cuales destacan los siguientes:

- Mendoza-Flores *et al.* (2019) realizaron el cálculo de la HC en concreto el campus Cuajimalpa de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) en el año 2016. Se realizó el cálculo utilizando como base el GHG Protocol y se consideraron emisiones directas (alcance 1) provenientes de fuentes móviles y estacionarias y fugas de refrigerantes, las emisiones indirectas provienen del uso de energía eléctrica (alcance 2) y de otras fuentes (alcance 3) como consumo de papel,

alimentos, agua, gases, productos de limpieza, solventes, tratamiento de aguas residuales, desechos peligrosos y viajes académicos. Su HC se estimó alrededor de las 3.000 t CO_{2eq}, representando un 4% el alcance 1, un 24% el alcance 2 y un 72% el alcance 3. A partir del inventario, se designaron medidas de mejora e implementación de políticas para la reducción y mitigación de GEI, lo que resulta beneficioso ambiental y económicamente [16].

- Varón-Hoyos *et al.* (2021) calcularon la HC del campus de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), Colombia para el año 2017. Mediante la aplicación de la metodología GHG Protocol se establecieron emisiones directas (alcance 1), emisiones indirectas asociadas a electricidad (alcance 2) y otras emisiones indirectas de GEI (alcance 3). En total, en el 2017 la UPTP emitió 8969 t CO_{2eq}, de las cuales el 97% fueron emisiones de alcance 3, principalmente debido a la movilidad diaria de estudiantes y funcionarios. Realizaron el cálculo de la HC per cápita dando como resultado un valor de 0,4 t CO_{2eq} por cada miembro. Adicionalmente, evaluaron el impacto de las emisiones totales en los años 2017 y 2018 de tres estrategias a favor de reducir la HC de UTP basadas en una mejor gestión de agua, electricidad y movilidad de la comunidad universitaria [17].
- Pérez (2019) realizó el cálculo de la HC de la facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU) junto a la elaboración de un plan de carbono neutro. Se utilizó la metodología del protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG protocol) para cuantificar las emisiones expresadas en tCO_{2eq}. Los límites organizacionales y operacionales se definieron para identificar las fuentes de emisión y se clasificaron en los alcances 1, 2 y 3. Se aplicó una encuesta a estudiantes, docentes y personal administrativo para obtener información sobre el transporte utilizado. Se realizó un inventario eléctrico y se recopiló información de la oficina de decanatura y administración. El resultado fue un total de 153.73 tCO_{2eq}, con el alcance 3 representando el 80,3% y el transporte Casa-UNU-Casa como la principal fuente de emisión dentro de este alcance. El alcance 2, correspondiente al consumo de energía eléctrica, fue la segunda fuente de emisión más importante [18].
- Salazar *et al.* (2016) actualizó el cálculo de la HC para la Universidad San Francisco de Quito (USFQ) para el año 2015. Su HC actualizada fue calculada y comparada con los datos obtenidos de la línea base correspondiente al año 2012. Se consideraron diferentes rubros de actividad de la comunidad universitaria,

como consumo energético, tratamiento de aguas residuales, generación y tratamiento de residuos sólidos, consumo de combustibles y transporte terrestre y aéreo. Los datos se obtuvieron de registros de consumo y se realizó una encuesta electrónica. Los resultados mostraron que cada miembro estudiantil contribuyó con una generación de 0,68 t CO₂ al año, y cada miembro docente y administrativo contribuyó con una generación de 0,84 t CO₂ al año. En comparación con la línea base de 2012, se observó una reducción en la emisión por estudiante. En total, la USFQ emite 6.225,4 t CO₂ anuales, siendo el transporte terrestre la mayor contribución con un 68.0%, seguido de la generación de energía, el transporte aéreo, el tratamiento de residuos sólidos, la combustión de combustibles in-situ y el tratamiento de aguas residuales [19].

Estos son solo algunos ejemplos, pero cada vez más IE están tomando medidas para reducir su HC. La situación actual muestra un creciente compromiso con la sostenibilidad y la adopción de prácticas más ecológicas en el sector educativo.

Por otro lado, en España, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) ha desarrollado una serie de herramientas destinadas a facilitar el cálculo de la HC de las organizaciones, así como la estimación de las absorciones de dióxido de carbono generadas por proyectos de absorción. Entre estas herramientas, destaca la *"Calculadora de huella de carbono de alcance 1+2 para organizaciones 2007-2021"*. El principal propósito de esta calculadora es simplificar y agilizar el cálculo de la HC para aquellas organizaciones que deseen inscribirse en el "Registro para el cálculo de la huella de carbono"[20] .

Adicionalmente, el MITECO ha elaborado un manual de instrucciones de la calculadora y una guía de cálculo de la HC de organizaciones, ambos diseñados para brindar apoyo en la realización del cálculo de las emisiones de GEI en el contexto de las organizaciones [20]. Es relevante mencionar que esta guía se basa en la norma UNE-ISO 14064 centrada específicamente en la HC de las organizaciones y no aborda el cálculo de la HC de productos, eventos o individuos. Asimismo, es importante tener presente que el documento se enfoca únicamente en las fuentes de emisión correspondientes a los alcances 1 y 2, excluyendo las del alcance 3. Al limitarse a estos aspectos, la guía proporciona un enfoque claro y preciso para aquellas entidades que buscan cuantificar y reducir su impacto ambiental y contribuir así a la lucha contra el cambio climático [8].

1.2.2. Normas y metodologías de cálculo

Son diversas las normas y metodologías reconocidas internacionalmente que permiten calcular la HC. Estas deben incorporar los principios de relevancia, integridad, consistencia, exactitud y transparencia. Algunas de las normas más estudiadas según la *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización (2021)*[8] destacadas y utilizadas a nivel europeo e internacional incluyen:

- Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol): Protocolo desarrollado por el World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development, es uno de los más utilizados para cuantificar y gestionar las emisiones de GEI a nivel internacional.
- UNE-ISO 14064-1: Norma que establece los principios y requisitos para la cuantificación y el informe de emisiones y remociones de GEI a nivel de organización. Forma parte de la norma ISO 14064, que consta de tres partes que también abordan proyectos específicos y la validación y verificación de las emisiones declaradas.
- UNE-ISO 14065:2012: Norma que establece los requisitos para los organismos que realizan la validación y verificación de GEI, utilizado en acreditación u otros reconocimientos.
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) 2006 GHG Workbook: Guía que proporciona herramientas para calcular GEI de diversas fuentes y sectores. Se desarrolló como orientación para los inventarios nacionales, pero también es de utilidad en el cálculo de HC de organizaciones.

Todas ellas brindan una estructura y enfoque común para el cálculo de la HC, asegurando consistencia y comparabilidad de resultados. La elección de la metodología más adecuada dependerá de factores como ámbito geográfico, tipo de organización y requisitos específicos de informe.

1.3. TRANSICIÓN ENERGÉTICA

1.3.1. Concepto de Transición Energética

La transición energética (TE) se refiere al proceso de cambio gradual de la forma en que se produce y consume energía, desde fuentes de energía no renovable y contaminantes como los combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón) hacia fuentes de energía

renovable y limpias como la energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica, biomasa y otras tecnologías sostenibles [21].

Esta es necesaria para atenuar los efectos del cambio climático, reducir la dependencia de los combustibles fósiles y mejorar la seguridad energética a largo plazo. La TE implica una serie de cambios en la infraestructura energética, patrones de consumo y políticas públicas, que se orienten hacia el uso de fuentes de energía renovable [22].

1.3.2. Plan de mejora basado en transición energética

Los planes de transición energética buscan abordar el desafío del cambio climático y avanzar hacia una economía sostenible y libre de carbono. Estos planes promueven la adopción de tecnologías limpias, la eficiencia energética y la cooperación internacional para lograr una transición exitosa hacia un futuro más verde y resiliente [21].

Ante la creciente conciencia sobre la urgencia de reducir las emisiones de carbono y avanzar hacia fuentes de energías limpias y renovables, diversos países, municipios e instituciones educacionales han tomado la iniciativa para liderar estudios y cambios significativos en sus sistemas de suministro energético [23].

En los últimos años, la comunidad internacional ha establecido ambiciosos objetivos de transición energética. Tal como se menciona con anterioridad, a nivel internacional el Acuerdo de París ha comprometido a países de todo el mundo a limitar el calentamiento global y reducir sus emisiones de GEI, el cual también se ha visto impulsado por la Conferencia de las Partes (COP) número 27 mediante la transición energética para frenar la dependencia de los combustibles fósiles. A nivel europeo, el Pacto Verde Europeo busca la transformación de la UE hacia una economía sostenible y neutra en carbono para el año 2050, con una reducción del 55% de las emisiones para el 2030 aumentando al 40% el objetivo vinculante al aporte de fuentes de energía renovable en la combinación energética de la UE [24]. A nivel nacional, España aprobó en 2021 la Ley de Cambio Climático y Transición Energética, con el objetivo de alcanzar la neutralidad de carbono para 2050, reducir las emisiones de GEI en un 23% para 2030 respecto a 1990, penetración de energías de origen renovable en el consumo de energía final de al menos un 42% y un sistema eléctrico con al menos un 74% de generación de origen renovable en 2030 [22].

En el ámbito educativo, las universidades e institutos han establecido centros de investigación, cátedras, y programas de estudio dedicados a la energía sostenible con la

finalidad de generar conocimiento, formar profesionales capacitados y desarrollar tecnologías innovadoras para enfrentar los desafíos energéticos del futuro [10].

En la actualidad, diversas IE han adoptado medidas para reducir su HC basados en TE. Algunos ejemplos destacados incluyen:

- Opel *et al.* (2017): En este estudio se describe la transformación de la Universidad de Leuphana en Lüneburg hacia un suministro de energía renovable y neutral para el clima. Se estableció como objetivo el cambio del suministro de energía renovable para alcanzar el primer balance energético neutral para el clima, realizando cambios en calefacción, electricidad, automóviles y viajes de negocios en el año 2014. Para lograr esta transición energética, la universidad implemento dos sistemas de calor y electricidad combinados (CHP) que funcionan con biometano, con una capacidad total de 1050 kW. Además, se incorporaron 720 kW de paneles fotovoltaicos, cubriendo más del 20% de la demanda eléctrica con un 95% de autoconsumo.
- Jin *et al.* (2023) [25]: Implemento una estrategia de transición energética a mediano plazo para el campus de la Universidad Politécnica de Marche en Italia que contribuya a la neutralidad de carbono, reduciendo el 50% de las emisiones de carbono considerando aspectos económicos como el costo del suministro de energía e ingresos por exportaciones. Realizan el estudio de diversas tecnologías, como fotovoltaica, calor y electricidad combinados, calderas de gas, absorción y enfriadores eléctricos. Se investiga una combinación de tecnologías nuevas e instaladas, como almacenamiento de energía o hidrógeno, para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones. Los resultados resaltan la importancia de las energías renovables, baterías y tecnologías de acoplamiento del sector para lograr una transición exitosa hacia la neutralidad de carbono. Se destaca el papel clave de la explotación de sinergias entre múltiples operadores para garantizar la eficiencia y el éxito de la implementación de medidas de acoplamiento sectorial en la planificación energética del campus universitario.
- Wang (2023) [26]: Este estudio se centra en el plan de transición energética de un campus universitario en China para alcanzar la neutralidad de carbono. Se utilizó una metodología basada en LEAP y LCA para evaluar y minimizar las emisiones de GEI. Se identificaron siete estrategias de mitigación que podrían reducir las emisiones en un 97% para el año 2060, siendo la descarbonización de la

electricidad el mayor contribuyente. La meta es lograr un campus neutral en carbono para 2060, lo que requerirá también la compensación de carbono. Este estudio destaca la importancia de la transición energética en el ámbito educativo hacia una economía sostenible y baja en carbono.

1.4. ANÁLISIS MULTICRITERIO

Los métodos de Análisis Multicriterio (AMC) son herramientas que facilitan la toma de decisiones en situaciones complejas, al evaluar y comparar alternativas basadas en múltiples criterios. Utilizan modelos matemáticos y estadísticos para ofrecer soluciones objetivas y sistemáticas. Existe una gama variada de métodos de AMC. Según estudios [27]–[29] algunos de los métodos más utilizados son:

- Método de ponderación lineal: Asigna pesos a los criterios para reflejar su importancia relativa y obtiene una puntuación final para cada alternativa al ponderar y sumar los valores de los criterios.
- Método de ELECTRE: Compara cada alternativa con un perfil de referencia que representa la solución ideal, establece umbrales de aceptabilidad y utiliza una función de concordancia para evaluar si las alternativas cumplen con los criterios.
- Método de AHP (Análisis jerárquico de procesos): Descompone el problema en una jerarquía de criterios y subcriterios, y utiliza una matriz de comparación para evaluar la importancia relativa de cada criterio.
- Método de TOPSIS (Técnica de ordenación de preferencia por similitud ideal): Se basa en la proximidad de cada alternativa a un perfil ideal y alejamiento de un perfil anti-ideal para determinar la mejor opción.
- Método PROMETHEE: Utiliza una matriz de comparación para evaluar la importancia relativa de cada criterio y emplea funciones de preferencia y flujo para clasificar las alternativas.

En general, la toma de decisiones multicriterio ha sido ampliamente utilizada en el campo de la reducción de la HC en productos y organizaciones. Esta metodología permite considerar múltiples criterios y evaluar diferentes alternativas para determinar la mejor estrategia de reducción de emisiones de carbono. Algunos antecedentes destacados en esta área incluyen:

- Estudio de Campus-Guzman *et al* (2019) [26]: Menciona que la evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de energía renovable requiere una metodología que

aborde indicadores cuantitativos y cualitativos. Se realiza una revisión exhaustiva de la literatura ha analizado las herramientas utilizadas por la comunidad científica en este campo durante los últimos diez años. Se ha encontrado que el marco metodológico integrado por el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y la toma de decisiones mediante AMC es la herramienta más adecuada para una evaluación integral de la sostenibilidad. Este enfoque combinado, especialmente la combinación de ACV y el proceso analítico jerárquico (AHP) (por sus siglas en ingles *Analytic Hierarchy Process*), ha sido ampliamente utilizado debido a su simplicidad y robustez para el desarrollo sostenible en sistemas energéticos. Aplicados individualmente, el ACV y el AMC no logran una evaluación completa debido a su incertidumbre intrínseca y la diversidad de parámetros analizados. En resumen, el marco híbrido de ACV y AMC es la mejor opción para evaluar la sostenibilidad en sistemas de energía renovable.

- Estudio de Villacis (2021) [30]: Este documento presenta una solución al alto costo operativo de un sistema de riego bananero en la empresa Reybanpac. Se utiliza el método AHP del AMC para seleccionar la mejor opción entre un sistema de bombeo solar fotovoltaico, la red pública o un sistema a combustión de bajo consumo. Se prioriza la selección de tecnologías amigables con el medio ambiente y que minimicen el uso de combustibles fósiles. La evaluación se realiza considerando criterios de eficiencia, ambientales, económicos y sociales. Se utiliza el indicador económico de costo beneficio para corroborar la viabilidad del sistema seleccionado. Los resultados muestran que el uso de sistemas de bombeo a combustión en la agricultura ecuatoriana representa un alto costo operativo. El análisis multicriterio destaca una preferencia del 62,64% por el sistema de bombeo solar fotovoltaico, lo que indica claramente su implementación como una opción amigable con el medio ambiente y rentable. El indicador económico muestra que se podría obtener un beneficio de hasta 9,37 veces con respecto al costo del sistema actual. La implementación del sistema de riego solar fotovoltaico garantiza un suministro eficiente y confiable de energía eléctrica, promoviendo una producción amigable con el medio ambiente y mayor rentabilidad en los cultivos.
- Investigación de Strantzali *et al.* (2016) [31]: Este artículo realiza una exhaustiva revisión de la literatura en el ámbito de las energías renovables y sostenibles, centrándose en el uso de métodos de toma de decisiones. Se destaca la relevancia

del ACV, el Análisis Costo-Beneficio (CBA) y el AMC, los cuales son ampliamente empleados en la investigación. Se resalta que la elección del método depende de las preferencias individuales de los tomadores de decisiones, y se observa una tendencia hacia la utilización de múltiples métodos en la literatura especializada. Asimismo, se evidencia que los enfoques tradicionales son muy comunes, destacando el AMC como uno de los más prevalentes. En particular, el ACV y el CBA son predominantes en los campos de Política y Gestión Energética, y Análisis de Impacto Ambiental, respectivamente

- Estudio de Mazarío (2015)[32]: La tesis aborda la selección óptima de proyectos de movilidad urbana en la ciudad de Valencia mediante un método híbrido multicriterio. El estudio combina la participación de expertos a través del método Delphi, el análisis de respuestas mediante el método AHP y el método VIKOR para evaluar los resultados y la estabilidad de la solución óptima. Se concluye que las soluciones más viables incluyen la peatonalización del centro urbano, la mejora de la red de carriles-bici, la renovación de la flota de autobuses, la finalización de la línea 2 del transporte público y la subvención del transporte público y del aparcamiento en el centro de Valencia. Estas conclusiones se basan en criterios económicos, calidad de viaje y aspectos medioambientales. Además, se destaca la importancia de considerar la participación de los expertos y el uso del método AHP para la toma de decisiones complejas en el campo de la movilidad urbana sostenible. Se proponen líneas futuras de investigación para seguir mejorando la metodología y su aplicación en otros casos similares.
- Herva *et al* (2015) [33]: El trabajo se centra en el ecodiseño de calzado infantil, utilizando un AMC para evaluar su impacto ambiental. Se seleccionan indicadores ambientales cuantitativos como la Huella Ecológica, el Coeficiente de Peligro y el Riesgo de Cáncer. Mediante métodos de Programación de Preferencias Difusas y razonamiento lógico difuso, se integran estos indicadores para calcular un Índice Integrado de Ecodiseño. Esto permite clasificar los diseños de calzado infantil según su sostenibilidad ambiental. La metodología puede extenderse a otros productos, promoviendo prácticas más sostenibles en el desarrollo de productos en diferentes industrias.

La evaluación de la sostenibilidad de los sistemas de energía renovable requiere una metodología que aborde indicadores cuantitativos y cualitativos. Una revisión exhaustiva

de la literatura ha analizado las herramientas utilizadas por la comunidad científica en este campo durante los últimos diez años, donde se ha encontrado que el marco metodológico integrado por el ACV y el AMC es la herramienta más adecuada para una evaluación integral de la sostenibilidad [34]. Este enfoque combinado, especialmente la combinación de ACV y método AHP, ha sido ampliamente utilizado debido a su simplicidad y robustez para el desarrollo sostenible en sistemas energéticos. Aplicados individualmente, el ACV y el AMC no logran una evaluación completa debido a su incertidumbre intrínseca y la diversidad de parámetros analizados [35].

1.5. ANTECEDENTES DE UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

Durante varios años, la Universidad de Santiago de Compostela (USC) ha trabajado para promover la protección y conservación del medio ambiente y crear una conciencia ecológica colectiva. La USC mantiene un firme compromiso institucional con la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos en la Agenda 2030 de las Naciones Unidas [36].

Para llevar a cabo este compromiso, en noviembre de 2003, se aprobó el Plan de Desarrollo Sostenible (PDS), convirtiéndose en una institución pionera en el ámbito de la responsabilidad social. Este plan es un documento estratégico que define objetivos, acciones, responsables e indicadores para evaluar el progreso hacia la sostenibilidad. En febrero de 2004, se creó la Coordinación del PDS, cuya misión principal es diseñar, planificar, implementar y evaluar los diversos programas necesarios para poner en práctica las acciones contempladas en el documento marco [37].

Actualmente, se encuentra en proceso de elaboración de un nuevo PDS que se alinea con los objetivos ambientales y sociales de los 5 P (Personas, Planeta, Prosperidad, Paz y Partenariado –alianzas–). Este plan abarcará acciones específicas en áreas como la gestión y gobernanza, formación y docencia, investigación y compromiso social [37-38]. El nuevo PDS se estructurará en torno a tres pilares fundamentales: Generación de conocimiento y educación ambiental, Planificación, gestión y evaluación medioambiental y divulgación y Participación y Sensibilización ambiental [38]. En el Anexo A, se detalla cada uno de los ejes.

En el marco de la Programación Plurianual (2019-2022), la USC está impulsando una serie de iniciativas importantes, entre las que destacan [37]:

1. **USClima:** Plan de acción para combatir el cambio climático, con control de huella ecológica y proyectos de adaptación y mitigación.
2. **Política de Plásticos 0:** Reducción del uso de plásticos a través de acuerdos con proveedores.
3. **Gestión de Residuos:** Guía de gestión de residuos, cláusulas en contratos y campañas de sensibilización, enfoque en aparatos eléctricos y electrónicos.
4. **Campus Sostenibles:** Cambio de hábitos para reducir consumo de energía y agua, mejoras en infraestructuras y promoción de movilidad sostenible.
5. **USC saludable y justa:** Comedores y cafeterías sostenibles con dieta atlántica y productos locales y de comercio justo.

En resumen, la USC muestra un fuerte compromiso con la sostenibilidad y la lucha contra el cambio climático. Es crucial que los departamentos de la universidad se involucren activamente en acciones concretas para mitigar el cambio climático, como la reducción de la HC, promoción de prácticas sostenibles, investigación y educación ambiental. La universidad puede ser un ejemplo inspirador para la sociedad al contribuir a un futuro más sostenible y resiliente frente al cambio climático.

2. HIPÓTESIS DE TRABAJO Y OBJETIVOS

Un plan de transición energética en la facultad busca reducir su HC al adoptar prácticas sostenibles y fuentes de energía renovable. Esto contribuye a mitigar el cambio climático y promover la sostenibilidad ambiental en la institución. Por lo tanto, se espera que el desarrollo de un plan de transición energética para la Escuela Técnica Superior de Ingeniería basado en la implementación de medidas de eficiencia energética y adopción de fuentes de energía renovable disminuya el consumo de energía, la dependencia de combustibles fósiles y contribuya significativamente a la reducción de la HC.

2.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar una propuesta de mejoramiento del desempeño ambiental de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE) de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) basado en la implementación de tecnologías que promuevan la eficiencia energética y el uso de energías renovables para contribuir a la mitigación del cambio climático.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular la huella de carbono de la ETSE considerando emisiones directas e indirectas y tomando como base el año 2021.

- Establecer un plan de implementación de mejora que resulte en una reducción de huella de carbono y eficiencia energética con alternativas priorizadas mediante análisis multicriterio.

3. METODOLOGÍA

En este capítulo se describe el marco metodológico utilizado en este trabajo, para dar respuesta a los objetivos específicos establecidos en este trabajo. En primer lugar, se describe detalladamente el procedimiento seguido para determinar la HC de la ETSE, incluyendo los datos base utilizados para el cálculo de los alcances 1, 2, y 3. Posteriormente, se revisa el procedimiento para establecer el plan de implementación de mejoras basado en transición energética, ello incluye la evaluación de la situación actual a partir de los resultados de inventario de emisiones de GEI y consumos energéticos, la propuesta y selección de alternativas de mejora, la revisión de las etapas para realizar el análisis multicriterio y finalmente la definición de acciones y plazos que supone la implementación de cada una de las alternativas.

3.1. DETERMINACIÓN DEL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Para determinar la HC de la ETSE se ha seguido la metodología descrita en GHG Protocol y en norma UNE-ISO 14064-1 [9], [39]. En general, los pasos a seguir para el cálculo de la HC de una organización en las normas consideradas coinciden. La metodología utilizada para realizar el cálculo de la huella de carbono en la ETSE se

resume en el esquema presentado en la Figura 1.



Figura 1. Etapas para la determinación de la huella de carbono de la ETSE en el año 2021.

3.1.1. Límites temporales

En primer lugar, se definió el periodo de tiempo en el cual se desarrolló el estudio. Generalmente el año en el que se realiza el estudio, es el año naturalmente anterior al año en que se realiza el cálculo de la HC. Para este caso, como la investigación comenzó el año 2022, se consideró el año 2021 para el desarrollo del trabajo. Cabe destacar que el año de este estudio se designa como el año base de cálculo de la HC para el establecimiento, por tanto, permitirá tener un registro e incentivar al cálculo de la HC en los próximos años y de esta forma poder realizar comparaciones y analizar la evolución de los resultados obtenidos.

3.1.2. Límites organizacionales

Los límites organizacionales determinan el enfoque del estudio. La organización puede presentar más de una instalación y fuentes de emisión de GEI, por tanto, es necesario identificar el control que tiene la empresa sobre ciertas instalaciones generadoras de emisiones de GEI para posteriormente contabilizarlas, por lo cual, también es necesario definir los espacios que se considerarán.

Se determinó utilizar el enfoque de control operativo para contabilizar las emisiones de GEI atribuibles a las operaciones bajo el control de la ETSE contemplando

exclusivamente al edificio ETSE ubicado en Campus Sur de la USC, por tanto, no se considera equipamiento docente que se encuentran en sedes anexas (Aulario de Inteligencia Artificial y Edificio del Monte da Condesa). Para el edificio ETSE se consideraron sus dos espacios: Edificio de Docencia (ED) y Edificio de Ingeniería Química (EIQ). Quedó totalmente excluido en el estudio la cafetería instalada en el edificio ya que es de carácter privado. En el Anexo B, se describe detalladamente las instalaciones que presenta la ETSE.

En cuanto a la estimación de la población universitaria del año 2021, se obtuvo un total de 908 personas. Para obtener el resultado se realizó una estimación de la cantidad de alumnos de pregrado y máster se realizó mediante el cálculo de un promedio de datos de matrículas entre los cursos 2020-2021 y 2021-2022, mientras que para los datos de PDI y PAS se consideraron los datos del Censo del curso 2021-2022 facilitados por dirección de la escuela. En el Anexo B, se detalla el número de personas que formaron parte de las actividades estudiantiles de la escuela.

3.1.3. Límites operativos

Definidos los límites de la organización, se identificaron las fuentes emisoras asociadas a las operaciones distinguiendo entre emisiones directas e indirectas, para posteriormente seleccionar las emisiones que se analizarán. Según las directrices marcadas por GHG Protocol y UNE-ISO 14064-1 [9],[39], las emisiones directas e indirectas se definen como tipos de alcance categorizados en 3: alcance 1, alcance 2 y alcance 3.

- a) Alcance 1: emisiones directas de GEI, asociadas a las emisiones provenientes de la combustión de calderas, hornos, vehículos, etc. que son propiedad de la organización. También incluye las emisiones fugitivas, como fugas de aire acondicionado, fugas de metano de conductos, entre otras.
- b) Alcance 2: emisiones indirectas de GEI, asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización.
- c) Alcance 3: emisiones indirectas de GEI que se producen en las actividades de la organización generadas por terceros, como la producción de materiales utilizados en la fabricación de productos o la emisión de GEI durante el transporte y distribución de productos.

Para este estudio, se definieron los límites operativos teniendo en cuenta las emisiones directas e indirectas derivadas de los alcances 1, 2 y 3 derivadas de la actividad docente

e investigadora que se desarrolla dentro de los límites organizacionales definidos. De acuerdo con la metodología utilizada, para efectos de reporte y contabilidad se considera obligatorio el análisis del inventario de alcance 1 y 2, mientras que el alcance 3 es voluntario. En este estudio se consideró el alcance 3 con la finalidad de obtener información más completa y así definir acciones de gestión futuras eficientes y consecuentes a la realidad institucional.

3.1.4. Identificación de fuentes emisoras

Se identificaron las fuentes emisoras asociadas a sus operaciones y se seleccionó el alcance de contabilidad, adicionalmente se detalló el tipo de datos que se requieren para el cálculo de las emisiones GEI junto a sus unidades de medida. En la Tabla 1, se presentan los límites operativos del estudio por alcance y por fuente emisora identificada.

Tabla 1. Fuentes de emisión y actividades de la ETSE asociadas al alcance 1, 2 y 3.

Alcance	Fuente emisora	Actividad	Unidad
Alcance 1	Instalaciones fijas	Consumo de gas natural	kWh _{PCS}
		Consumo gasoil	L
		Fugas de refrigerantes	kg
	Vehículos propios	Consumo de gasolina E10	L
Alcance 2	Electricidad	Consumo de electricidad	kWh
Alcance 3	Adquisición insumos	Consumo papel	hojas
	Transporte	Movilidad diaria estudiantes	km
		Movilidad diaria PDI y PAS	km
		Viajes de trabajo	km
		Traslado de ciudad de origen a Santiago de Compostela	km

3.1.5. Recopilación de datos de actividad y factores de emisión

Para realizar el cálculo de HC es necesario recopilar o estimar datos de la actividad de la fuente emisora a partir de fuentes confiables. Los datos de actividad generalmente son los datos de consumo en el periodo de cálculo.

Teniendo en cuenta los límites establecidos para este estudio, especialmente la información relacionada con las fuentes de emisión, se llevaron a cabo tareas de búsqueda, recopilación, documentación y centralización de datos correspondientes a los alcances 1, 2 y 3 definidos dentro de los límites de la ETSE durante el periodo 2021.

Esta labor de recopilación se realizó en colaboración con el área de infraestructura de la universidad, en particular con el Departamento de Plan de Optimización Energética

(POE) y mantenimiento para los alcances 1 y 2. Por otro lado, para el alcance 3 fue necesario contar con la colaboración de diversos profesionales del área de administración y servicios (PAS), así como del personal docente e investigador (PDI) de la ETSE, quienes respondieron una encuesta.

Los datos recopilados se conocen como "Datos de la actividad" y se proporcionaron en diversas unidades de medida según su disponibilidad. Sin embargo, para llevar a cabo el cálculo correspondiente de emisiones, se realizaron ajustes en los datos recopilados para asegurar que las unidades de medida estuvieran en concordancia con los factores de emisión utilizados.

Un factor de emisión (FE) es la cantidad de emisiones de GEI que se liberan a la atmósfera por unidad de actividad. Para calcular las emisiones asociadas a la actividad de la organización, se utilizan factores de emisión. La búsqueda de datos de factor de emisión está directamente relacionada con el dato de la actividad recopilada, donde sus datos son proporcionados por fuentes oficiales reconocidas internacionalmente. Para este estudio se consideraron 3 GEI: CO₂, CH₄ y N₂O, los cuales se expresan en unidades de CO₂eq por medio de su potencial de calentamiento global (PCG). Por lo tanto, a partir del FE correspondiente a cada GEI se calculó el FE expresado en unidades de CO₂eq mediante la ecuación (1).

$$FE = FE_{CO_2} * PCG_{CO_2} + FE_{CH_4} * PCG_{CH_4} + FE_{N_2O} * PCG_{N_2O} \quad (1)$$

Donde los valores de PCG empleados son los correspondientes a un horizonte temporal de 100 años, los cuales se establecen en el sexto informe del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) conocido como AR6 [3]. En la Tabla 2 se presentan los valores de PCG utilizados.

Tabla 2. Valor de PCG en un horizonte temporal de 100 años para los GEI.

PCG	CO2	CH4	N2O
Valor	1	28	265

Para los FE de fuentes de fugas de refrigerantes, combustión fija y móvil (de alcance 1 y 3) se utilizó como apoyo principal el documento de factores de emisión (versión 22) desarrollado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) del Gobierno de España [40], en el cual se seleccionaron los datos según el tipo de fuente, el tipo de combustible y el año en el que se quiere realizar el estudio. Este documento se basa en los FE provenientes de las directrices del IPCC 2006 y del

inventario nacional de GEI. Los datos entregados son resultado de la multiplicación entre los FE registrados en el IPCC por su factor de conversión a unidades de energía convencionales, con la finalidad de facilitar el cálculo de HC. Cabe destacar que todos los FE que se utilizaron del informe del MITECO, se verificaron en las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de GEI, volumen 2, Energía, capítulo 2 combustión estacionaria y capítulo 3 combustión móvil [41], [42].

El factor de emisión para el alcance 2 se hace llamar factor de emisión de mix eléctrico, el cual es proporcionado por el informe de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) correspondiente al año 2021 [43]. Este factor depende del mix eléctrico que presenta cada una de las comercializadora, para este caso de estudio se consideró el valor asociado a GAS NATURAL COMERCIALIZADORA, S.A.

Adicional a esto, el factor de emisión asociado a la extracción y producción de productos adquiridos (alcance 3) en la ETSE se obtuvo de bibliografía.

En el Anexo C, se proporcionan detalles sobre los datos de actividad y los FE recopilados para el año 2021, en relación con el alcance 1, 2 y 3. Además, se describen los métodos de tratamiento y/o conversión empleados en estos datos para facilitar el cálculo de las emisiones correspondientes.

3.1.6. Cálculo de emisiones

Este apartado representa la última fase del proceso de determinación de las emisiones de GEI de la ETSE durante el período 2021. El cálculo de HC consistió en realizar un cálculo básico basado en un producto entre el dato de actividad y el factor de emisión recopilado, tal y como se muestra en la ecuación (2).

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato actividad} \cdot \text{Factor de emisión} \quad (2)$$

Por lo general, los resultados se presentan en forma de kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kg de CO_{2eq}), que se derivan al tener en cuenta el PCG de los diferentes GEI. Aunque los resultados inicialmente se expresaron en kg de CO_{2eq}, se convirtieron posteriormente a t CO_{2eq}, ya que esta es la unidad de medida universal que refleja el (PCG) de cada uno de los GEI. [3].

El cálculo de las emisiones de GEI para el alcance 1 y 2 se realizó utilizando la "Calculadora de huella de carbono de alcance 1+2 para organizaciones 2007-2021", una herramienta desarrollada por el MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y

el Reto Demográfico). Esta herramienta se actualiza periódicamente en colaboración con la Oficina Española de Cambio Climático y contiene todos los datos de los FE mencionados anteriormente para los tres GEI. Para realizar los cálculos, solo se requiere completar los datos de actividad recopilados para cada una de las fuentes identificadas.

En cuanto al cálculo de las emisiones del alcance 3, se utilizó una hoja de cálculo de Excel que sigue la misma metodología, basada el producto entre el dato de actividad y factor de emisión recopilado. Se asignaron espacios para completar los datos de actividad, FE y PCG para correlacionar las celdas y aplicar la ecuación (2) de la base metodológica de cálculo de HC para las emisiones del alcance 3.

3.2. PLAN DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

El plan de transición energética diseñado para la ETSE tiene como objetivo principal contribuir la neutralidad de carbono al reducir significativamente las emisiones de GEI y promover el uso de energías renovables y la eficiencia energética en todas las áreas de la escuela. Esta iniciativa busca transformar las prácticas y procesos actuales para asegurar que la escuela tenga un impacto ambiental mínimo, contribuyendo así de manera positiva a la lucha contra el cambio climático. Para alcanzar este propósito, se llevó a cabo una evaluación de la situación actual, utilizando el cálculo de la HC para identificar las fuentes de emisión críticas que requerían una atención especial y en las cuales se enfocarían las medidas de mejora. El siguiente paso consistió en proponer diversas alternativas y seleccionar las que sean fácilmente cuantificables, para evaluar su impacto en la reducción de la HC, para luego realizar un análisis económico que permita comparar y priorizar las opciones mediante la aplicación de análisis multicriterio. Finalmente, se implementaron las medidas seleccionadas y se establecieron plazos de ejecución.

3.2.1. Evaluación de la situación actual

Se analizó la situación energética actual de la institución educativa, se evaluó el consumo de energía, se identificaron las fuentes de energía utilizadas y se utilizó el valor del cálculo de la HC de cada fuente emisora para analizar las posibles alternativas de mejora. En la Tabla 3 se presentan las actividades identificadas que presentan mayor contribución en la HC.

Tabla 3. Actividades críticas generadoras de emisiones GEI.

Alcance	Fuente emisora	Actividad
Alcance 1	Consumo de combustible	Calefacción
Alcance 2	Consumo de electricidad	Uso de instalaciones y equipos

Se identificaron los equipos utilizados en la ETSE para cubrir su demanda energética térmica y para el caso de la energía eléctrica se realizó un inventario de los equipos e instalaciones que generan el consumo eléctrico presentes dentro de límites organizacionales definidos. Para el caso de la movilidad se identificaron los medios de transporte más utilizados por estudiantes y personal de trabajo.

Cabe destacar que, para la estimación de la energía eléctrica consumida en la ETSE fue necesario averiguar sobre la potencia de cada uno de los equipos de consumo eléctricos junto a su tiempo de uso promedio. Por su parte, el desarrollo del inventario fue posible gracias a la ayuda de bedeles y participación de docentes mediante encuesta. De esta forma se pudo identificar y priorizar las fuentes de emisión críticas generadas por el consumo de electricidad. En el Anexo H se presenta el detalle del inventario junto a las decisiones que se tomaron en el camino para la estimación de los datos.

3.2.2. Propuesta de alternativas de mejora

A partir de las fuentes críticas identificadas, se desarrolló un plan integral de transición energética basado en la implementación de medidas factibles y económicamente viables en un plazo de tiempo adecuado. Para reducir la HC de la escuela, se propusieron medidas relacionadas con la gestión y la implementación de tecnologías enfocadas en la eficiencia energética, el uso de energías renovables y la adopción de prácticas sostenibles que contribuyan a mejorar las fuentes emisoras críticas identificadas. La Tabla 4 presenta las alternativas propuestas para conseguir una reducción de HC en cada una de las fuentes emisoras críticas identificadas.

Tabla 4. Alternativas de mejora para plan de transición energética.

Objetivo	Medida	Descripción
Reducir consumo de combustible fósil en calefacción de la ETSE	Reducción de horario de uso de equipos	Disminuir el tiempo de encendido de las calderas
	Utilización de energías renovables	Calderas de biomasa o sistemas de geotermia con bombas de calor.
	Optimización del sistema de calefacción	Evaluación y ajuste del diseño y funcionamiento del sistema de calefacción para mejorar la eficiencia y reducir el consumo de combustible, teniendo en cuenta aspectos como la distribución del calor y la zonificación.
	Control y automatización	Uso de sistemas de control y automatización para regular el funcionamiento de la caldera y optimizar su eficiencia

	Educación y concientización	Realizar programas de educación y concientización sobre la importancia de la eficiencia energética entre los ocupantes del edificio ETSE y fomentar prácticas sostenibles como apagar equipos y luces cuando no se utilicen y promover el uso responsable de la energía.
Reducir consumo eléctrico y descarbonización de la fuente energética	Iluminación led	Reemplazar las bombillas incandescentes y fluorescentes tradicionales por luces led de alta eficiencia energética.
	Sistemas de iluminación automatizados	Utilizar sensores de luz natural y sistemas de iluminación automatizados para regular el nivel de iluminación según las condiciones del ambiente.
	Instalación de paneles solares	Instalación de sistemas de energía renovable, como paneles solares en techo del edificio y/o estacionamiento para generar electricidad limpia y reducir la dependencia de la red eléctrica convencional.
	Comercializadora eléctrica	Realizar el cambio a una comercializadora que presente garantía de origen renovable
Evaluar uso de coches de combustión a transporte sostenible	Fomento del transporte público	Promover el uso del transporte público mediante descuentos, convenios y mejoras en el servicio.
	Infraestructura para bicicletas	Mejorar la infraestructura ciclista en el campus con ciclovías y estacionamientos seguros.
	Compartir vehículos	Implementar programas de carpooling y ridesharing para reducir el número de coches en circulación.
	Promoción de la caminata	Fomentar la caminata como opción para distancias cortas en el campus.
	Educación y concienciación	Realizar campañas de sensibilización sobre transporte sostenible.
	Incentivos económicos	Establecer bonificaciones y descuentos para quienes utilicen medios de transporte sostenibles.
	Programas de sensibilización	Organización de charlas, conferencias, talleres y paneles de discusión con expertos en sostenibilidad y cambio climático.
Concientizar, educar y promover la participación de la comunidad universitaria	Campañas de comunicación	Difundir mensajes clave sobre la reducción de la HC a través de comunicación visual y digital, utilizando carteles, folletos, boletines electrónicos, redes sociales y el sitio web de la universidad
	Programas de formación	Desarrollar programas de formación y capacitación sobre prácticas sostenibles dirigidos a estudiantes, docentes y personal administrativos. Abarcando temas de eficiencia

	energética, gestión de residuos, movilidad sostenible y adopción de energías renovables.
Integración curricular	Integrar la sostenibilidad y la reducción de la HC en los planes de estudio y programas académicos de la carrera mediante cursos o asignaturas específicas obligatorias sobre energía renovable, eficiencia energética, cambio climático y políticas ambientales.
Iniciativa de ejemplos prácticos en campus	Incentivar a la participación de proyectos de energía renovable, jardines o espacios verdes sostenibles, sistemas de recolección de agua de lluvia o prácticas de compostaje.
Alianzas y colaboraciones	Establecer alianzas con organizaciones y grupos estudiantiles relacionados con la sostenibilidad y la reducción de la HC. Esto puede involucrar a grupos de estudiantes, organizaciones ambientales locales o empresas comprometidas con la sostenibilidad para realizar actividades conjuntas, charlas o proyectos.
Desafíos y competiciones	Organizar desafíos y competiciones entre estudiantes, profesores y personal de la universidad para fomentar la adopción de comportamientos sostenibles y premiar a los participantes con reconocimientos o incentivos.

3.2.3. Selección y evaluación de alternativas

El plan de transición energética se enfocó en elegir opciones medibles en reducción de emisiones de carbono y su inversión asociada. La medición de la reducción de emisiones por medidas de gestión es más compleja que las basadas en tecnologías eficientes o energías renovables, debido a cambios en comportamientos y políticas que generan resultados variables y dificultan la medición precisa. En este contexto, es menos complejo cuantificar las medidas para reducir emisiones en alcances 1 y 2 que en alcance 3. Esto se debe a que las medidas en alcance 1 y 2 directamente controlan fuentes de emisión institucionales, como el uso de combustibles. En cambio, las medidas en alcance 3 están relacionadas con actividades externas e indirectas, como transporte y compras, lo que las hace más complejas de medir debido a factores variables y externos

Por lo tanto, el plan de transición energética desarrollado para la ETSE se centró en evaluar y comparar alternativas de implementación de tecnologías eficientes y energías renovables para alcance 1 y alcance 2. Concretamente, se evaluó la implementación de calderas de biomasa para reducir el consumo de combustible en calefacción. Asimismo,

se consideró la instalación de paneles solares y la implementación de iluminación led junto con sus sensores correspondientes para reducir el consumo eléctrico y lograr la descarbonización de la red eléctrica. Estas medidas son fundamentales para avanzar hacia una escuela más sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Para la evaluación de las alternativas y su posterior comparación, en primer lugar, se buscó información sobre equipos de referencia en bibliografía y empresas. Luego, se calculó la reducción de la HC que supone la implementación de cada alternativa. Por último, se realizó el análisis económico para cada alternativa.

3.2.3.1. Equipos de referencia

En el proceso de selección de equipos de referencia, se emplearon datos de bibliografía y datos proporcionados directamente por empresas. La búsqueda bibliográfica abarcó diversas opciones, y se optó por aquel equipo que mejor se adapte a las necesidades energéticas de la ETSE y a su ubicación preferente en España o, más específicamente, en Galicia.

Calderas de biomasa:

A través de una búsqueda bibliográfica, se consideró un estudio sobre la implementación de calderas de biomasa en otros edificios dentro del campus universitario. El estudio realizado por Campos en (2022) [44] abordó la viabilidad técnica-económica de esta tecnología en el colegio mayor de Fonseca, Cadarse y San Clemente, que se encuentran aproximadamente a 1 km de la ETSE, por lo que, este tipo de instalación podría implementarse en la escuela. El equipo de referencia utilizado en dicho estudio es la caldera de biomasa modelo BioFire 500-1500 del fabricante HERTZ, con una potencia de 600 kW y una eficiencia del 80%, por lo que se consideró que podría cubrir las necesidades térmicas de la ETSE.

Paneles solares:

Se realizó una evaluación energética de paneles solares y sus instalaciones cercanas a la ETSE en Santiago de Compostela. Se encontraron dos instalaciones fotovoltaicas dentro del campus universitario, una en el edificio de Física y otra en el Centro de Investigación en Química Biológica y Materiales Moleculares (CIQUS), ambas a una distancia aproximada de 300 metros de la ETSE. Aunque no se obtuvo información detallada sobre los sistemas instalados en la universidad, se tomó como referencia una instalación fotovoltaica realizada por la empresa Greenesal Energy, ubicada en el Polígono de

Bergondo en A Coruña. Dado que Santiago de Compostela y A Coruña se encuentran en la región de Galicia, en el noroeste de España, y comparten una proximidad geográfica y una ubicación similar en la misma región, se asumió que la irradiación solar entre ambas ciudades es similar, lo que permitiría considerar viable la utilización de los datos proporcionados.

En el caso de la instalación de referencia, se emplearon paneles solares del modelo Trina 450Wp Mono PERC, junto con el inversor SOFAR SOLAR 60000TL, con una potencia de 79,8 kW de corriente continua y 60 kW de corriente alterna. Estos detalles proporcionaron una base relevante para el análisis de la factibilidad y rendimiento potencial de los paneles solares en la ETSE.

Iluminación led + sensores:

Para la instalación eficiente de tecnología led en la ETSE, se realizó una búsqueda bibliográfica para identificar los modelos adecuados de bombillas y tubos que reemplacen eficazmente las existentes. Además, se consideró la incorporación de sensores de movimiento y presencia en áreas comunes y baños para un funcionamiento más eficiente del sistema de iluminación. Los sensores seleccionados cuentan con cabezal detector de 90° y 180° [45], que garantizan una detección efectiva en áreas amplias. En la Tabla 5, se proporciona el detalle de los equipos utilizados como referencia para evaluar cada una de las alternativas energéticas para la ETSE.

Tabla 5. Equipos de referencias para cada una de las alternativas de mejora.

Equipo / tecnología	Modelo	Fuente de información
Calderas de biomasa	BioFire 500-1500 del fabricante HERTZ.	Se considera el equipo encontrado en bibliografía [44].
Paneles solares	Trina 450Wp Mono PERC.	Datos proporcionados por Greenesal Energy.
Led+sensores	El led depende de la equivalencia de potencias y los sensores de cabezal detector de ángulos entre 90° y 180°	Datos bibliográficos [45].

3.2.3.2.Reducción de huella de carbono

Para el cálculo de la reducción de la HC de cada una de las alternativas se consideró la HC generada por cada equipo en cuanto al consumo de combustible y/o energía eléctrica el cual se multiplicó por su factor de emisión correspondiente para obtener su HC.

Posteriormente se realizó la resta entre la HC de su alcance correspondiente y la HC de la tecnología propuesta.

Caldera de biomasa:

La reducción de HC generada por la sustitución de tecnología de calefacción de gas natural por caldera de biomasa se realizó mediante la diferencia entre la HC generada por el consumo de combustible en las calderas de gas natural que se utilizan para calefaccionar la escuela, con el cálculo de la HC asociado a la astilla consumida por la caldera de biomasa. El equipo de referencia considerado utiliza astillas de biomasa con un contenido de humedad ideal del 30% sobre base húmeda y un potencial de calentamiento inferior (PCI) de 3,5 kWh/kg. Dado que la caldera tiene una eficiencia del 80% al convertir la astilla en calor utilizable, se realizó un cociente entre la demanda energética de la ETSE y 2,8 kWh/kg, obteniéndose un total de 213 toneladas para proporcionar un total de 597.773 kWh de calor a la escuela. Luego, según los datos proporcionados por el informe de factores de emisión desarrollado por el MITECO[40], se estimó que la biomasa de madera produce 0,137 kg de CO_{2eq} por kilo quemado.

Paneles solares:

La reducción de la HC asociado a la implementación de paneles solares para la generación de electricidad para suplir la demanda eléctrica total de la ETSE, se calculó mediante la diferencia entre la HC generada por el consumo de electricidad menos la HC generada por los paneles solares, lo cual, como es de saber su HC asociada es cero.

Iluminación led + sensores:

Se utilizó el inventario de las bombillas y tubos instalados en la ETSE para calcular el consumo de energía eléctrica (ver Anexo H) y estimar el ahorro potencial al sustituir cada uno de ellos por tecnología led bajo el mismo tiempo de uso. El cálculo se realizó mediante la equivalencia de potencias recopiladas en bibliografía [46], [47] para cada uno de los focos del inventario. Además, se evaluó el ahorro adicional que se podría conseguir al instalar sensores de presencia y movimiento en áreas de uso común, como pasillos y baños para el cual sólo se consideró el consumo eléctrico asociado a los espacios designados anteriormente, donde la instalación de estos detectores puede reducir significativamente los costos de iluminación hasta en un 60%[45]. Por lo tanto, la reducción de HC se calculó a partir de la diferencia entre la HC asociada al consumo total de ETSE y la HC asociada al consumo de iluminación led y sensores.

3.2.3.3. Análisis económico

Se llevó a cabo un estudio de viabilidad económica para evaluar la posibilidad de reemplazar las fuentes de energía de la ETSE por las alternativas de mejora previamente presentadas. El objetivo es analizar los costos asociados con la implementación de estas alternativas, así como los posibles ahorros en términos de consumo de energía. El análisis de rentabilidad se llevó a cabo mediante la determinación de los flujos netos de caja (ingresos menos costos) para cada alternativa, donde se consideró como un flujo de caja positivo la diferencia entre el gasto anual generado por la instalación actual y el gasto anual de la instalación renovable y/o de eficiencia energética. Por otro lado, los costos de inversión inicial corresponden al desembolso de capital inicial necesario para instalar y poner en funcionamiento la alternativa propuesta.

Una vez calculado el flujo de caja neta, se realizó el cálculo del valor presente junto a su valor presente acumulado anual con la finalidad de determinar el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el cálculo del tiempo de recuperación de la inversión. El cálculo del VAN y la TIR se realizó teniendo en cuenta un horizonte temporal de 20 años, tomando como referencia el año cero, que representa el momento en el que se realiza la inversión inicial requerida para las instalaciones correspondientes. La producción de energía no comenzará hasta el primer año, y en ese mismo año se tendrá en cuenta el efecto del incremento porcentual de los índices de precio al consumo (IPC). Se consideró que el (IPC) de bienes como servicios es de un 2% ya que, según el banco central europeo, tienen como objetivo asegurar de que la inflación sea baja, estable y predecible, por lo cual el Consejo de Gobierno ha acordado un objetivo de inflación del 2% a medio plazo [48]. Se consideró el precio promedio asociado a las tarifas no reguladas que se establecen para empresas donde su precio redondea en 0,14 €/kWh para el consumo de gas natural y 0,2 €/kWh para el consumo eléctrico.

Calderas de biomasa:

Como bien se menciona anteriormente, se realizó la evaluación económica de la sustitución del equipo actual que proporciona calor, por lo cual, se realizó en primer lugar el cálculo de costo asociado al funcionamiento de la caldera de gas natural actual y posteriormente se realizó el cálculo asociado al funcionamiento de la caldera de biomasa y su mantenimiento, donde el combustible se consideró la astilla.

Se calculó el costo económico asociado a la utilización de calderas de gas natural para cubrir una demanda térmica de 597.773 kWh. Para ello, se consideró tanto el costo del combustible consumido como el costo de operación como el costo del mantenimiento de las 3 calderas utilizadas. De acuerdo con información consultada con expertos del área, se estimó un costo total de 4.000 € anual para mantener las 3 calderas en funcionamiento.

Luego, para la caldera de biomasa, se tomó como referencia los valores presentados en el trabajo realizado por Campos (2020) [44]. Se consideró una tasa de descuento del 3,1%, un costo de inversión inicial de 415.800 euros, el cual incluye una subvención por equipo y red de distribución. Además, se consideró un costo de astilla de 145 € por tonelada y un costo anual de operación y mantenimiento de 5700 euros.

De esta manera, se evaluó el costo económico y la viabilidad de la utilización de la caldera de biomasa en comparación con la caldera de gas natural actual, teniendo en cuenta tanto los costos iniciales de inversión como los costos operativos y de mantenimiento a lo largo del tiempo. En la Tabla 6 se detallan los valores utilizados para el análisis económico.

Tabla 6. Variables económicas para sustitución de calderas de gas natural por calderas de biomasa

Combustible	Costo Combustible	Costo inversión (€)	Mantención (€)
Gas natural	0,14 (€/kWh)	-	4.000
Biomasa	145 (€/t)	415.800	5.700

Paneles solares:

Para realizar la evaluación económica de la implementación de paneles solares en la ETSE, se comparó el costo asociado al consumo eléctrico actual con el costo de la instalación de los paneles solares y el ahorro que generaría durante un periodo de 20 años.

A partir de los datos proporcionados por la empresa se determinó la cantidad de paneles solares necesarios para satisfacer la demanda eléctrica de la escuela. Se estableció una correlación directa entre la cantidad de energía generada por los paneles solares en la empresa y la posible cantidad de energía generada en la escuela.

Además, datos recopilados a través de la herramienta desarrollada por la Comisión Europea Joint Research Center, la cual permite realizar estudios de viabilidad fotovoltaica, indican que la irradiación con ángulo óptimo en el punto donde se localiza Greenesal y en la ubicación de la ETSE es de 51,58 kWh/m² y 59,48 kWh/m²,

respectivamente, para el mes de solsticio de invierno (momento de menor irradiación solar). Esto corroboró que la irradiación entre ambas ubicaciones evaluadas es equiparable.

Con base en los datos proporcionados, se estimó que se requerirían 126 paneles solares, con una potencia total del sistema instalado de 56,7 kW, para generar una energía anual de 57,1 MWh con un solo inversor. Por lo tanto, para cubrir la demanda energética de la escuela de 442 MWh, sería necesario contar con 976 paneles, con una potencia total de instalación de 439,2 kW y el uso de 6 inversores.

Previo al cálculo del VAN y TIR, se realizó el cálculo del costo de inversión de acuerdo con la cantidad de paneles calculados y los valores proporcionados por la empresa en relación con el costo de instalación de la planta solar fotovoltaica. Según el informe sobre costos de financiación de las energías renovables publicado por IRENA, el costo de capital de la energía fotovoltaica a escala comercial en España es del 5,1% [49], por lo cual, para este estudio se tomó como valor de referencia como la tasa de descuento un 5%. En consecuencia, una vez ajustados los datos al caso específico de la ETSE, la inversión inicial requerida para esta instalación se estimó en 384.688 €, mientras que el costo de mantención se consideró igual a 10,90 €/kW [50]. En la Tabla 7, se presentan las variables económicas para la instalación de paneles solares.

Tabla 7. Variables económicas para la instalación de paneles solares

Paneles solares	Costo inversión (€)	Potencia instalación (kW)	Demanda eléctrica anual (kWh)	Costo electricidad (€/kWh)	Costo mantención (€/kW)
975	384.688	439,2	442.000	0,2	10,90

Iluminación led + sensores:

Los datos obtenidos de páginas de empresas enfocadas en venta de artefactos de iluminación permitieron estimar los costos de inversión necesarios para la instalación de las bombillas y tubos led, considerando también los gastos asociados a la desinstalación de los dispositivos antiguos. Además, se evaluó el ahorro adicional que se podría conseguir al instalar sensores de presencia y movimiento en áreas de uso común, como pasillos y baños para el cual sólo se consideró el consumo eléctrico asociado a los espacios designados anteriormente. La instalación de estos detectores puede reducir significativamente los costos de iluminación hasta en un 60%[45].

Para realizar cálculo del VAN y TIR se consideraron precios de tubos/bombillas led, precios de sensores de movimiento, costo de la electricidad consumida, costo de desinstalación de bombillas/tubos actuales e instalación de bombillas/tubos led y su variación de IPC anual. Cabe destacar que el precio asociado a la instalación y desinstalación de iluminación led está expresado en dólares, por lo tanto, se realizó la conversión de peso chileno a euro, considerando que 1 € equivale a 916,21 pesos chilenos (valor asociado al día de la realización del cálculo por la bolsa de valores). Se realizó el flujo de caja considerando la resta entre el consumo actual y el consumo generado por la iluminación led y sensores. Cabe mencionar para el cálculo del VAN y TIR se consideró un periodo de 20 años tal como menciona anteriormente, pero se estima una vida útil de 10 años para esta instalación, por lo tanto, en el año 10 se consideró como egreso nuevamente la inversión inicial. En la Tabla 8, se presentan las variables económicas asociadas a la implementación de iluminación led y sensores de movimiento en la ETSE.

Tabla 8. Variables económicas asociadas a la sustitución de iluminación actual por iluminación led y sensores de movimiento.

Iluminación led			
Costo (€)	Costo desinstalación (€)	Costo instalación (€)	
24.440	1,7	2,5	
sensores			
Costo (€)	Cantidad	Costo instalación (€)	Tiempo promedio de instalación (h)
418,00	40	26	0,75
Electricidad			
Costo (€/kWh)		IPC anual	
0,2		2%	

3.2.4. Priorización de alternativas

Para identificar las alternativas que presenten mayor beneficio tanto energético como económico para la ETSE, se utilizó análisis multicriterio. Este análisis se realizó utilizando el método AHP, que permite priorizar y estudiar la factibilidad de las medidas propuestas en base a criterios como la rentabilidad energética y económica. Los pasos para implementar el método AHP son los siguientes: construcción de la estructura jerárquica, cálculo de los pesos individuales, cálculo de los pesos globales y medidas de consistencia.

Construcción de la estructura jerárquica:

Se definió la estructura jerárquica del problema de decisión, donde se establecen los objetivos, criterios y alternativas (se representa en forma de un diagrama jerárquico).

En este estudio, para el análisis de las alternativas, se establecieron cuatro criterios relevantes: reducción de HC, VAN, costo de inversión inicial y tiempo de recuperación de la inversión. Las alternativas consideradas, como bien se menciona anteriormente, son: caldera de biomasa, paneles solares e iluminación led con sensores las cuales contribuyen a mejoras en el consumo térmico y eléctrico. En la Figura 2 se muestra la jerarquización de las ideas mencionadas anteriormente.

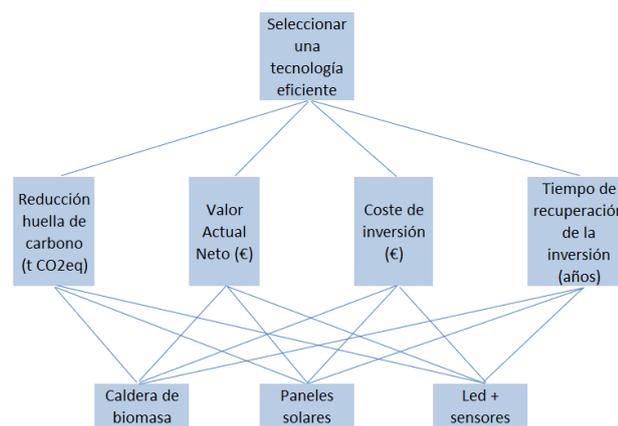


Figura 2. Estructura jerárquica método AHP caso de estudio

Cálculo de los pesos individuales:

Para calcular los pesos individuales, se generó una matriz de comparación por pares entre criterios y luego entre alternativas para cada criterio utilizando la escala de preferencias de Saaty, ver Tabla 9. En este proceso, se consideró que la reducción de la HC es el criterio de mayor importancia, seguido por el VAN, el costo de inversión y el tiempo de recuperación de la inversión, por lo tanto, las preferencias se utilizan sobre la base de que la preferencia de las alternativas sigue el siguiente orden: C1 > C2 > C3 > C4.

Tabla 9. Escala de preferencia de Saaty.

Relación de preferencia	Valor
Misma preferencia	1
Preferencia moderada	3
Preferencia fuerte	5
Preferencia demostrada	7
Preferencia extrema	9

Luego, se calcularon los pesos individuales correspondientes a cada criterio/alternativa utilizando el método de media geométrica, aplicando la ecuación (3). En primer lugar, se calculó el peso individual sin normalizar y posteriormente se normalizó el resultado.

$$W_k = \frac{(\prod_{i=1}^n C_{ki})^{1/n}}{\prod_{i=1}^n (\prod_{i=1}^n C_{ki})^{1/n}} \in [0,1] \quad (3)$$

Cálculo de los pesos globales:

Una vez obtenidos los pesos para cada nivel jerárquico, se calcularon los pesos globales a través de una agregación multiplicativa. Esto implica combinar los pesos de cada nivel para obtener los pesos globales de los criterios y alternativas. Se realizó el cálculo de los pesos globales, mediante la ecuación (4). Los pesos globales son los valores encargados de establecer el orden de preferencia entre las alternativas, por lo tanto, el peso global que presente mayor valor, se considera como la primera opción a implementar.

$$W_{A_j} = \sum_{i=1}^n (W_{C_i} \cdot W_{C_i, A_j}) \quad (4)$$

Medida de la inconsistencia en la comparación por parejas:

Se evaluó la consistencia de las preferencias expresadas en las matrices de comparación por parejas. Se utilizaron índices de consistencia para verificar si los juicios emitidos por el decisor son consistentes, mediante la ecuación (5).

$$I.C._{Saaty, D.M., /grupo} = \frac{1}{n^2} \left(\left(\sum_{i,j=1}^n C_{ijk} \frac{w_j}{w_i} \right) - n^2 \right) \quad (5)$$

Donde, n es el número de criterios/alternativas comparadas, w_j y w_i son los pesos de los criterios/alternativas j e i respectivamente. A continuación, se determinó la razón de inconsistencia (R.I.) mediante el cociente entre el índice de consistencia (I.C.) y el índice de consistencia aleatorio (I.C.A.), como se muestra en la ecuación (6). Esta verificación permitió asegurar que los juicios emitidos cumplieran con las restricciones establecidas y, por ende, que los datos fueran correctamente designados, asegurando la validez y precisión del resultado final.

$$R.I. = \frac{I.C.}{I.C.A.} \quad (6)$$

En donde el valor asignado para la evaluación de la matriz de comparación por parejas, se utilizó el valor de I.C.A. igual a 0,9 debido a que la matriz es de orden 4, y para las

matrices de comparación por parejas entre alternativas por criterio, se consideró un valor de I.C.A igual a 0,58 debido a que las matrices generadas son de orden 3. Se verificó que la R.I. fuera inferior al 8% para la matriz de orden 4 y para la matriz de orden 3 se verificó que fuese menor a 5%.

Cabe mencionar que este análisis se llevó a cabo en una hoja de cálculo de Excel utilizando el método AHP proporcionado por el grupo de investigación ingeniería y gestión de procesos y productos sostenibles de la ETSE y la metodología de cálculo fue en base a documento entregado por el mismo.

3.2.5. Definir acciones y plazos

Una vez que se han definido todas las alternativas a tener en cuenta en el plan de transición energética, se estableció un marco temporal para llevar a cabo la implementación de las acciones contempladas, abarcando tanto el corto como el largo plazo. El propósito principal de este enfoque temporal es crear conciencia acerca del tiempo potencial requerido para la ejecución de cada alternativa, lo cual a su vez facilita la toma de decisiones tempranas y fundamentadas. Se determinaron posibles acciones y plazos para cada una de las alternativas propuestas, estableciendo ventanas de tiempo en las cuales se deberían llevar a cabo los cambios correspondientes de manera efectiva y coordinada.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de la HC para el ETSE junto a la comparación con otros trabajos. Seguido de esto se presentan los resultados de la reducción de HC y análisis económico de las alternativas seleccionadas para el plan de mejoras y se presenta la priorización de alternativas junto con sus actividades asociadas y periodo de tiempo estimado para la implementación de cada una de ellas.

4.1. HUELLA DE CARBONO DE LA ETSE

A continuación, se presentan los resultados de la cantidad estimada de emisiones de GEI generadas por las actividades desarrolladas en la ETSE de la USC durante el año 2021 dentro de los límites temporales, organizativos y operativos establecidos en este estudio. Los resultados de estos cálculos se presentan en la Tabla 10 (alcance 1), Tabla 11 (alcance 2), Tabla 12 (alcance 3), expresados en t CO_{2eq}, siguiendo las directrices establecidas por la norma UNE-ISO 14064-1 y el GHG Protocol.

Tabla 10. Cálculo de la HC en t CO_{2eq} correspondiente al alcance 1.

Fuente emisora	Descripción	Dato actividad	Unidades	FE	Unidades	HC (t CO _{2eq})	
Instalaciones fijas	Consumo de gas natural	Caldera de calefacción	597.773	kWh _{pcs}	0,182	kgCO _{2eq} /kWh _{pcs}	109,06
	Consumo de gas natural	caldera de vapor	17.523	kWh _{pcs}	0,182	kgCO _{2eq} /kWh _{pcs}	3,20
	Consumo de gas natural	Cogeneración	139.750	kWh _{pcs}	0,182	kgCO _{2eq} /kWh _{pcs}	25,50
	Fuga refrigerante	R-410 A	0,252	kg	1,924	kgCO _{2eq} /PCG	0,49
Vehículo propio	Consumo de gasolina	E10	0,52	L	2,132	kgCO _{2eq} /L	1,22
Total						139,46	

La HC correspondiente al alcance 1 es de 139,46 t CO_{2eq}, y su principal origen proviene del consumo de gas natural en instalaciones fijas. Específicamente, las 3 calderas de agua caliente son las principales responsables, seguidas del sistema de cogeneración que provee calor a la ETSE durante los meses más fríos. En comparación, la HC asociada a la caldera de vapor es relativamente pequeña, ya que solo se utiliza en ocasiones puntuales durante el año. Asimismo, la HC relacionada con el consumo de gasolina del único vehículo propiedad de la ETSE es bastante baja. Es importante mencionar que la estimación de fuga de refrigerante es insignificante, por lo que en casos donde no se registren recargas significativas o fallos en los equipos, este cálculo podría no ser necesario para los próximos años. En comparación con otras investigaciones [14], [51], [52] el alcance 1 se ve representado principalmente por el consumo de combustible por instalaciones fijas. Mientras que, en estudios desarrollados en Latinoamérica, su valor es relativamente bajo debido a las condiciones meteorológicas por lo cual no requieren de calefacción[16]. Aun así, también se da el caso de que la mayor contribución del alcance proviene de la fuga de refrigerantes[12].

Tabla 11. Cálculo de la HC en t CO_{2eq} correspondiente al alcance 2.

Fuente emisora	Descripción	Dato actividad	Unidad	FE	Unidad	HC (t CO _{2eq})
----------------	-------------	----------------	--------	----	--------	---------------------------

Planta generadora de electricidad externa	Consumo electricidad	GAS NATURAL COMERCIALIZADORA, S.A.	442.000	kWh	0,254	kgCO _{2eq} /kWh	112,27
Total							112,27

La HC asociada al alcance 2 es de 112,27 t CO_{2eq} la cual podría considerarse alta principalmente a que la comercializadora eléctrica que proporciona energía a la ETSE no presenta garantía de origen y su factor de mix eléctrico es relativamente alto en comparación con otras opciones más sostenibles. Por ejemplo, en la UA [12] su valor es cero ya que sus comercializadoras eléctricas presentan garantía de origen renovable por lo tanto su factor de mix eléctrico es cero y para la UP [17] su valor es relativamente bajo (0,011 t CO_{2eq}) debido a que su factor mix eléctrico depende mayoritariamente de fuentes hidráulicas. Ahora, en comparación con facultades de la UPM [13], [14] el factor de mix eléctrico de la comercializadora eléctrica de la ETSE es menor, por lo tanto, presenta más contribución de energías renovables para la producción de energía eléctrica. Por otro lado, en comparación con la UPCT [15]) si bien el consumo es mucho más alto, su factor de emisión es similar.

Tabla 12. Cálculo de la HC en t CO_{2eq} correspondiente al alcance 3.

Fuente emisora	Descripción	Dato actividad	Unidades	FE	Unidades	HC (t CO _{2eq})
Adquisición de insumos	Consumo de papel	53.500	hojas	0,0046	kgCO _{2eq} /hoja	0,248
Movilidad diaria PDI y PAS	Coche gasolina E5	124.727	km	0,1381	kg CO _{2eq} /km	17,227
	Coche gasoil B7	401.785	km	0,1456	kg CO _{2eq} /km	58,506
	tren	20.447	km	0,0069	kg CO _{2eq} /km	0,140
Movilidad diaria estudiantes	Coche gasolina E5	209.835	km	0,1381	kg CO _{2eq} /km	28,982
	Coche gasoil B7	530.760	km	0,1456	kg CO _{2eq} /km	77,286
	Autobús	61.716	km	0,0458	kg CO _{2eq} /km	2,828
Viajes de trabajo	Coche gasolina E5	18.900	km	0,1381	kg CO _{2eq} /km	2,610
	Coche gasoil B7	7.162	km	0,1456	kg CO _{2eq} /km	1,043
	Avión	7.262	km	0,1133	kg CO _{2eq} /km	0,823

Traslado Santiago Compostela	Coche gasolina E5	43.393	km	0,1381	kg CO _{2eq} /km	5,993
	Coche gasoil B7	35.393	km	0,1456	kg CO _{2eq} /km	5,154
	Tren	1.208.320	km	0,0069	kg CO _{2eq} /km	8,289
	Avión nacional	58.205	km	0,1565	kg CO _{2eq} /km	9,108
	Avión internacional	667.092	km	0,0452	kg CO _{2eq} /km	30,152
	Autocar	49.859	km	0,0186	kg CO _{2eq} /km	0,929
Total						249,32

La HC para el alcance 3 es de 249,32 t CO_{2eq}, siendo la movilidad diaria de estudiantes y personal de trabajo hacia la ETSE la principal fuente de emisiones en este alcance, seguido del traslado desde sus ciudades de origen hacia Santiago de Compostela para cursar sus estudios. En comparación con otros estudios, los valores obtenidos son similares [1], [18], [53], destacando que la movilidad diaria es una contribución significativa. Además, este estudio se diferencia al identificar no solo la contribución de cada medio de transporte, sino también el tipo de combustible utilizado en los coches, lo cual ofrece un mayor detalle para cada caso en comparación con estudios que promedian los valores asociados a este tipo de vehículo. A su vez, se destaca que los coches representan el medio de transporte con mayor contribución dentro de la HC.

En resumen, según los resultados obtenidos y lo representado en la Figura 3, la ETSE generó una HC de 501,14 t CO_{2eq} en el año 2021. Las emisiones directas (alcance 1) representaron el 28% de la HC total, alcanzando 139,6 t CO_{2eq}. Por otro lado, las emisiones indirectas relacionadas con la electricidad (alcance 2) contribuyeron con el 22% de la HC, totalizando 112,3 t CO_{2eq}. Las emisiones indirectas no relacionadas con la electricidad (alcance 3) presentaron la mayor contribución, representando aproximadamente el 50% de la HC total, con un total de 249,32 t CO_{2eq}.

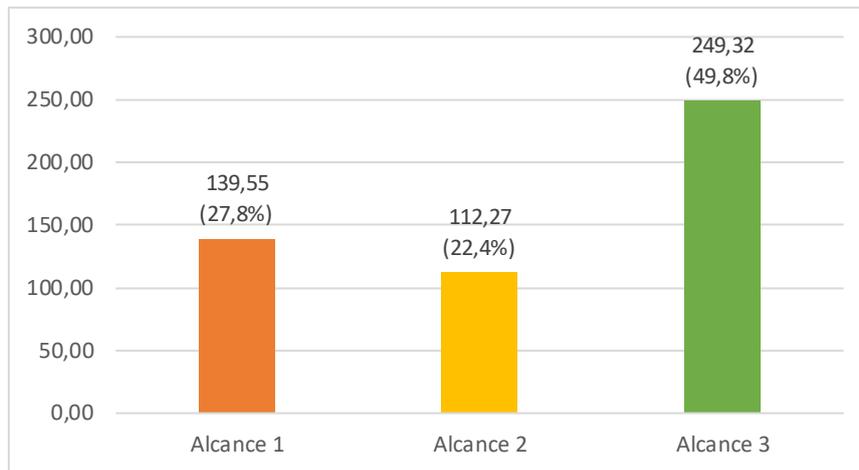


Figura 3. Emisiones totales de GEI en t CO₂eq estimadas para el año 2021 asociado al alcance 1, 2 y 3 en la ETSE.

Este comportamiento coincide con diversos estudios en los cuales el alcance 3 representa la mayor contribución en la HC total generada. Por ejemplo, la Universidad Autónoma Metropolitana [16], Universidad San Francisco de Quito [19], Universidad Tecnológica de Pereira [17], Universidad de Cartagena [15], Universidad de Shangai y Wellington en Nueva Zelanda[54], tienen en su mayoría una alta representación del alcance 3 con un 72%, 81%, 97%, 79%, 65% y 50%, respectivamente. Asimismo, en Universidades de Países Bajos[55], el alcance 3 contribuye entre un 40% y un 90% del total de la HC.

En el ámbito de las facultades, se ha observado que la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural [14] presenta valores muy similares a los calculados para la ETSE, donde el alcance 3 representa el 59% del total de la HC. En otros estudios realizados en facultades de universidades de Latinoamérica, como la Universidad Distrital Francisco José de Caldas [56] y la Universidad Nacional de Ucayali [18], también se destaca la mayor contribución de la HC en el alcance 3, representando un 83% y 80% respectivamente del total de su HC. Es relevante mencionar que, en algunos casos, el alcance 3 muestra un porcentaje más alto debido a la evaluación de una mayor cantidad de fuentes emisoras.

En la Figura 4, se pueden identificar las fuentes críticas que presentan la mayor contribución dentro de la HC total. En primer lugar, la movilidad diaria de estudiantes, personal docente e investigador (PID) y personal administrativo y de servicios (PAS) representa el 37% de la contribución total. Luego, el consumo de combustible en instalaciones fijas y el consumo eléctrico representan el 28% y 22% respectivamente. Por otro lado, las mudanzas desde la ciudad de origen de los estudiantes a Santiago de

Compostela contribuyen con un 12% del total de la HC. Por otro lado, las contribuciones de los viajes de trabajo, el consumo de combustible en vehículo propio, las fugas de refrigerantes y el consumo de papel son insignificantes en comparación con las fuentes mencionadas anteriormente. Es importante resaltar que estos datos permiten enfocar y priorizar las acciones de mitigación en aquellas áreas que tienen el mayor impacto en la HC de la institución.

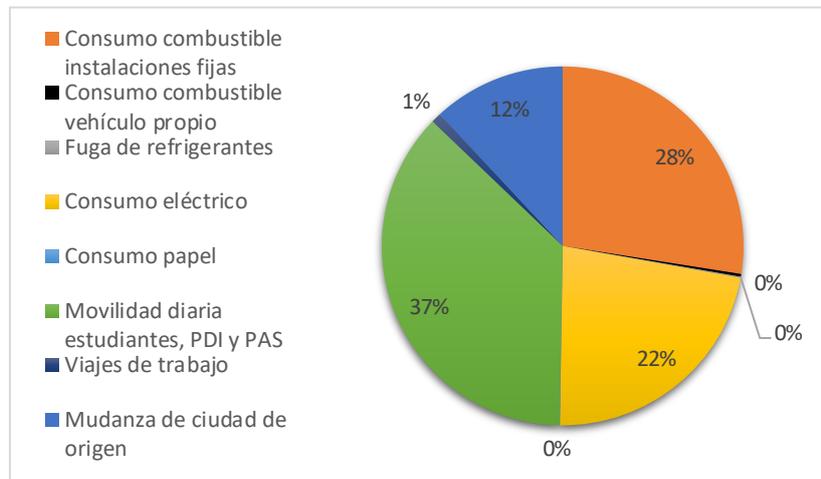


Figura 4. Distribución de fuentes de emisiones GEI de alcance 1, 2 y 3 sobre el total de la huella de carbono de la ETSE en el año 2021.

Debido a que tanto en el alcance 1 como en el alcance 3 se presentan las mayores contribuciones a la HC, es importante identificar las fuentes críticas de emisión en cada alcance, como se muestra en la Figura 5.

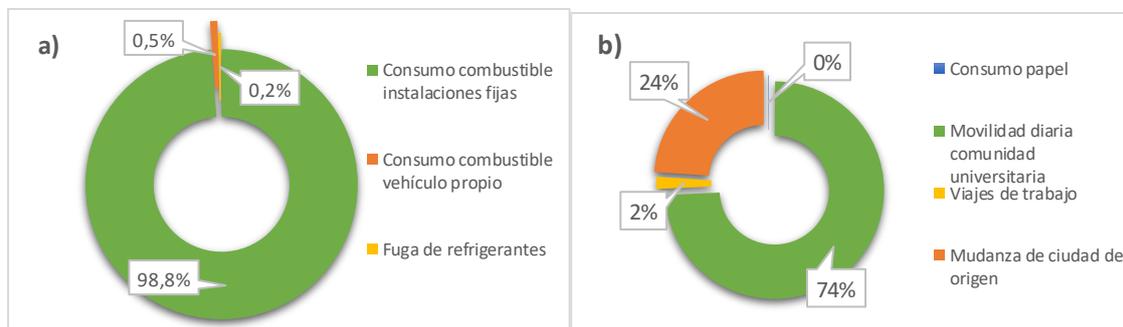


Figura 5. Distribución de fuentes de emisiones GEI sobre el alcance 1 (a) y el alcance 3 (b).

En el caso del alcance 1, se observa que, como se mencionó anteriormente, el consumo de combustible en las instalaciones fijas representa un 98,8% del total de emisiones en este alcance. Por otro lado, en el alcance 3, como se reflejó previamente, la movilidad diaria de la comunidad universitaria contribuye en un 74% del total de emisiones. Estos

resultados resaltan la importancia de abordar estas fuentes críticas para reducir la HC de la escuela.

De acuerdo con la información previamente proporcionada, la comunidad universitaria de la ETSE en el año 2021 estaba compuesta por un total de 908 personas, que incluían docentes, investigadores, personal administrativo y estudiantes. Teniendo en cuenta esta cifra como un indicador de la actividad, se han calculado las ratios de emisiones correspondientes a cada uno de los alcances. Como resultado, se obtiene un valor de la HC per cápita igual a 0,55 t CO_{2eq} para la ETSE en el año 2021.

En la Tabla 13 se detallan las razones específicas para cada uno de los alcances, brindando una visión más detallada de las emisiones asociadas a las diferentes actividades dentro de la comunidad universitaria, los cuales permiten realizar una comparación con diferentes universidades y facultades o departamentos universitarios.

Tabla 13. Huella de carbono per cápita total y por alcance.

Alcance	Emisiones t Co_{2eq}/persona/año
Alcance 1	0,154
Alcance 2	0,124
Alcance 3	0,275
Alcance 1+2	0,278
Total	0,553

Comparando la HC per cápita de la ETSE se puede decir que en comparación con las facultades mencionadas anteriormente las cuales realizaron el estudio de los 3 alcances como la facultad de la UNU [18] y la ETSIS [13] de la UPM sus valores son 0,256 t CO_{2eq}/persona y 0,520 t CO_{2eq}/persona por lo cual para el primer caso su valor está por debajo que el de la ETSE principalmente porque la HC de alcance 1 es muy bajo ya que por sus condiciones meteorológicas no se requiere de calefacción continua y el segundo es similar a la ETSE. Ahora, considerando valores de HC per cápita, pero de universidades, se puede decir que, para las universidades que realizaron el estudio de los 3 alcances las que presentan un valor cercano al de la ETSE es la Universidad de San Francisco de Quito [19] y la Universidad de Pereira [17] con un valor de 0,697 t CO_{2eq}/persona y 0,447 t CO_{2eq}/persona respectivamente. Por otro lado, la Universidad de Cambridge informa mayores emisiones igual a 2,6 t CO₂ eq/per cápita, valor significativamente mayor que el obtenido para la ETSE. Sin embargo, si bien la mayoría las universidades que realizan el cálculo de los 3 alcance presentan su mayor contribución

en alcance 3, para aquellas universidades que realizan solo el cálculo de alcance 1 y 2, suelen presentar mayor contribución en el alcance 1, en concreto a la actividad relacionada con la energía consumida para calefacción.

Se puede decir que la HC per cápita de alcance 1 de la ETSE respecto a otras facultades y universidades es relativamente alta, dado que en algunos casos las universidades no requieren de calefacción continua debido a sus condiciones meteorológicas y solo se consideran consumo de combustibles extras requeridos para prácticas de laboratorio o actividades específicas. Por otra parte, para el alcance 2 se puede ver que la HC per cápita para la ETSE es similar respecto a una de las facultades de la Universidad Politécnica de Madrid [13], [14], a la Universidad San Francisco de Quito y a la Universidad Politécnica de Cartagena[15], con valores igual a 0,135 t CO_{2eq}/persona, 0,119 t CO_{2eq}/persona y 0,181 t CO_{2eq}/persona respectivamente. En otros casos su HC para alcance 2 está por debajo que otras universidades por ejemplo la ETSIT de la Universidad Politécnica de Madrid [13]. Por otro lado, para el alcance 3 los valores suelen ser un poco más variados debido a las diferentes fuentes de emisión consideradas para el cálculo, ya que en algunos casos se consideran más fuentes. Por lo tanto, el valor de la ETSE suele ser más baja que en la mayoría de los casos, por ejemplo, para facultades universitarias latinoamericanas sus valores están entre 0,785 t CO_{2eq}/persona, 0,567 t CO_{2eq}/persona, 0,432 t CO_{2eq}/persona respectivamente, mientras que para la una de las facultades españolas su valor es similar con un 0,520 mientras que para una de las universidades como la Universidad Politécnica de Cartagena [15] su valor es superior con un valor de 0,851 t CO_{2eq}/persona.

4.2. PLAN DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA

A partir de los resultados de HC se estudiaron las fuentes críticas provenientes de cada uno de los alcances, dentro de los cuales, como bien se menciona anteriormente destaca los valores asociados a consumo de combustible fósil en instalaciones fijas y consumo de energía eléctrica y movilidad diaria de comunidad universitaria. Por lo tanto, a partir de cada una de las fuentes se realizó el inventario de sobre los equipos, instalaciones y vehículos respectivamente que generan el mayor consumo.

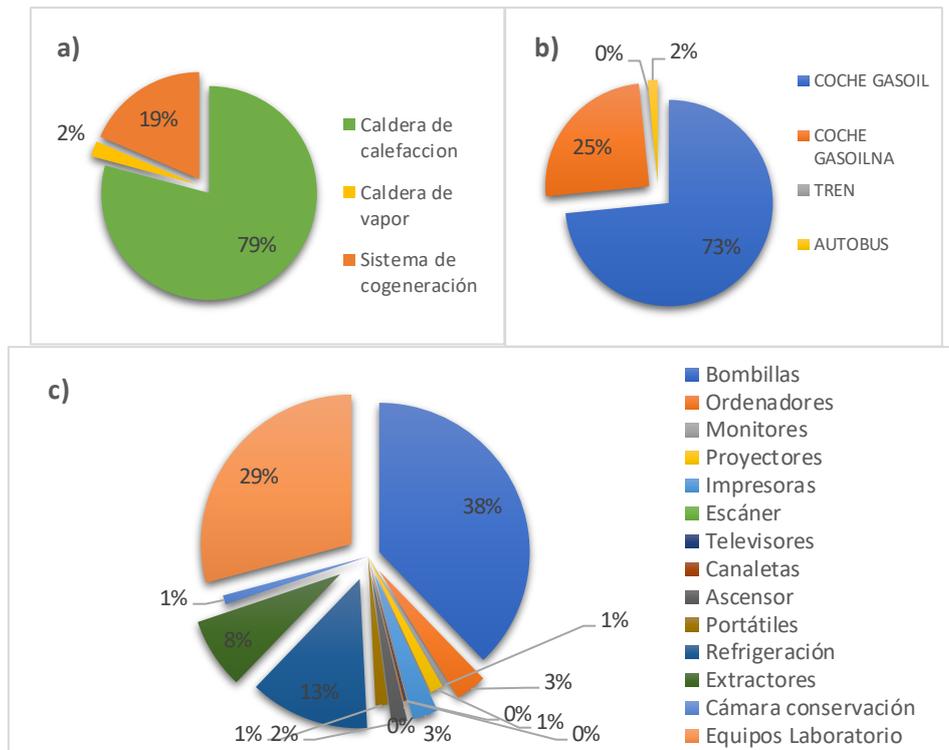


Figura 6. Inventario de equipos y contribución porcentual sobre su actividad crítica de emisión GEI, a) calefacción, b) movilidad diaria c) electricidad.

En cuanto al consumo de combustible en instalaciones fijas, la mayor contribución a la HC proviene del uso de calderas de gas natural para calefaccionar la escuela, representando un 79% del total de emisiones. Por otro lado, en lo que respecta a la movilidad diaria, se observa que el uso de coches de gasoil es la principal fuente de emisiones, contribuyendo con un 73%, seguido de los coches de gasolina con un 25%, mientras que el uso de autobuses y tren se considera despreciable.

En cuanto al consumo eléctrico, según el inventario manual realizado (Ver Anexo H), la iluminación de la ETSE representa la mayor parte del consumo, con un 38% del total. Le siguen en contribución el uso de equipos de laboratorios con un 29% y el uso del sistema de refrigeración con un 13%.

En menor medida, se observa una contribución del 8% proveniente de los extractores de aire. Estos resultados resaltan la importancia de focalizar las estrategias de reducción de la HC en estas fuentes críticas de emisión.

4.2.1. Reducción de la huella de carbono

Se realizó el cálculo de HC que supone cada alternativa y a partir de la diferencia de HC entre la alternativa actual y la implementación de la alternativa. En la Tabla 14 se presenta la reducción de HC asociada a la sustitución de equipos actuales por las alternativas propuestas.

Tabla 14. Reducción de HC por alternativa tecnológica evaluada.

Alternativa	HC equipo (t CO _{2eq})	HC actual (t CO _{2eq})	Reducción (t CO _{2eq})
Caldera biomasa	12,9	109,06	80,06
Paneles solares	0	112,27	112,27
Led + sensores	83,29	112,27	29,10

Se puede observar que la instalación de paneles solares destaca como la alternativa con la mayor reducción de emisiones, logrando una disminución de 112 t CO_{2eq}. Esto representa una reducción del 100% en el alcance 2 y una disminución del 22,4% en la HC total. La caldera de biomasa también se posiciona como una opción favorable, logrando una reducción efectiva de 80 t CO_{2eq}. Esta alternativa equivale a una reducción del 57% en el alcance 1 de la HC y una disminución del 16% en la HC total. Por otro lado, la implementación de iluminación led y sensores muestra la menor reducción de HC, con un 26% de reducción en el alcance 2 y un 6% en la HC total.

4.2.2. Análisis económico

Para cada una de las alternativas técnicas mencionadas anteriormente se realizó el análisis económico calculando la variación en el flujo de caja a lo largo de un período de 20 años. Para esto se consideró la variación del IPC de bienes y servicios en el periodo de tiempo y posteriormente calculo el VAN, TIR y tiempo recuperación de la inversión o Payback. A continuación, se presentan los resultados para cada una de las alternativas seleccionadas.

Caldera de biomasa:

Se realizó el cálculo del costo operativo de las calderas actuales junto al valor de su mantenimiento realizando la evaluación en un periodo de 20 años. Lo mismo se realizó para el caso de la caldera de biomasa y se obtuvo el flujo de caja necesario para realizar el cálculo de VAN, TIR y Payback. En la Figura 7, se presentan los datos económicos asociados a la sustitución de este tipo de tecnologías.

Datos		Inversión inicial	€	415.800,00		
		Tasa de descuento		3,10%		
	Caldera de gas natural	Caldera de biomasa	Flujo de caja neto	Valor presente	Valor presente acumulado	Payback (años)
0	€ 87.688,22	€ 36.585,00	€ -415.800	€ -415.800	€ -415.800	8,6
1	€ 89.442	€ 37.317	€ 52.125	€ 50.558	€ -365.242	
2	€ 91.231	€ 38.063	€ 53.168	€ 50.019	€ -315.223	
3	€ 93.055	€ 38.824	€ 54.231	€ 49.485	€ -265.739	
4	€ 94.917	€ 39.601	€ 55.316	€ 48.957	€ -216.782	
5	€ 96.815	€ 40.393	€ 56.422	€ 48.435	€ -168.347	
6	€ 98.751	€ 41.201	€ 57.551	€ 47.918	€ -120.429	
7	€ 100.726	€ 42.025	€ 58.702	€ 47.407	€ -73.023	
8	€ 102.741	€ 42.865	€ 59.876	€ 46.901	€ -26.122	
9	€ 104.796	€ 43.722	€ 61.073	€ 46.400	€ 20.279	
10	€ 106.891	€ 44.597	€ 62.295	€ 45.905	€ 66.184	
11	€ 109.029	€ 45.489	€ 63.540	€ 45.416	€ 111.600	
12	€ 111.210	€ 46.399	€ 64.811	€ 44.931	€ 156.531	
13	€ 113.434	€ 47.327	€ 66.107	€ 44.452	€ 200.982	
14	€ 115.703	€ 48.273	€ 67.430	€ 43.977	€ 244.960	
15	€ 118.017	€ 49.239	€ 68.778	€ 43.508	€ 288.468	
16	€ 120.377	€ 50.223	€ 70.154	€ 43.044	€ 331.512	
17	€ 122.785	€ 51.228	€ 71.557	€ 42.585	€ 374.097	
18	€ 125.240	€ 52.252	€ 72.988	€ 42.130	€ 416.227	
19	€ 127.745	€ 53.297	€ 74.448	€ 41.681	€ 457.908	
20	€ 130.300	€ 54.363	€ 75.937	€ 41.236	€ 499.144	
Valor presente de la suma de flujos actualizados			€	914.944		
Valor actual neto (VAN)				499.144		
Tasa interna de retorno (TIR)				13%		

Figura 7. Análisis económico de sustitución de calderas de gas natural a caldera de biomasa.

Se puede concluir que la instalación de la caldera de biomasa es una opción rentable, ya que el VAN es positivo y la TIR supera la tasa de interés. Además, la inversión realizada se recuperaría en aproximadamente 8 años y 7 meses.

Paneles solares:

Se realizó el cálculo de la energía eléctrica consumida actualmente por la ETSE y se evaluó el costo para un periodo de 20 años y para la instalación fotovoltaica se consideró su costo de mantenimiento dando los siguientes resultados. En la Figura 8, se presentan los resultados asociados a esta alternativa.

Datos	Inversión inicial	€	384.688,51
	Tasa de descuento		5,00%

Periodo	Consumo eléctrico actual	Consumo eléctrico y coste mantenimiento	Flujo de caja neto	Valor presente	Valor presente acumulado	Payback (años)
0	€ 88.400,00	€ 5.792,22	€ -384.689	€ -384.689	€ -384.689	4,9
1	€ 90.168	€ 5.908	€ 84.260	€ 80.248	€ -304.441	
2	€ 91.971	€ 6.026	€ 85.945	€ 77.955	€ -226.486	
3	€ 93.811	€ 6.147	€ 87.664	€ 75.727	€ -150.759	
4	€ 95.687	€ 6.270	€ 89.417	€ 73.564	€ -77.195	
5	€ 97.601	€ 6.395	€ 91.206	€ 71.462	€ -5.733	
6	€ 99.553	€ 6.523	€ 93.030	€ 69.420	€ 63.687	
7	€ 101.544	€ 6.653	€ 94.890	€ 67.437	€ 131.124	
8	€ 103.575	€ 6.787	€ 96.788	€ 65.510	€ 196.634	
9	€ 105.646	€ 6.922	€ 98.724	€ 63.638	€ 260.273	
10	€ 107.759	€ 7.061	€ 100.698	€ 61.820	€ 322.093	
11	€ 109.914	€ 7.202	€ 102.712	€ 60.054	€ 382.147	
12	€ 112.113	€ 7.346	€ 104.767	€ 58.338	€ 440.485	
13	€ 114.355	€ 7.493	€ 106.862	€ 56.671	€ 497.156	
14	€ 116.642	€ 7.643	€ 108.999	€ 55.052	€ 552.208	
15	€ 118.975	€ 7.796	€ 111.179	€ 53.479	€ 605.687	
16	€ 121.354	€ 7.951	€ 113.403	€ 51.951	€ 657.638	
17	€ 123.781	€ 8.111	€ 115.671	€ 50.467	€ 708.105	
18	€ 126.257	€ 8.273	€ 117.984	€ 49.025	€ 757.130	
19	€ 128.782	€ 8.438	€ 120.344	€ 47.624	€ 804.754	
20	€ 131.358	€ 8.607	€ 122.751	€ 46.263	€ 851.017	

Valor presente de la suma de flujos actualizados	€	1.235.706
Valor actual neto (VAN)		851.017
Tasa interna de retorno (TIR)		23%

Figura 8. Análisis económico implementación de paneles solares.

Se puede concluir que la instalación de paneles solares es una opción altamente rentable, dado que el VAN es significativamente positivo y la TIR supera ampliamente la tasa de interés. Además, la inversión realizada se recuperaría en aproximadamente 4 años y 10 meses, lo que demuestra la viabilidad económica y el atractivo de esta alternativa.

Iluminación led y sensores:

A partir del inventario realizado para el consumo eléctrico (Anexo H), se determinó la cantidad de bombillas/tubos y su potencia correspondiente que se encuentran instalados en la escuela. Utilizando los datos recopilados y las equivalencias de iluminación utilizadas, se calculó el costo inicial de la inversión asociada a la iluminación. Por otro lado, el resto del costo de inversión se obtuvo a partir del costo asociado a la adquisición de los sensores de movimiento, y el otro restante corresponde a los valores relacionados con la instalación y desinstalación de la iluminación. En la Tabla 15 se presenta la equivalencia de potencias utilizadas, la cantidad y el precio de las bombillas/tubos led. En la Figura 9, se presentan los resultados económicos obtenidos a partir de la implementación de esta alternativa.

Tabla 15. Equivalencias de potencias y precios de iluminación led.

Tipo	Potencia (W)	Tipo	Potencia (W)	Cantidad	Precio (€/unidad)	precio total (€)
Tubos fluorescentes	18	Tubo led	9	2.118	7	14.826
	36		18	156	7	1.092
	58		22	534	10	5.340
	64		30	192	12	2.304
Bombillas halógenas	36	Dicroica	6	117	6	702
	70	PAR 30	11	45	5	225
TOTAL						24.489

Datos	Inversión inicial	€ 26.228,15
	Tasa de descuento	1,00%

Periodo	Consumo eléctrico actual	Consumo eléctrico y coste mantenimiento	Flujo de caja neto	Valor presente	Valor presente acumulado	Payback (años)
0	€ 33.499,58	€ 10.530,01	€ -26.228	€ -26.228	€ -26.228	1,6
1	€ 34.169,57	€ 10.740,61	€ 23.429	€ 23.429	€ -2.799	
2	€ 34.852,97	€ 10.955,43	€ 23.898	€ 23.898	€ 21.098	
3	€ 35.550,03	€ 11.174,54	€ 24.375	€ 24.375	€ 45.474	
4	€ 36.261,03	€ 11.398,03	€ 24.863	€ 24.863	€ 70.337	
5	€ 36.986,25	€ 11.625,99	€ 25.360	€ 25.360	€ 95.697	
6	€ 37.725,97	€ 11.858,51	€ 25.867	€ 25.867	€ 121.565	
7	€ 38.480,49	€ 12.095,68	€ 26.385	€ 26.385	€ 147.949	
8	€ 39.250,10	€ 12.337,59	€ 26.913	€ 26.913	€ 174.862	
9	€ 40.035,10	€ 12.584,34	€ 27.451	€ 27.451	€ 202.313	
10	€ 40.836,65	€ 12.836,03	€ 27.999	€ 27.999	€ 230.312	
11	€ 41.652,52	€ 13.092,75	€ 28.560	€ 28.560	€ 258.752	
12	€ 42.485,57	€ 13.354,60	€ 29.131	€ 29.131	€ 287.683	
13	€ 43.335,28	€ 13.621,70	€ 29.714	€ 29.714	€ 317.097	
14	€ 44.201,99	€ 13.894,13	€ 30.308	€ 30.308	€ 346.905	
15	€ 45.086,03	€ 14.172,01	€ 30.914	€ 30.914	€ 377.119	
16	€ 45.987,75	€ 14.455,45	€ 31.532	€ 31.532	€ 407.751	
17	€ 46.907,50	€ 14.744,56	€ 32.163	€ 32.163	€ 438.914	
18	€ 47.845,65	€ 15.039,45	€ 32.806	€ 32.806	€ 470.620	
19	€ 48.802,57	€ 15.340,24	€ 33.462	€ 33.462	€ 502.872	
20	€ 49.778,62	€ 15.647,05	€ 34.132	€ 34.132	€ 535.684	

Valor presente de la suma de flujos actualizado	€ 543.034
Valor actual neto (VAN)	460.311
Tasa interna de retorno (TIR)	91%

Figura 9. Análisis económico para la implementación de iluminación led y sensores.

Finalmente, como resultado, se encontró que la implementación de iluminación led y sensores de movimiento es una opción altamente rentable, con una TIR del 91% cuando se utilizó una tasa de descuento del 1%. Esto indica que la inversión en el proyecto tiene un alto potencial de retorno, generando un rendimiento anual significativo sobre la inversión inicial. La viabilidad económica y el atractivo de esta alternativa se destacan, ya que el flujo de caja futuro esperado supera con creces la tasa de descuento utilizada en

el análisis. Además, el VAN es altamente positivo, lo que reafirma su rentabilidad, y se recupera la inversión en un periodo de tiempo muy corto.

En conclusión, la implementación de iluminación led y sensores de movimiento se presenta como una decisión favorable desde el punto de vista financiero y medioambiental.

4.2.3. Priorización de alternativas

A partir de los resultados obtenidos y mediante la aplicación del método de análisis multicriterio AHP, se logró priorizar las alternativas. En base a los criterios y las alternativas establecidas, se definió la matriz decisional junto al objetivo establecido a cada criterio. La Figura 10 muestra la matriz decisional junto con los objetivos respectivos.

		Reduccion HC (t CO ₂ -eq)	VAN (€)	Coste de inversión inicial (€)	Tiempo recuperación inversión (año)
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
Caldera biomasa	A ₁	80	499.303	415.800	9
Paneles solares	A ₂	112	851.017	384.689	5
Led+sensores	A ₃	29	460.311	26.108	1

	Objetivo
C ₁	Maximizar
C ₂	Maximizar
C ₃	Minimizar
C ₄	Minimizar

Figura 10. Matriz decisional para priorización de alternativas mediante la aplicación de análisis multicriterio AHP.

Una vez definida la matriz decisional, se procedió a calcular la matriz de comparación por pares entre criterios para determinar los pesos individuales de cada criterio. Tal como se menciona en la metodología se determinó el peso individual de cada alternativa mediante la designación de preferencias según la escala de Saaty partiendo de que la reducción de la HC es el criterio de mayor importancia, seguido por el VAN, el costo de inversión y el tiempo de recuperación de la inversión. Posteriormente, se llevó a cabo el cálculo de la razón de inconsistencia para verificar la fiabilidad de las decisiones tomadas. La Figura 11 muestra la matriz de comparación por pares entre criterios, junto con los pesos individuales asignados a cada uno. Además, en la Figura 12 se presenta el coeficiente de consistencia obtenido como resultado del análisis.

		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
C ₁		1	3	5	7
C ₂		1/3	1	3	5
C ₃		1/5	1/3	1	3
C ₄		1/7	1/5	1/3	1

		Pesos	
		Sin normalizar	Normalizados
W ₁		3,20	0,56
W ₂		1,50	0,26
W ₃		0,67	0,12
W ₄		0,31	0,06

Figura 11. Matriz de comparación por parejas entre criterios.

	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
A ₁	1,00	1,40	1,04	0,68
A ₂	0,71	1,00	1,34	1,04
A ₃	0,96	0,75	1,00	1,40
A ₄	1,46	0,96	0,71	1,00

I.C.	0,03
I.C.A.	0,90

R.I.	3%
------	----

Figura 12. Cálculo de índice de consistencia y razón de inconsistencia.

Tal como se muestra en la Figura 12, los valores definidos por la escala de Saaty para cada uno de los criterios se considera consistente debido a que la R.I. es menor al 8% establecido como límite establecido. Posteriormente se definieron las matrices por parejas entre alternativas por criterio siguiendo la misma metodología, donde se evalúan las alternativas en el siguiente orden: reducción de carbono, VAN, Costo de inversión Inicial y tiempo de recuperación de la inversión. La Figura 13 muestra la matriz de comparación por parejas entre alternativas por criterio, junto con los pesos individuales asignados a cada uno. Además, en la Figura 14 se presenta el coeficiente de consistencia obtenido como resultado del análisis.

Reduccion HC			
C ₁	A ₁	A ₂	A ₃
A ₁	1	1/3	5
A ₂	3	1	7
A ₃	1/5	1/7	1

Pesos		
	Sin normalizar	Normalizados
W _{1,1}	1,19	0,28
W _{1,2}	2,76	0,65
W _{1,3}	0,31	0,07

VAN			
C ₂	A ₁	A ₂	A ₃
A ₁	1	1/5	3
A ₂	5	1	7
A ₃	1/3	1/7	1

Pesos		
	Sin normalizar	Normalizados
W _{2,1}	0,84	0,19
W _{2,2}	3,27	0,73
W _{2,3}	0,36	0,08

Coste de inversión inicial			
C ₃	A ₁	A ₂	A ₃
A ₁	1	1/3	1/7
A ₂	3	1	1/5
A ₃	7	5	1

Pesos		
	Sin normalizar	Normalizados
W _{3,1}	0,36	0,08
W _{3,2}	0,84	0,19
W _{3,3}	3,27	0,73

Tiempo de implementación			
C ₄	A ₁	A ₂	A ₃
A ₁	1	1/3	1/7
A ₂	3	1	1/5
A ₃	7	5	1

Pesos		
	Sin normalizar	Normalizados
W _{4,1}	0,36	0,08
W _{4,2}	0,84	0,19
W _{4,3}	3,27	0,73

Figura 13. Matrices de comparación por parejas entre alternativas por criterio.

Reduccion HC				I.C.	R.I.
	A ₁	A ₂	A ₃	0,02	4%
A ₁	1,00	0,78	1,29	I.C.A.	
A ₂	1,29	1,00	0,78	0,58	
A ₃	0,78	1,29	1,00		

VAN				I.C.	R.I.
	A ₁	A ₂	A ₃	0,02	4%
A ₁	1,00	0,78	1,29	I.C.A.	
A ₂	1,29	1,00	0,78	0,58	
A ₃	0,78	1,29	1,00		

Coste de inversión inicial				I.C.	R.I.
	A ₁	A ₂	A ₃	0,02	4%
A ₁	1,00	0,78	1,29	I.C.A.	
A ₂	1,29	1,00	0,78	0,58	
A ₃	0,78	1,29	1,00		

Tiempo recuperación inversión				I.C.	R.I.
	A ₁	A ₂	A ₃	0,02	4%
A ₁	1,00	0,78	1,29	I.C.A.	
A ₂	1,29	1,00	0,78	0,58	
A ₃	0,78	1,29	1,00		

Figura 14. índice de consistencia y razón de inconsistencia para matrices de comparación por parejas entre alternativas por criterio.

Una vez que se establecieron las matrices y se verificaron los índices de consistencia (menor a 5%), se procedió al cálculo de los pesos globales para obtener la priorización de las alternativas. Los resultados finales obtenidos del análisis multicriterio se presentan en la Figura 15.

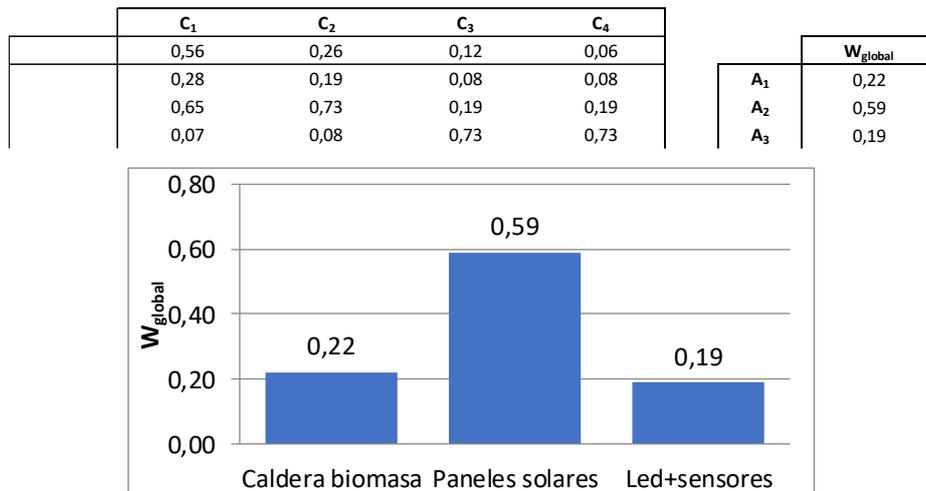


Figura 15. Pesos globales de análisis multicriterio AHP.

Tras realizar el análisis multicriterio y obtener los pesos globales para cada alternativa, se ha evaluado su contribución tanto en términos de reducción de la HC como de factibilidad económica. Los resultados han destacado que la instalación de paneles solares es la alternativa más sobresaliente, obteniendo un peso global de 0,59. Esta opción ha recibido

una alta puntuación debido a su significativa contribución en la reducción de la HC y su viabilidad económica.

En segundo lugar, la sustitución de calderas de gas natural por calderas de biomasa también ha demostrado ser una opción favorable, con un peso global de 0,22. Esta alternativa ha mostrado una importante reducción en la HC, lo que la convierte en una elección atractiva para contribuir a la sostenibilidad ambiental. Además, su factibilidad económica ha sido respaldada por los criterios de análisis, lo que refuerza su viabilidad como medida para reducir la HC.

Sin embargo, durante el proceso de evaluación, se ha observado que la instalación de iluminación led y sensores presenta menor factibilidad en comparación con las otras alternativas, obteniendo un peso global de 0,19. Aunque esta opción podría tener un impacto positivo en la reducción de consumo energético y HC, su relación costo/beneficio ha resultado ser la menos favorable de todas las alternativas consideradas.

4.2.4. Plazos y actividades

A partir de los resultados de análisis multicriterio se define un tiempo de implementación de estas para conseguir una reducción de la HC significativa en el 2030 y lograr para el 2050 que la actividad de la ETSE sea neutra en carbono.

En primer lugar, se recomienda priorizar la instalación de paneles solares debido a su capacidad para lograr una reducción significativa en la HC. Luego, la instalación de calderas de biomasa se posiciona como la siguiente opción en importancia. Por otro lado, la sustitución de la iluminación convencional por iluminación led y la incorporación de sensores, aunque no suponen una reducción considerable en la HC para el sistema actual, presentan ventajas a corto plazo al generar ahorros en el consumo eléctrico y, por ende, beneficios económicos. Considerar esta opción podría disminuir la cantidad de paneles solares necesarios y reducir el espacio requerido para su instalación, lo que implicaría un menor costo de inversión inicial, una mayor rentabilidad y un tiempo de recuperación de la inversión más corto. En la Tabla 16 se presentan las alternativas y el tiempo de implementación asociado.

Tabla 16. Plazos y acciones definidos para implementar medidas.

Alternativa	Tiempo de implementación	Actividades
Paneles solares	6 - 8 meses	Planificación y diseño Adquisición de equipos Preparación del sitio Instalación de paneles solares e inversores Pruebas y puesta en marcha.
Caldera de biomasa	8 – 10 meses	Evaluación y selección de calderas Adquisición y entrega de la caldera Preparación del sitio y cimentación Instalación de la caldera Pruebas y puesta en marcha
Iluminación led y sensores	3 - 5 meses	Evaluación y diseño Adquisición de equipos Preparación del sitio Cambio de bombillas a led e instalación de sensores Pruebas y ajuste

Es relevante mencionar que la combinación de estas medidas de energía renovable resulta altamente recomendable, ya que en conjunto suponen una reducción del 88% en la HC para el alcance 1+2. Asimismo, considerando la HC total (incluyendo los 3 alcances), se conseguiría una disminución del 41% en la HC de la ETSE. Estos resultados demuestran el impacto positivo y significativo que tendría la implementación de estas medidas en la sostenibilidad ambiental de la institución. Para una mejor comprensión visual de los datos, la Figura 16 muestra la reducción estimada que generaría la implementación de estas medidas en la HC para el alcance 1+2. Además, la Figura 17 presenta la influencia que tendría sobre la HC total, lo que proporciona una visión más completa de los beneficios de estas acciones en términos globales.

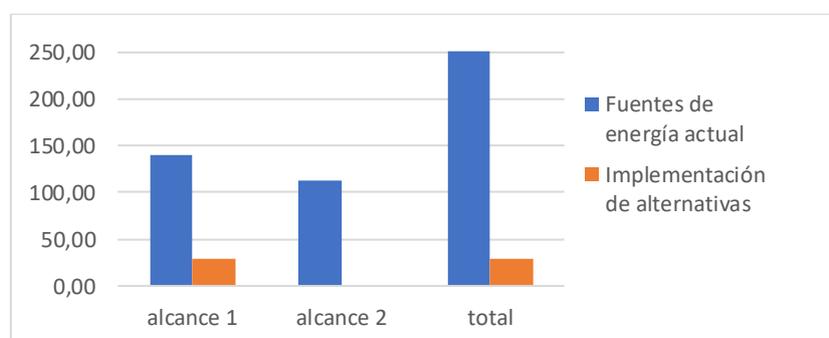


Figura 16. Reducción de huella de carbono total 1+2 por implementación de energía renovable.

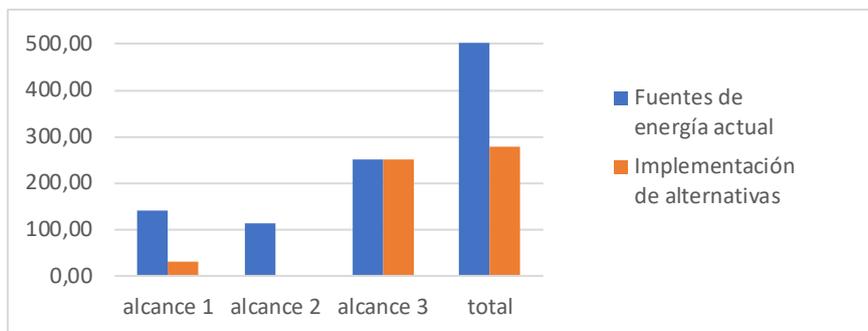


Figura 17. Reducción de huella de carbono total por implementación de energía renovable.

La aplicación de este tipo de medidas ha sido utilizada por diferentes universidades. La instalación de paneles solares ha sido una de las medidas más utilizadas para reducir la HC asociado al consumo eléctrico, junto al cambio de comercializadora eléctrica que posea garantía de origen renovable por universidades españolas, europeas y de otros continentes debido a su factibilidad técnica y económica.

Por otro lado, aunque en este estudio no se han cuantificado las alternativas de gestión propuestas en la Tabla 4, es importante destacar que estas medidas son de suma importancia tanto para reducir el alcance 3 de emisiones de GEI como para impulsar grandes cambios hacia la transición energética. Tomar la iniciativa en el desarrollo e implementación de estas medidas resulta fundamental para fomentar cambios en las conductas y crear un entorno más consciente y comprometido con la sostenibilidad.

5. CONCLUSIONES

Luego de llevar a cabo el cálculo de la Huella de Carbono (HC) de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE) de la Universidad de Santiago de Compostela (USC) para el año 2021, utilizando la metodología GHG Protocol y la norma UNE-ISO 14064, se han obtenido resultados significativos. El total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se ha evaluado en 501,14 toneladas de CO₂ equivalente (t CO₂eq). Estas emisiones se distribuyen en tres alcances, destacando que el alcance 3 contribuye en mayor medida, representando un 50% (249,32 t CO₂eq) del total, seguido por el alcance 1 con un 28% (139,55 t CO₂eq), y el alcance 2 con un 22% (112,27 t CO₂eq).

Los resultados obtenidos en esta evaluación de la ETSE se encuentran en línea con los patrones observados en otras universidades y escuelas de ingeniería, situándose en valores medios. Las emisiones directas del alcance 1 se derivan principalmente de la combustión de combustibles fósiles en instalaciones fijas, siendo el consumo de gas natural en las calderas de calefacción la fuente crítica dominante, contribuyendo en un 98,8% del total de las emisiones de alcance 1.

Por su parte, las emisiones indirectas del alcance 2 relacionadas al consumo eléctrico, son significativas, especialmente debido al alto factor de mix eléctrico del proveedor de energía. Se han identificado las principales fuentes críticas de estas emisiones, entre las que destacan la iluminación de la ETSE (38% del total), equipos de laboratorio (29%) y sistemas de refrigeración (13%).

En relación con el alcance 3, las emisiones están vinculadas principalmente a actividades indirectas de la institución, como la movilidad diaria de estudiantes, personal docente e investigador, y personal de administración y servicios hacia la ETSE. El uso de coches de gasoil y gasolina en la movilidad diaria tiene un impacto significativo en las emisiones.

El análisis de alternativas de mejora se centró en calderas de biomasa, paneles solares e iluminación led y sensores. Estas alternativas mostraron resultados prometedores en términos de reducción de emisiones y viabilidad económica. La aplicación de análisis multicriterio AHP permitió priorizar las opciones considerando criterios como reducción de HC, valor actual neto (VAN), costo de inversión inicial y tiempo de recuperación de inversión. La instalación de paneles solares emergió como la adopción más destacada, seguida de la sustitución de calderas de gas natural por calderas de biomasa y finalmente por iluminación led y sensores.

La combinación de estas medidas de implementación de energía renovable en la ETSE representa una estrategia integral y recomendable para lograr una disminución significativa de la HC. La implementación de estas medidas hasta 2030 no solo contribuirá a la sostenibilidad ambiental de la institución, sino que también establecerá un ejemplo para otras instituciones y promoverá una cultura de sostenibilidad en la comunidad universitaria.

6. RECOMENDACIONES

Este estudio podría implementarse en diferentes facultades, para agilizar/facilitar el trabajo se recomienda realizar el cálculo de las fuentes emisoras que contribuyen en mayor medida. Para este caso se recomienda evaluar las siguientes fuentes:

- Alcance 1: consumo de combustible fósil en instalaciones utilizadas para calefaccionar la facultad (idealmente instalar contador de consumo de combustible, en caso contrario estimar el consumo de combustible mediante las especificaciones del equipo de calefacción y el tiempo de uso anualmente). Consumo de combustible en vehículos propios de la facultad en caso de que presenten una cantidad significativa de automóviles. Contabilizar la fuga de refrigerantes sólo en caso de que haya existido una fuga considerable.
- Alcance 2: considerar el consumo eléctrico utilizado en la facultad. Idealmente recopilar datos de contadores eléctrico, en caso contrario realizar estimación de la iluminación de la facultad, de los equipos eléctricos de alto consumo (sobre 1 kW de potencia eléctrica), sistemas de refrigeración y/o climatización.
- Alcance 3: considerar consumo de combustible fósil por desplazamiento diario a la facultad por la comunidad universitaria. Para esto se recomienda realizar una encuesta en donde se determine un número de muestra sobre el total de la población universitaria de la facultad. Consultar sobre tipo de transporte utilizado y distancia (km) recorridos diariamente. En caso de que utilicen vehículo particular, solicitar datos de rendimiento del vehículo. Además, se recomienda estudiar los viajes de mudanza de los estudiantes desde la ciudad de origen a la ciudad en donde se encuentra la facultad. En caso de que la universidad presente una elevada cantidad de residuos, sería interesante considerarlo en el cálculo.

Respecto a las alternativas de mejora, para reducir el consumo eléctrico y descarbonizar la matriz eléctrica se recomienda realizar el cálculo del cambio de iluminación a tecnología led y a partir de la estimación del consumo realizar la evaluación de implementación de paneles solares. En cuanto a la reducción de consumo de combustibles fósiles para calefaccionar la facultad, se recomienda hacer un estudio sobre el aislamiento del edificio para reducir el consumo de energía térmica y a partir de los resultados estudiar la instalación de sistemas de geotermia además de las calderas de biomasa.

7. REFERENCIAS

- [1] C. KENNEDY y R. LINDSEY. ¿Cuál es la diferencia entre el calentamiento global y el cambio climático? [en línea]. Climate.gov. Science & Information for a Climate--Smart Nation [consultado 25 julio de 2023]. Disponible en: <https://www.climate.gov/news-features/climate-qa/%C2%BFcu%C3%A1-es-la-diferencia-entre-el-calentamiento-global-y-el-cambio-clim%C3%A1tico>.
- [2] NASA SCIENCE. *Global Climate Change Vital Signs of the Planet: ¿Cuál es la diferencia entre el cambio climático y el calentamiento global?* [sitio web]. California: NASA [consultado 3 junio de 2023]. Disponible en: <https://climate.nasa.gov/faq/91/cual-es-la-diferencia-entre-el-cambio-climatico-y-el-calentamiento-global/#:~:text=Los%20%C3%A9rminos%20%22calentamiento%20global%22%20y,%20largo%20plazo%20del%20planeta>.
- [3] INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate change 2023. AR6 Synthesis Report* [en línea]. Suiza: IPCC [consultado 20 julio de 2023]. Disponible: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>.
- [4] NACIONES UNIDAS. *Acción por el clima: Acuerdo de París* [sitio web]. NU [consultado 5 julio de 2023]. Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>.
- [5] COMISIÓN EUROPEA. *Energía, Cambio Climático, Medio Ambiente: Objetivos para 2050* [sitio web]. Comisión europea [consultado 18 junio de 2023]. Disponible en: https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/overall-targets-and-reporting/2050-targets_es.
- [6] PARLAMENTO EUROPEO. El régimen de comercio de derechos de emisión de la UE y su reforma. *Noticias Parlamento Europeo* [consultado 22 junio de 2023]. Disponible en: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20170213STO62208/el-regimen-de-comercio-de-derechos-de-emision-de-la-ue-y-su-reforma>.
- [7] MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. *Cambio climático: Planes y estrategias* [sitio web]. Madrid: MITECO [consultado 2 diciembre de 2022]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/planes-y-estrategias.html>.
- [8] MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA. *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización* (2021) [en línea]. Madrid: MITECO [consultado 20 noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.html>.
- [9] WORLD RESOURCES INSTITUTE & WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. *A Corporate Accounting and Reporting Standard. The Greenhouse Gas (GHG) Protocol*. Disponible: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>.
- [10] Amaral, A. et al. A review of empirical data of sustainability initiatives in university campus operations. *Journal of Cleaner Production* (en línea). 2020, 250, 119558 [consultado 10 marzo 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119558](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119558).

- [11] Mazhar, M. et al. Lemon. Critical success factors for embedding carbon management in organizations: lessons from the UK higher education sector. *Carbon Management (en línea)*. 2017, 8(5-6), 379-392. Disponible en: [doi: 10.1080/17583004.2017.1386533](https://doi.org/10.1080/17583004.2017.1386533).
- [12] Yisel Pérez. *Huella de Carbono de la Universidad de Alicante 2020 (Evolución 2017-2020)*. Alacant/Alicante (España): Universidad de Alicante, 2020 [consultado 20 octubre de 2022]. Disponible en: <https://web.ua.es/es/ecocampus/documentos/calidad-ambiental-ua/huella-de-carbono/huella-de-carbono-2020.pdf>.
- [13] Inarejos, R. et al. *Análisis de la huella de carbono de la ETSIT de la UPM y propuesta de mejora basada en datos de la plataforma IoT Smart CEI Moncloa*. Madrid (España): Universidad Politécnica de Madrid, 2019. Repositorio Comillas. Disponible en: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/>.
- [14] Polo, G. *Cuantificación de la huella ambiental de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Montes, Forestal y del Medio Natural del año 2018*. Madrid (España): Universidad Politécnica de Madrid, 2019 [consultado 15 febrero de 2023] Disponible en: https://blogs.upm.es/sostenibilidadupm/wp-content/uploads/sites/759/2020/03/37_Guillermo-Polo-Memoria_TFG_Huella-Ambiental_Guillermo_Polo.pdf.
- [15] Hermosilla, A. *Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: En Busca de la Ecoeficiencia*. Cartagena (España): Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2014 [consultado 10 febrero de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5043/tfm384.pdf>.
- [16] Mendoza-Flores, R. et al. The carbon footprint of a public university campus in Mexico City. *Carbon Management (en línea)*. 2019, 10 (5), 501-511 [consultado 11 febrero de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1080/17583004.2019.1642042](https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1642042).
- [17] Varón-Hoyos, M. et al. Carbon footprint of a university campus from Colombia. *Carbon Management (en línea)*. 2021, 12(1), 93-107 [consultado 10 febrero de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1080/17583004.2021.1876531](https://doi.org/10.1080/17583004.2021.1876531).
- [18] Pérez, M. *Cálculo de la huella de carbono en la facultad de ciencias forestales y ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali para la elaboración de un plan de carbono neutro, Pucallpa – Perú*. Pucallpa (Perú): Universidad Nacional de Ucayali, 2019. [consultado 20 febrero de 2023]. Repositorio institucional UNU. Disponible en: <http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/4239>.
- [19] Salazar, F. et al. Actualización de la huella de carbono de la Universidad San Francisco de Quito para el año 2015., *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías (en línea)*. 2019, 11 (2), 254-265 [consultado 18 febrero 2023]. Disponible en: [doi: 10.18272/aci.v11i2.450](https://doi.org/10.18272/aci.v11i2.450).
- [20] MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. *Calculadoras*. Mitigación: políticas y medidas. Madrid: MITECO [consultado 10 noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.html>.
- [21] Barbosa, L. et al. Estratégias para a transição energética: revisão de literatura. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento (en línea)*. 2022 [consultado 23 julio 2023]. Disponible en: [doi: 10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/transicao-energetica](https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/transicao-energetica).

- [22] España. Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. *Boletín Oficial del Estado (BOE)*, 21 de mayo de 2021, n. 121, p.62009. Disponible en: <https://www.boe.es>
- [23] Kempenaar, A. et al. Regional design ateliers on ‘energy and space’: systemic transition arenas in energy transition processes. *European Planning Studies* (en línea). 2021, 29 (4), 762-778 [consultado 28 abril de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1080/09654313.2020.1781792](https://doi.org/10.1080/09654313.2020.1781792).
- [24] COMISIÓN EUROPEA. *Estrategia y política: Un Pacto Verde Europeo* [sitio web]. Comisión europea [consultado 5 junio de 2023]. Disponible en: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es#:~:text=EI%20Pacto%20Verde%20Europeo%20aumentar%20alimentos%20saludables%20y%20asequibles.
- [25] Jin, L. et al. Environmental constrained medium-term energy planning: The case study of an Italian university campus as a multi-carrier local energy community. *Energy Conversion and Management* (en línea). 2023, 278, 116701 [consultado 15 mayo de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.enconman.2023.116701](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.116701).
- [26] Wang, C. et al. The status and improvement opportunities towards carbon neutrality of a university campus in China: A case study on energy transition and innovation perspectives. *Journal of Cleaner Production* (en línea). 2023, 414, 137521 [consultado 1 julio de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.jclepro.2023.137521](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137521).
- [27] A. Agar, D. et al. Combining behavioural TOPSIS and six multi-criteria weighting methods to rank biomass fuel pellets for energy use in Sweden. *Energy Reports* (en línea). 2023, 10, 706-718 [consultado 10 julio de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.egy.2023.07.007](https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.07.007).
- [28] Akram, M. et al. Multi-criteria group decision-making for optimal management of water supply with fuzzy ELECTRE-based outranking method. *Applied Soft Computing* (en línea). 2023, 143, 110403 [consultado 12 julio de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.asoc.2023.110403](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2023.110403).
- [29] Herva, M. et al. Ranking municipal solid waste treatment alternatives based on ecological footprint and multi-criteria analysis. *Ecological Indicators* (en línea). 2013, 25, 77-84 [consultado 10 abril de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.ecolind.2012.09.005](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.005).
- [30] Villacis, K. *Análisis multicriterio para el cambio de combustibles fósiles a energías renovables de la empresa Reybanpac*. Quito (Ecuador): Universidad Politécnica Salesiana, 2021 [consultado 5 julio de 2023]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20881>.
- [31] Strantzali, E. et al. Decision making in renewable energy investments: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (en línea). 2016, 55, 885-898 [consultado 18 junio de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.rser.2015.11.021](https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.021).
- [32] MAZARÍO, J. *Priorización de proyectos mejora para la movilidad urbana sostenible en la ciudad de Valencia*. Valencia (España): Universidad Politécnica de Valencia, 2015 [consultado 10 julio 2023]. Repositorio Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <https://riUNET.upv.es/handle/10251/59436?show=full>.

- [33] García-Diéguez, C. et al. A decision support system based on fuzzy reasoning and AHP–FPP for the ecodesign of products: Application to footwear as case study. *Applied Soft Computing* (en línea). 2015, 26, 224-234 [consultado 20 abril de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.asoc.2014.09.043](https://doi.org/10.1016/j.asoc.2014.09.043).
- [34] Herva, M. et al. Review of combined approaches and multi-criteria analysis for corporate environmental evaluation. *Journal of Cleaner Production* (en línea). 2013, 39, 355-371 [consultado 20 abril 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.jclepro.2012.07.058](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.058).
- [35] Campos-Guzmán, V. et al. Life Cycle Analysis with Multi-Criteria Decision Making: A review of approaches for the sustainability evaluation of renewable energy technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (en línea). 2019, 104, 343-366 [consultado 16 junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.031>.
- [36] UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. *USC Vida: Plan de desarrollo Sostenible* (en línea). Santiago de Compostela: USC [consultado 20 febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.usc.gal/es/vida/desarrollo-sostenible>.
- [37] UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. *USC Institucional: Desarrollo sostenible* [sitio web]. Santiago de Compostela: USC [consultado 25 febrero de 2022]. Disponible en: <https://www.usc.gal/es/usc/institucional/desarrollo-sostenible>.
- [38] UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE COMPOSTELA. *Adaptándonos al nuevo entorno: El compromiso con el desarrollo sostenible*. Santiago de Compostela: USC [consultado 2 abril de 2023]. Disponible en: <https://www.usc.es/estaticos/calidade/mrs200809/es/compromiso-con-el-desarrollo-sostenible.html>.
- [39] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. *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*. UNE-ISO 14064-1. Madrid: AENOR, 2006.
- [40] MINISTERIO DE TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO. *Factores de emisión. Registro de la huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono* (julio 2022, versión 22) (en línea). Madrid: MITECO [consultado 20 noviembre de 2022]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/fr/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoremission_tcm36-542746.xlsx.
- [41] GOMEZ, D. y WATTERSON, J. *Volumen 2: Chapter 2: Energy. Stationary Combustion*. En: Eggleston, H et al. (eds.). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japón: IGES, 2006, pp 2.1-2.47.
- [42] DAVIES, C Y HARNISCH, J. *Volumen 2: Chapter 3: Mobile Combustion*. En: Eggleston, H et al. (eds.). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Japón: IGES, 2006, pp 3.1-3.78.
- [43] COMISIÓN NACIONAL DE LOS MERCADOS Y LA COMPETENCIA. *Anexo II Etiquetado de electricidad restante de las empresas comercializadoras que hayan redimido garantías de origen en sus clientes, relativos a la energía producida en el año 2021* (en línea). CNMC [consultado 4 diciembre de 2022]. Disponible en: <https://gdo.cnmc.es/CNE/resumenGdo.do?anio=2021>.

- [44] CAMPOS LORENZO, Mateo. *Alternativas estratégicas para la implementación de una red de calor con biomasa en el campus sur* [Trabajo fin de Máster]. RODRÍGUEZ SOALLEIRO, Roque (tutor). SOLLA GULLÓN, Fernando (cotutor). Universidad de Santiago de Compostela, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 2022.
- [45] SIVEIRO VALLE, Lisan, QUINTERO CABRERA, Diego y FARINAS WONG, Ernesto. Eficiencia energética en edificios de oficinas mediante tecnología de iluminación LED y parque solar FV. *Ingeniería Energética* (en línea). 2021, 42 (2), 69-80 [consultado 11 diciembre de 2022]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1815-59012021000200069.
- [46] LEDBOX Blog. *Eficiencia energética: Tabla de equivalencias LED* [sitio web]. LEDBOXBlog [consultado 10 noviembre de 2022]. Disponible en: <https://blog.ledbox.es/tabla-de-equivalencias-de-las-bombillas-led/>
- [47] Barcelona LED. *Información LED: ¿Qué bombilla LED elegir para sustituir las tradicionales?* [sitio web]. Barcelona: BLED [consultado 10 noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.barcelonaed.com/blog/informacion-led/que-bombilla-led-elegir-para-sustituir-a-las-tradicionales/>
- [48] Banco Central Europeo. *Eurosistema: Nuestro objetivo de estabilidad de precios y la revisión de la estrategia* [sitio web]. BCE [consultado 12 abril de 2023]. Disponible en: <https://www.ecb.europa.eu/home/search/review/html/price-stability-objective.es.html>.
- [49] SANTOS, B. En España, el coste de capital para la energía fotovoltaica a escala comercial es del 5,1%, según IRENA (en línea). *PV magazine* [consultado 5 junio de 2023]. Disponible en: <https://www.pv-magazine.es/2023/05/04/en-espana-el-coste-de-capital-para-la-energia-fotovoltaica-a-escala-comercial-es-del-51-segun-irena/>
- [50] García, M. et al. La utilización de paneles solares fotovoltaicos para reducir la factura energética del trasvase Tajo-Segura. Alacant/Alicante (España): Departamento de Análisis Económico Aplicado, Universidad de Alicante, 2022 [consultado 10 junio de 2023]. Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/127181>.
- [51] UNIVERSITY OF CAMBRIDGE. *Environmental Sustainability Report 2017* (en línea). Cambridge: University of Cambridge [consultado 15 abril de 2023]. Disponible en: https://www.environment.admin.cam.ac.uk/files/uoc_environment_and_sustainability_report_2017.pdf.
- [52] UNIVERSITY OF CALIFORNIA-BERKELEY. *Sustainability & Carbon Solutions: Greenhouse Gas Inventory* [sitio web]. Berkeley: UC Berkeley [consultado 10 junio de 2023]. Disponible en: <https://sustainability.berkeley.edu/carbon-neutrality/greenhouse-gas-inventory>.
- [53] Cooper, J. et al. The Carbon Footprint of a UK Chemical Engineering Department – The Case of Imperial College London. *Procedia CIRP* (en línea). 2023, 116, 444-449 [consultado 2 junio de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.procir.2023.02.075](https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.075).
- [54] Li, X et al. Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China. *Journal of Cleaner Production* (en línea). 2015, 106, 97-108 [consultado 12 junio de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.jclepro.2014.11.084](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.084).

- [55] Versteijlen, M et al. Pros and cons of online education as a measure to reduce carbon emissions in higher education in the Netherlands. *Current Opinion in Environmental Sustainability* (en línea). 2017, 28, 80-89 [consultado 4 julio de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.cosust.2017.09.004](https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.09.004).
- [56] Fajardo, A. & Guzman, C. *Cálculo de la huella de carbono de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales de la Universidad Distrital Francisco José De Caldas* (en línea). Bogotá (Colombia), 2016. Repositorio Universidad Distrital Francisco José de Caldas [consultado 11 mayo de 2023]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4812>.
- [57] PRECIO GAS SELECTRA. *Suministro gas, Factura gas: Factor de conversión del gas natural, de m3 a kWh* [sitio web]. Madrid: Selectra [consultado 15 diciembre de 2022]. Disponible en: <https://preciogas.com/suministro-gas/facturas-gas/factor-conversion-gas-natural-kwh>.
- [58] Albets, X. *Artículo técnico: Manual para la detección y reducción de fugas de gas refrigerante* (en línea). Barcelona: AKO ELECTROMECAÁNICA [consultado 25 junio de 2023]. Disponible en: <https://help.ako.com/assets/uploads/35A000015.pdf> .
- [59] Dias, A. et al. Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint – case study of office paper. *Journal of Cleaner Production* (en línea). 2012, 244, 30-35 [consultado 20 junio de 2023]. Disponible en: [doi: 10.1016/j.jclepro.2011.11.005](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.005).
- [60] International Civil Aviation Organization. *Carbon emissions calculator: Passenger Calculator* (en línea). ICAO [consultado 6 diciembre de 2022]. Disponible en: <https://applications.icao.int/icec/Home/Index>.
- [61] RENFE. *Informe de responsabilidad social y gobierno corporativo 2020* (en línea). Madrid: RENFE [consultado 2 junio de 2023]. Disponible en: <https://www.renfe.com/content/dam/renfe/es/Grupo-Empresa/Gobierno-corporativo-y-transparencia/informes-rse/2020%20Informe%20Responsabilidad%20Social%20y%20Gobierno%20Corporativo.pdf>.
- [62] VIAJEROS. *Prueba: Mercedes Benz Citaro Euro VI: El urbano de referencia* [sitio web]. Viajeros [consultado 2 junio de 2023]. Disponible en: <https://www.revistaviajeros.com/noticia/8665/prueba-mercedes-benz-citaro-euro-vi>.

ANEXO A: Ejes de PDS de la USC

En este apartado se detallan los 3 ejes del Plan de Desarrollo Sostenible desarrollado por la Universidad de Santiago de Compostela.

Eje 1: Generación de Conocimiento y Educación Ambiental

Este eje tiene como objetivo principal la integración del respeto al medio ambiente y la sostenibilidad en la formación de las personas dentro de la comunidad universitaria. Para lograr esto, se han implementado diversas acciones:

- Incorporación de temas ambientales en los planes de estudio: la USC ha trabajado para incluir asignaturas y programas relacionados con el medio ambiente en diferentes facultades y áreas de estudio. Se han creado módulos o asignaturas específicas sobre sostenibilidad y temas ambientales en carreras diversas, lo que permite que los estudiantes adquieran conocimientos y competencias en esta área.
- Fortalecimiento de programas de doctorado y postgrado en temas ambientales: la universidad ha promovido la creación y consolidación de programas de doctorado y postgrado en el ámbito de la sostenibilidad y el medio ambiente. Esto ha permitido que los estudiantes interesados en estas áreas puedan desarrollar investigaciones y proyectos avanzados relacionados con la conservación y protección del medio ambiente.
- Fomento de investigaciones en temas medioambientales: la USC ha impulsado la investigación científica y tecnológica en temas ambientales a través de la financiación de proyectos y la creación de grupos de investigación dedicados a estas áreas. Esto ha contribuido al desarrollo de conocimientos y soluciones innovadoras para abordar los desafíos medioambientales actuales y futuros.
- Aula de Energías Renovables: una de las iniciativas destacadas dentro de este eje es el Aula de Energías Renovables en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Esta aula tiene como propósito divulgar las características de las energías renovables, impulsar investigaciones relacionadas con ellas y sensibilizar a la comunidad universitaria y la sociedad en general sobre su importancia para lograr un consumo energético más respetuoso con el medio ambiente.
- Cursos y jornadas de formación: la coordinación del PDS ha organizado diversas actividades formativas en colaboración con otras instituciones. Estos cursos y jornadas tienen como objetivo fomentar el conocimiento y la sensibilización sobre temas ambientales entre la comunidad universitaria y la sociedad en general.

Eje 2: Planificación, Gestión y Evaluación Medioambiental

Este eje se enfoca en gestionar los impactos medioambientales de las actividades universitarias y promover prácticas sostenibles en la gestión de recursos y residuos. Se han llevado a cabo diversos proyectos y acciones en áreas específicas:

- **Diseño y ordenación urbana:** la USC ha realizado acciones para abordar la contaminación lumínica y preservar el patrimonio natural en los campus universitarios. Además, se han promovido rutas verdes en el campus histórico de Santiago de Compostela en colaboración con el Museo de Historia Natural, fomentando la integración del entorno natural en la vida universitaria.
- **Gestión energética:** se ha implantado un Plan de Optimización Energética (POE) para gestionar de manera respetuosa y optimizada los sistemas de control y suministro de energía en los edificios universitarios. Además, se ha utilizado la cogeneración como un sistema alternativo para reducir costos y emisiones contaminantes.
- **Gestión del agua:** el suministro de agua para la USC proviene de las redes de abastecimiento de los ayuntamientos de Lugo y Santiago de Compostela, lo que asegura la gestión adecuada de este recurso vital. También se ha trabajado en la gestión eficiente de las aguas residuales, coordinándose con los ayuntamientos correspondientes para su tratamiento.
- **Gestión de residuos:** se ha promovido la sensibilización sobre la correcta gestión de los residuos generados en los edificios universitarios. Se han creado puntos limpios para facilitar la separación selectiva de residuos no peligrosos, y se han ubicado colectores externos para la recogida de diversos tipos de residuos, fomentando así prácticas de reciclaje y reducción de desperdicios.
- **Gestión ambiental:** la USC ha promovido criterios de sostenibilidad en los contratos de servicios universitarios, como la imprenta universitaria, la reprografía y el servicio de limpieza. También se ha publicado una Guía de Edificación Sostenible para orientar la construcción y renovación de edificios con criterios medioambientales.
- **Movilidad sostenible:** se ha realizado un estudio de hábitos de movilidad en la USC para conocer las preferencias de la comunidad universitaria en los desplazamientos. Como resultado, se han implementado un Programa de Préstamo de Bicicletas y un Programa Comparte Coche para fomentar la movilidad sostenible y reducir el impacto ambiental del transporte.

- Huella ecológica: anualmente se evalúa el impacto ambiental de la USC mediante la huella ecológica, que permite calcular los costos ambientales de las actividades universitarias. Se han observado aumentos en la huella ecológica debido al consumo eléctrico, la movilidad y la construcción de edificios, lo que ha motivado una mayor atención a la eficiencia energética y la reducción del consumo.
- Sostenibilidad en los centros: se han realizado evaluaciones de sostenibilidad en edificios universitarios utilizando la herramienta AISHE para estudiar la viabilidad de su aplicación en la USC, con el objetivo de mejorar la gestión y reducir el impacto ambiental de las instalaciones.

Además, se ha buscado la obtención de certificaciones y acreditaciones que promuevan la sostenibilidad en la USC, aunque no se detallan las certificaciones específicas en este documento.

Eje 3: Divulgación, Participación y Sensibilización

Este eje tiene como objetivo crear una conciencia ecológica y promover la participación de la comunidad universitaria en actividades relacionadas con la mejora ambiental, tanto en la universidad como en la sociedad en general. Se llevan a cabo dos tipos de actividades:

Actividades de participación:

- Programa de Becas de Sostenibilidad, Participación e Integración Universitaria (SPIU): Este programa está dirigido a estudiantes de grado y postgrado, así como a estudiantes de diplomaturas y licenciaturas. Los becarios participan en diversas acciones, como encuestas, evaluaciones ambientales, auditorías energéticas y divulgación de información.

En resumen, la Universidad de Santiago de Compostela muestra un fuerte compromiso con la sostenibilidad y la lucha contra el cambio climático. Es crucial que los departamentos de la universidad se involucren activamente en acciones concretas para mitigar el cambio climático, como la reducción de la huella de carbono, promoción de prácticas sostenibles, investigación y educación ambiental. La universidad puede ser un ejemplo inspirador para la sociedad al contribuir a un futuro más sostenible y resiliente frente al cambio climático.

ANEXO B: Descripción de la organización

La Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Santiago de Compostela, tiene sus primeras referencias históricas antes de su creación física, en el curso 1994-1995 con la inauguración de la titulación de Ingeniería Química seguido de la puesta en marcha de las titulaciones propias de la USC Graduado/a Superior en Ingeniería Ambiental en el curso 2000-2001. La primera fase del edificio de la ETSE se inauguró en febrero de 2001 mientras que la segunda fase se dio por finalizada en febrero de 2003. Desde entonces se ha puesto en marcha las actividades docentes de diferentes títulos de grado y másteres además del traslado de los grupos de investigación del Departamento de Ingeniería Química. El centro cuenta con equipamientos docentes en el edificio de la ETSE, también dispone de otras sedes distribuidas en diferentes puntos del campus de la Universidad: en el aula de Inteligencia Artificial (IA, Edificio Emprendia) y en el edificio del Monte da Condesa. Cabe destacar que la evaluación de este estudio se sitúa única y exclusivamente en el edificio ETSE.

Durante el año 2021 el edificio ETSE presentaba una superficie útil de 9.410 m². (datos que fueron calculados sobre la base de planos del Edificio propiciados por dirección de la ETSE). El edificio ETSE se secciona en dos: Edificio de Docencia (ED) en el que se realizan todas las actividades de docencia del centro educacional y Edificio de Ingeniería Química (EIQ) en donde se realizan todas las actividades asociadas a investigación, prácticas de asignaturas y dirección de la escuela.

En cuanto a la población universitaria, según los datos del censo realizado en el año 2021 facilitados por dirección del centro, fue de un total de 1907 personas, en donde se consideró: alumnado, personal de investigación y docencia, personal de administración y servicios para realizar el cálculo. Según los datos del censo del departamento realizado en los cursos 2019-2021 y 2021-2022 se estimó un total de 908 personas para el año 2021, dentro de las cuales se consideraron: alumnado, personal de investigación y docencia y personal de servicios y administración. El cálculo final se obtuvo mediante un promedio de matrículas de alumnos de grado y máster entre los dos cursos. Los datos de PID y PAS facilitados incluían solo al curso 2021-2022 por lo que se realizó el cálculo bajo la suposición de que el número de personas que varió de un curso a otro fue insignificante, por lo tanto, para dicha sección se tomó como referencia y resultado final los datos del curso 2021-2022. En la Tabla 17 se muestra en detalle los resultados anteriormente descritos.

Tabla 17. Población universitaria de la ETSE en el año 2021.

Alumnado	Curso		Promedio	Personal	Curso
	2020-2021	2021-2022			2021-2022
Grado	614	634	624	PID	30
Doble grado	90	58	74	PAS	9
Máster	122	141	132	Investigadores	30
Doctorado	10	8	9		
Total	836	841	839	TOTAL	69
TOTAL					
908 personas					

El edificio ETSE está compuesto por dos edificios EIQ y ED tal como se menciona anteriormente, uno construido antes que otro como parte de una ampliación. El establecimiento cuenta con aulas, laboratorios, salas de juntas, salón de actos, biblioteca, despachos, zonas de estudio, conserjería, zona de calderas, planta piloto y cafetería. Donde, bajo el enfoque seleccionado, la cafetería queda totalmente excluida debido a que pertenece a una empresa privada, por la cual no se tiene el control de las actividades realizadas en este espacio. En la Tabla 18 se muestra la distribución de los diferentes equipamiento y espacios con los que cuenta cada edificio.

Tabla 18. Áreas e instalaciones de la ETSE

Edificio Docente (ED)			Edificio de Ingeniería Química (EIQ)		
Instalación/área		Cantidad	Instalación/área		Cantidad
Aulas	Aulas teoría	8 (A1-A8)	Aulas	Aulas de proyectos	1
	Aulas informática	2 (AI1-AI2)		Aulas informática	2 (AI3-AI4)
	Aulas de trabajo	1 (AT1)		Aulas de trabajo	1 (AT2)
Salón de actos		1	Laboratorios	Laboratorios docentes	5
				Laboratorios investigación	9
Biblioteca		1	Salas de juntas		3
Zona de trabajo		1	Zona de trabajo		1
Conserjería		1	Despachos		26
Ascensor		1	Ascensor		1
			Planta piloto	Taller mecánico	1
				laboratorios	2

ANEXO C: Datos de actividad y factores de emisión

En este apartado se presenta detalladamente el origen de los datos de actividad y los factores de emisión utilizados para cada fuente de emisión categorizados por alcance 1, 2 y 3.

❖ ALCANCE 1

En este alcance se evalúa el consumo de combustible fósil por el uso de instalaciones fijas, las fugas de gases fluorados o refrigerantes y consumo de combustible fósil en desplazamientos vehiculares de la ETSE.

➤ Consumo de combustible fósiles en instalaciones fijas:

▪ *Gas natural*

El consumo de gas natural en la instalación proviene de cuatro calderas: tres calderas de agua caliente y una caldera de vapor y del funcionamiento de un sistema de cogeneración. Sin embargo, hasta ahora, el registro del consumo total de las calderas solo incluía dos calderas de agua caliente, una de mayor tamaño que la otra. Según el POE, los datos del contador de consumo de gas natural instalado en la ETSE incluyen el consumo de la cafetería. Por lo tanto, se solicitó obtener los datos específicos de la cafetería para poder calcular el consumo asociado únicamente a la ETSE. Esto se logró restando el consumo total registrado al consumo de la cafetería.

En resumen, se obtuvieron los datos del contador correspondiente a dos de las calderas de agua caliente. Sin embargo, para la caldera de agua restante y la caldera de vapor, fue necesario estimar su consumo debido a la falta de información. El POE tiene el control de encendido y apagado de dos de las calderas, lo que permitió determinar que la tercera caldera tendría un consumo similar a una de las calderas automatizadas, ya que son del mismo tamaño y tienen los mismos horarios de encendido y apagado, pero se manejan manualmente.

Para obtener un valor específico, se calculó el consumo de cada una de las calderas automatizadas utilizando la potencia media conocida y el volumen de combustible consumido. La potencia media se obtuvo promediando las potencias mínimas y máximas de cada caldera. Según los cálculos, se determinó que la caldera pequeña representa el 36% del consumo total de combustible medido por el POE, mientras que la caldera grande representa el 64%. Por lo tanto, se asumió que la tercera caldera tendría un consumo similar al de la caldera pequeña.

Los datos de este análisis se obtuvieron en unidades de volumen (m³) a partir de los contadores y estimaciones. Para realizar cálculos posteriores, fue necesario convertir los datos de volumen a unidades de energía (kWh), utilizando un factor de conversión de 11,76 kWh/m³ [57].

Para obtener más detalles sobre el consumo de gas natural en el año 2021, desglosado por espacio y por meses, se pueden consultar los datos proporcionados en el Anexo D.

Tabla 19. Consumo de calderas controladas por POE.

Tipo de caldera	Potencia (kW)		% influencia			Consumo m ³	Consumo kWh _{PCS}
	mínima	máxima	mínima	máxima	Promedio		
Caldera de agua tecnología 50G	140	581	63%	64%	64%	24.006	280.873
Caldera de agua tecnología 28G	81	325	37%	36%	36%	13.543	158.450
Total potencia	221	906	100%	100%	100%	37.549	439.323

Para la caldera de vapor, fue necesario consultar información de rutina y uso de la caldera con uno de los conserjes a cargo de su encendido y apagado. Según la información proporcionada, la caldera de vapor era encendida solo para las prácticas de una asignatura, por lo cual fue necesario averiguar sobre el horario de la práctica realizada y la cantidad de veces que se impartía la asignatura en el año. Según la información encontrada en calendarios de la universidad, la caldera es utilizada por 3 grupos de prácticas, 9 días cada uno en un total de 4 horas por día. Por tanto, las horas de funcionamiento total resulta ser de 5 horas ya que se enciende 1 hora antes la caldera a potencia máxima para generar el vapor, luego las 4 horas restantes trabaja a potencia baja con la finalidad de que este mantenga la temperatura de 120°C. El dato de potencia es conocido por la etiqueta de fabricante, por ende, no fue necesario consultar a personas externas. Por tanto, para realizar el cálculo de combustible consumido se debe multiplicar las horas de funcionamiento por su potencia correspondiente, tal y como se muestra en la ecuación (7).

$$\text{Consumo de combustible (kWh)} = \text{Tiempo de funcionamiento (h)} \times \text{potencia (kW)} \quad (7)$$

En la Tabla 20 se muestran los datos de funcionamiento de la caldera de vapor entregados por el encargado del taller de la planta piloto y por las especificaciones de la caldera instalada.

Tabla 20. Descripción de datos de actividad asociados a caldera de vapor.

Tipo de caldera	Tiempo de funcionamiento (h)		Potencia (kW)		Consumo de combustible (m ³)	Consumo de combustible (kWh)
	Encendido	Prácticas	Mínima	Máxima	Total	Total
Caldera de Vapor	1	4	81	325	1.498	17.523

Para realizar el cálculo de combustible del sistema de cogeneración se solicitaron datos al POE y a un encargado de control del área. Si bien los datos de consumo de combustible del sistema de cogeneración no pudieron recolectarse directamente de un medidor, el consumo total considerado fue mediante una estimación a partir de la conversión de datos del contador de energía térmica a volumen de combustible asociado al calor producido (Figura 18).

MES	MWh	kWh
Enero	2,9	2.900
Febrero	2,6	2.600
Marzo	1,9	1.900
Abril	1,5	1.500
Mayo	11,2	11.200
Junio	0	-
Julio	0	-
Agosto	0	-
Septiembre	0	-
Octubre	0,6	600
Noviembre	13,5	13.500
Diciembre	30,3	30.300
TOTAL	64,5	64.500

Figura 18. Datos mensuales de contador de energía térmica.

Según los datos entregados, el sistema de cogeneración instalado en la universidad sólo entrega una parte del calor generado, precisamente entrega el 60% del calor a la ETSE, mientras que el calor restante es entregado al instituto de cerámica. Por tanto, a partir de la base de que el sistema de cogeneración tiene capacidad de generar un 33% de electricidad, 33% de calor y 33% se va a pérdida, se calcula la cantidad de combustible consumido para generar la cantidad de calor suministrada a la ETSE. En la Figura 19 se presentan los datos de contador con sus respectivos coeficientes de reparto según el porcentaje de consumo asociado.

CALOR		MWh	
ETSE	65	60%	
CEÁRMICA	43	40%	
TOTAL	108	100%	

CONSUMO COMBUSTIBLE		MWh	kWh	m ³
ELECTRICIDAD	33%	108	107.500	9.188
CALOR	33%	108	107.500	9.188
PÉRDIDAS	33%	108	107.500	9.188
		323	322.500	27.564

CONSUMO COMBUSTIBLE DISTRIBUIDO POR PÉRDIDAS			
	m ³	kWh	% contribución
ELECTRICIDAD	4.594	53.750	50%
CALOR	4.594	53.750	50%
ETSE	2.756	32.250	60%

Figura 19. Consumo de gas natural por sistema de cogeneración asociado a la proporción correspondiente a la ETSE.

Por lo tanto, para el sistema de cogeneración se consideró el consumo de combustible asociado a la cantidad de calor suministrado y el porcentaje del combustible consumido para generar calor que es perdido. En la Tabla 21, se presentan los datos de la actividad asociado al consumo de gas natural correspondiente al año 2021.

Tabla 21. Datos de consumo de gas natural en año 2021.

Instalación fija	Consumo (m ³)	Consumo (kWh _{PCS})
Caldera de calefacción	51.092	597.773
Caldera de vapor	1.498	17.523
Sistema de cogeneración	11.944	139.750

La unidad del factor de emisión del gas natural está expresada en kg CO_{2eq}/kWh_{PCS}. Se utilizó el valor correspondiente al consumo de gas natural en instalaciones fijas para el año 2021 registrado en el informe del MITECO[40]. En la Tabla 22, se presenta el factor de emisión utilizado.

Tabla 22. Factores de emisión alcance 1.

Fuente emisora	Actividad	Factor de emisión			
		kg CO ₂ /kWh _{PCS}	g CH ₄ /kWh _{PCS}	g N ₂ O/kWh _{PCS}	kg CO _{2eq} /kWh _{PCS}
Instalaciones fijas	Consumo de gas natural	0,182	0,016	0,000	0,182

- ***Gasoil***

Aunque en la ETSE se cuenta con un grupo electrógeno, su uso se limita exclusivamente a situaciones de emergencia en caso de un fallo eléctrico. Se realizó una consulta a los responsables correspondientes para conocer si se había encendido el equipo en algún momento durante el año 2021. Según la información proporcionada, el equipo no se encendió en ningún momento durante todo el año. Además, no se reportó ningún control de encendido espontáneo para el mantenimiento o revisión del equipo.

Debido a la falta de información de encendidos del grupo electrógeno, no fue posible calcular el consumo de combustible ni su HC asociada. No obstante, se recomienda mantener un registro de los encendidos del grupo electrógeno, ya que estos podrían ser útiles para complementar el cálculo de la HC en caso de que el equipo sea utilizado en el futuro.

- **Consumo de refrigerantes compuestos por gases fluorados:**

Las emisiones de GEI en sistemas de refrigeración y climatización provienen de las fugas de gases fluorados utilizados en su funcionamiento. Estas emisiones ocurren a lo largo del ciclo de vida de los equipos, incluyendo instalación, uso y eliminación. Para el cálculo, se considera la cantidad total de gas recargado en cada equipo durante el período de estudio.

Para recopilar los datos de esta sección, se contactó con el área de infraestructura de la universidad, específicamente con el departamento de mantenimiento. En la escuela se encuentran instalados 10 equipos de aire acondicionado solo frío, con diferentes capacidades y utilizando el mismo gas refrigerante R-410A. Sin embargo, de acuerdo con los registros, no se encontraron datos de recargas de gas refrigerante para el año 2021, por lo tanto, se realizó el cálculo a partir de la suposición de que un sistema de refrigeración doméstico de aire condicionada totalmente sellado puede perder aproximadamente el 1% de sus gases fluorados anualmente debido a su funcionamiento [58]. Esta estimación se basa en la posibilidad de fugas que pueden ocurrir a lo largo del tiempo debido al desgaste, juntas defectuosas u otros factores relacionados con el equipo de refrigeración.

Se realizó un inventario de los equipos instalados para fomentar la verificación y registro de los datos necesarios para realizar el cálculo del impacto real debido a las fugas de los gases correspondientes. En la Tabla 23 se presentan los datos mencionados anteriormente,

incluyendo el edificio donde se encuentran instalados, su capacidad, tipo de gas refrigerante, potencia de refrigeración, potencia eléctrica y tiempo de uso anual.

Tabla 23. Descripción de sistemas de refrigeración instalados en la ETSE.

Tipo	Gas Refrigerante	Capacidad (kg)	Potencia refrigeración (kw)	Potencia eléctrica (kw)	Tiempo de uso (h)	Consumo eléctrico diario (kwh)	Consumo eléctrico anual (kwh)
Máquinas A/A solo frío							
EQ X 4	R-410 A	2,3	8,4	3	6	18	1.800
EQ X 1	R-410 A	1,26	6	2	6	12	1.200
ED X 4	R-410 A	3,3	14,5	5,16	6	31	3.096
ED X 1	R-410 A	1,55	7	2,6	6	16	1.560

Cabe destacar que el tiempo de uso anual se estimó considerando que los equipos se utilizan en los meses más calurosos del año, 3 meses de verano, 1 de primavera y 1 de otoño. Por tanto, se consideró que los equipos funcionan en un tiempo total anual de 5 meses, en donde cada mes presenta 4 semanas de 5 días y 6 horas de consumo diario. En resumen, se considera un total de 100 días lo que equivale a decir que se utiliza 600 h al año.

El factor de emisión para los gases fluorados se obtiene del informe de factores de emisión, específicamente del capítulo 3, categoría A de climatización/refrigeración [40]. Es importante destacar que los factores de emisión para los gases fluorados están en concordancia con sus respectivos Potenciales de Calentamiento Global (PCG). En la Tabla 24 se muestra el factor de emisión utilizado para estos gases y el dato de actividad del gas refrigerante fugado.

Tabla 24. Dato de actividad asociado al funcionamiento de equipos de refrigeración y factor de emisión correspondiente para el año 2021.

Gas refrigerante	Dato de actividad (kg)	Factor emisión (PCG)
R-410 A	0,25	1.924

➤ **Consumo de combustibles fósiles por desplazamiento de vehículos:**

Se identificó la propiedad de 1 vehículo de combustión interna, el cual pertenece a un grupo de investigación de la ETSE para el cual se calculó la cantidad de combustible consumido en el año 2021. En la Tabla 25 se muestra el detalle de los datos entregados del vehículo para realizar el cálculo de su HC generado por su uso.

Tabla 25. Detalles de vehículo perteneciente a la ETSE.

Categoría	Modelo	Rendimiento (L/100 km)	Combustible	Distancia recorrida (km)	Combustible consumido (L)
Turismo	Ford fiesta 2015	5,2	Gasolina E10	11.000	572

Para el factor de emisión se utilizó el valor registrado en el informe de emisiones del MITECO[40] en el apartado de vehículos y maquinaria, categoría A de transporte por carretera. Se utilizaron los valores asociados a combustible E10 para el año 2021. Cabe destacar que la unidad de medida del factor de emisión se expresa en kilos o gramos de gas de efecto invernadero por litro de combustible, por lo tanto, es de suma importancia obtener el dato de actividad en litros de combustible. En la Tabla 26 se presentan los datos de factor de emisión utilizado y en el Anexo F se presentan las tablas utilizadas de bibliografía [40].

Tabla 26. Factor de emisión para desplazamiento de vehículos propios.

Fuente emisora	Actividad	Factor de emisión			
		kg CO₂/L	g CH₄/L	g N₂O/L	kg CO_{2eq}/L
Vehículo grupo investigación	Consumo de gasolina E10	2,119	0,243	0,025	2,132

❖ ALCANCE 2

Consumo de energía eléctrica:

Según los datos proporcionados por el POE, el consumo de energía eléctrica en el año 2021 proviene de **GAS NATURAL COMERCIALIZADORA, SA**. Para obtener los datos de consumo específicos de la cafetería, se solicitó información del contador eléctrico correspondiente, ya que este incluye el consumo de la cafetería.

Para determinar el consumo total de electricidad en la ETSE, se utilizaron los registros del contador de electricidad global. Se tomó en cuenta el valor registrado el 1 de enero y el 31 de diciembre de 2021, y se calculó la diferencia entre ambos para obtener el consumo total de electricidad. De manera similar, se realizó el cálculo del consumo específico de la cafetería utilizando su contador correspondiente. Finalmente, se resta el consumo de la cafetería al consumo total registrado en el contador global para obtener el

consumo de electricidad de la ETSE. En la Tabla 27 se presentan los valores registrados en los contadores para el consumo total y de la cafetería, mientras que en la Tabla 28 se muestra el resultado correspondiente al consumo de electricidad de la ETSE.

Tabla 27. Datos registrados en contador de electricidad global y de la cafetería en el primer y último día del año 2021.

Año 2021	Contador global	Contador cafetería
1 enero	1.529.066	300.258
31 diciembre	1.981.332	310.524
Total	452.266	102.66

Tabla 28. Resultados de energía total consumida en la ETSE en año 2021.

Año	Comercializadora de energía eléctrica	Consumo eléctrico (kWh)
2021	GAS NATURAL COMERCIALIZADORA, S.A.	442.000

Según la información registrada en el Anexo I del informe de etiquetado de la electricidad producida en 2021 por la CNMC[43], la comercializadora GAS NATURAL COMERCIALIZADORA, S.A., no presenta garantía de origen renovable o de cogeneración de alta eficiencia, por lo cual, se utiliza el valor de mix eléctrico de la comercializadora registrado en el Anexo II del informe de “*Etiquetado de la electricidad restante producida*” publicado por la CNMC en dicho año. En la Tabla 29 se enseña el valor utilizado en este estudio.

Tabla 29. Factor de emisión mix eléctrico alcance 2.

Fuente emisora	Actividad	Factor de emisión mix eléctrico	Unidad
Comercializadora proveedora de electricidad	Consumo de electricidad	0,254	kg CO ₂ eq/ kWh

❖ ALCANCE 3

Insumos de oficina:

Se realizó una encuesta a PDI y PAS para conocer sobre los tipos de materiales que utilizan. Según las respuestas de la encuesta, se pueden destacar los siguientes materiales: papel A4, tóner, bolígrafos, lápices, gomas, post it y agendas, para el cálculo de la HC de este apartado solo se considera el consumo de papel debido a que presenta un consumo significativamente mayor en comparación con los otros materiales. A partir de la encuesta solo se obtuvieron 13 respuestas de 31 esperadas, por lo tanto, se realizó una extrapolación de datos. Se obtuvo que el 85% de los encuestados utilizaban entre 500 y 6.000 folios dando un total de 22.000 folios al año. El 27% utiliza 500 folios, otro 27% utiliza 1.000, el 9% utiliza 1.500, el 18% utiliza 2.000 folios y el restante 18% utiliza 6.000 folios al año. Por lo tanto, a partir de los datos de porcentajes y número de encuestados esperados se realiza el cálculo de la cantidad de folios utilizados en el año 2021 para términos académicos, dando como resultado que en la ETSE se consumen alrededor de 53.500 hojas al año. En la Tabla 30 se muestran los datos obtenidos de la encuesta y los datos extrapolados para utilizar en el cálculo de la HC.

Tabla 30. Datos de consumo de papel de encuesta y extrapolados.

Encuesta			Datos extrapolados	
Hojas	Personas	Cálculo hojas	Personas	Cálculo hojas
500	3	1.500	7	3.500
1.000	3	3.000	7	7.000
1.500	1	1.500	2	3.000
2.000	2	4.000	5	10.000
6.000	2	12.000	5	30.000
Total	13	22.000	31	53.500

Para el factor de emisión se realizó una búsqueda bibliográfica de análisis de ciclo de vida del papel A4. En la Tabla 31 se presenta el factor de emisión se expresa en kg de CO₂ por hoja consumida.

Tabla 31. Cantidad de papel consumido en el año 2021.

Material	Factor de emisión	Unidad	Fuente
Papel	0,0046	kg CO ₂ eq/hoja	[59]

➤ **Combustión de combustible en transporte:**

▪ **Actividades de transporte**

Con el fin de determinar los medios de transporte utilizados por las personas que se desplazan a la ETSE, que realizan viajes de trabajo y se trasladan a la ciudad de Santiago de Compostela a comienzo del curso, se llevaron a cabo dos encuestas creadas en Microsoft Forms una dirigida a PDI y PAS y la otra a los estudiantes (Anexo E). En esta encuesta, además de recopilar información sobre el medio de transporte utilizado, se solicitó datos sobre la distancia media recorrida en cada trayecto o la frecuencia con la que asisten a la universidad. En el Anexo G se detalla el proceso de extrapolación de datos llevados a cabo para realizar los cálculos posteriores. La Tabla 32 muestra de forma porcentual los resultados obtenidos de la mencionada encuesta.

Tabla 32. Distribución según el medio de transporte utilizado para desplazamientos asociados a la actividad de alcance 3.

Fuente de emisión	no utilizan medio de transporte	Coche	Gasolina Gasoil	Tren	Avión	Autobus	Autocar
Movilidad personal	12%	82%	$\frac{21\%}{79\%}$	6%	-	-	-
Movilidad estudiantes	83%	13%	$\frac{43\%}{57\%}$	-	-	4%	-
Viajes de trabajo	70%	24%	$\frac{50\%}{50\%}$	-	6%	-	-
Traslado a SC	17%	24%	$\frac{31\%}{69\%}$	37%	6%	-	17%

Para determinar el factor de emisión utilizado en los desplazamientos en automóvil, se consultaron los datos del capítulo 2 del documento de factores de emisión (versión 22) desarrollado por el MITECO [40] del Gobierno de España. Específicamente, se analizó la categoría A de transporte por carretera, que abarca vehículos y maquinaria. En la encuesta realizada, se solicitó información general sobre el combustible utilizado (gasolina o gasoil), por lo que se consideraron dos tipos de combustible: E5 para vehículos que usan gasolina y B7 para vehículos que usan gasoil, ambos correspondientes al año 2021. Se llevó a cabo el cálculo promedio del rendimiento para vehículos que utilizan gasoil y gasolina, con el objetivo de convertir el factor de emisión y expresarlo en términos de kilogramos de dióxido de carbono equivalente (kgCO₂eq) por kilómetro recorrido. Esto permitió realizar los cálculos en base a los kilómetros recorridos por cada

persona. Los resultados obtenidos se respaldan con las tablas correspondientes, las cuales se encuentran detalladas en el Anexo F del informe.

Para los desplazamientos realizados en aviones, se utilizó la herramienta desarrollada por la Organización Internacional de Aviación Civil (ICAO)[60], la cual permite identificar las emisiones de dióxido de carbono de cualquier vuelo y comprobar su impacto en el medio ambiente. Para la obtención del factor de emisión, se ingresaron datos de origen y destino, tipo de cabina económica y viajes de ida para conocer las emisiones generadas por trayecto. A partir de los datos obtenidos en la encuesta, se calculó un factor de emisión para los viajes nacionales y otro para los viajes internacionales. Estos factores de emisión se determinaron tomando un promedio de los datos recopilados, lo que permitió estimar las emisiones correspondientes tanto a los viajes realizados dentro del país como a los viajes internacionales. Las emisiones reportadas por la herramienta están en la cantidad de CO₂ emitido. Las emisiones de CH₄ y N₂O no fueron reportadas, debido a que su estimación tiene alta incertidumbre y solo contribuyen al 1 % de las emisiones totales de GEI generadas por la aviación comercial.

Para los transportes realizados en tren en la movilidad diaria de PDI y PAS, y mudanzas a la ciudad de Santiago, se utilizó el valor registrado en el apartado de Renfe, proveedores de sostenibilidad en la tabla de emisiones de efecto invernadero. El valor se expresa en términos de gramos de CO₂ por unidad transportada (gCO₂/UT), donde la unidad transportada hace referencia a pasajero-kilómetro o tonelada-kilómetro transportado. Cabe destacar que el factor de emisión asociado al transporte en tren es bastante bajo debido a que Grupo RENFE sólo consume electricidad de origen renovable, con emisiones CERO de CO₂ en la fase de tracción eléctrica, que es la usada en más del 80% de la actividad de Renfe[61].

Las emisiones de los viajes en autobús urbano y autocares se calculan utilizando el factor de emisión registrado en el informe del MITECO, específicamente en la categoría A de transporte por carretera, gasolina B7, camiones y autobuses para el año 2021. Para facilitar los cálculos posteriores y definir el factor de emisión en función de los kilómetros recorridos por pasajero (ya que los datos recopilados en la encuesta están en kilómetros), se realiza una conversión. El factor de emisión, originalmente registrado en kgCO_{2eq} por litro de combustible consumido, se convierte a kg CO_{2eq} por kilómetro recorrido por pasajero. Para realizar esta conversión, se calcula el factor de emisión en unidades de kg

CO_{2eq} (considerando los tres GEI y el potencial de calentamiento global). Luego, se busca el rendimiento de los autobuses urbanos y autocares en internet y se multiplica el factor de emisión por su rendimiento para obtener el factor de emisión en función de los kilómetros recorridos. Finalmente, se divide este valor por la cantidad promedio de asientos en cada transporte para obtener el factor de emisión por pasajero y kilómetro recorrido. De acuerdo con la información encontrada, uno de los autobuses utilizados en Santiago de Compostela es el modelo Mercedes Benz Citaro EURO VI, que tiene un rendimiento de 43,7 L/100 km en la ciudad a una velocidad de 13 km/h. Para los autocares, se utiliza como referencia un informe de la empresa Monbus, en el cual indican que el rendimiento es de 37 L/100 km en ruta[62]. Se considera una cantidad de 24 asientos para los autobuses urbanos y 50 asientos para los autocares al realizar el cálculo.

Cabe destacar que todos los factores de emisión que se utilizaron del informe del MITECO[40], se verificaron en las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, volumen 2, Energía, capítulo 2 combustión estacionaria y capítulo 3 combustión móvil[41], [42].

En la Tabla 33 se muestran los factores de emisión utilizados para actividades transporte asociados a cada uno de ellos expresados en kg CO_{2eq}/ unidad de cada dato de actividad correspondiente.

Tabla 33. Factor de emisión transporte público de alcance 3.

Fuente emisora	Actividad	Factor de emisión	Unidad
Transporte aéreo/ terrestre	Coche gasolina	0,138	kg CO _{2eq} /km
	Coche gasoil	0,146	kg CO _{2eq} /km
	Avión nacional	148,5	kg CO _{2eq} /Pasajero*km
	Avión internacional	491,25	kg CO _{2eq} /Pasajero*km
	Tren	0,00686	kg CO _{2eq} /Pasajero*km
	Autobus	0,046	kg CO _{2eq} /Pasajero*km
	Autocar	0,019	kg CO _{2eq} /Pasajero*km

ANEXO D: Análisis de datos entregados por POE

Los datos entregados por el POE se basan en el registro automático de datos proveniente de contadores de gas y de luz. A partir de esta información se determinó el consumo mensual y anual de consumo de combustible fósil y de electricidad. En los siguientes apartados se detalla el consumo de cada uno de ellos.

❖ Consumo de combustible fósil en calderas de calefacción

Los datos entregados del contador están registrados en unidades de m^3 e incluyen los datos de consumo de la ETSE y de la cafetería. A continuación, se muestra la gráfica de consumo de gas natural mensual total, de la cafetería y de la ETSE por el uso de calderas de calefacción en el año 2021.

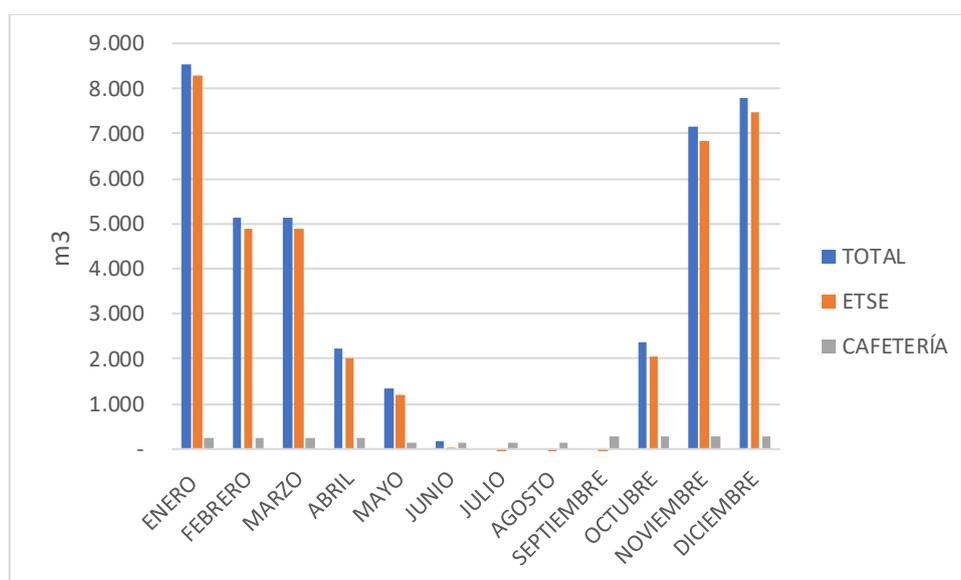


Figura 20. Consumo mensual de gas natural total, cafetería y ETSE para el año 2021.

En la Tabla 34 se detalla el consumo de gas natural total, de la cafetería y de la ETSE. Cabe destacar que los valores entregados de la cafetería están registrados por periodos cuatrimestrales, por lo tanto, para obtener el valor mensual, se dividió el total del cuatrimestre en 4 meses.

Tabla 34. Consumo mensual y cuatrimestral de combustible total, cafetería y ETSE en el año 2021.

AÑO 2021		CAFETERÍA		TOTAL		ETSE		
	CUATRIMESTRE	MES	CONSUMO (m³)	CONSUMO CUATRIMESTRE (m³)	CONSUMO (m³)	CONSUMO CUATRIMESTRE (m³)	CONSUMO (m³)	CONSUMO CUATRIMESTRE (m³)
1	ENE-ABR	ENERO	243	973	8.533	21.030	8.290	20.057
		FEBRERO	243		5.121		4.878	
		MARZO	243		5.132		4.889	
		ABRIL	243		2.244		2.001	
2	MAYO-AGO	MAYO	143	430	1.343	1.517	1.200	1.087
		JUNIO	143		174		31	
		JULIO	143		-		-143	
		AGOSTO	143		-		-143	
3	SEPT-DIC	SEPTIEMBRE	293	880	-	17.285	-293	16.405
		OCTUBRE	293		2.359		2.066	
		NOVIEMBRE	293		7.143		6.850	
		DICIEMBRE	293		7.783		7.490	
TOTAL				2.283		39.832		37.549

❖ Consumo de electricidad

Los datos entregados del contador están registrados en unidades de kWh e incluye en conjunto el consumo de la ETSE y de la cafetería. A continuación, A continuación, se muestra la gráfica de consumo de electricidad mensual total, de la cafetería y de la ETSE

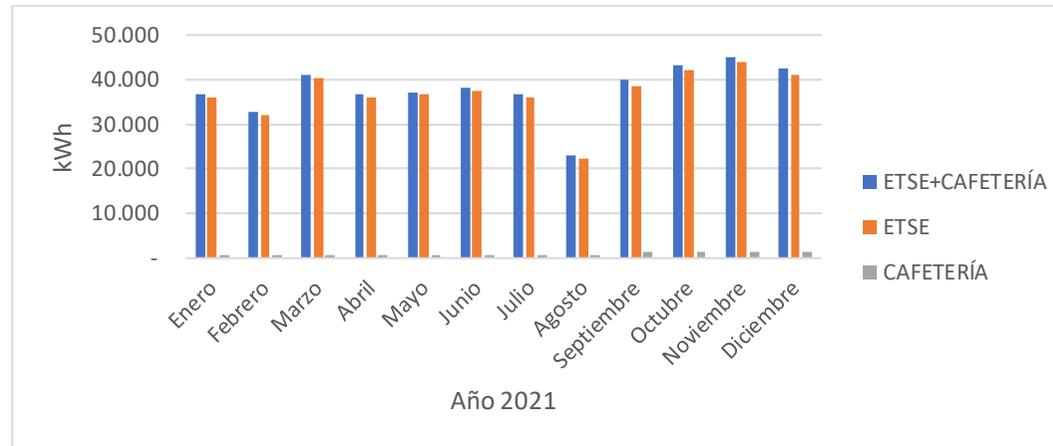


Figura 21. Consumo mensual de electricidad total, cafetería y ETSE en el año 2021.

En la Tabla 35 se detalla el consumo mensual y cuatrimestral de gas natural total, cafetería y ETSE por el encendido de calderas de calefacción en el año 2021 y en la Tabla 36 se detalla el consumo total de gas natural diario en el año 2021. Cabe destacar que los valores entregados de la cafetería están registrados por periodos cuatrimestrales, por lo tanto, para obtener el valor mensual, se dividió el total del cuatrimestre en 4 meses.

Tabla 35. Consumo mensual y cuatrimestral eléctrico total, cafetería y ETSE en año 2021.

AÑO 2021			CAFETERÍA		TOTAL		ETSE	
Nº	CUATRIMESTRE	MES	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	CONSUMO CUATRIMESTRE (kWh)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	CONSUMO CUATRIMESTRE (kWh)	CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)	CONSUMO CUATRIMESTRE (kWh)
1	ENE-ABR	ENERO	708	2.830	36.604	147.243	35.897	144.413
		FEBRERO	708		32.714		32.007	
		MARZO	708		41.055		40.348	
		ABRIL	708		36.870		36.163	
2	MAYO-AGO	MAYO	627	2.506	37.189	134.996	36.563	132.490
		JUNIO	627		38.042		37.416	
		JULIO	627		36.748		36.122	
		AGOSTO	627		23.017		22.391	
3	SEPT-DIC	SEPTIEMBRE	1.233	4.930	39.811	170.725	38.579	165.795
		OCTUBRE	1.233		43.323		42.091	
		NOVIEMBRE	1.233		45.190		43.958	
		DICIEMBRE	1.233		42.401		41.169	
TOTAL				10.266		452.964		442.698

Tabla 36. Consumo eléctrico diario ETSE+Cafetería.

Día	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	698	1181	1228	790	984	1587	1513	714	954	1831	781	1954
2	706	1412	1761	660	699	1447	1445	822	1253	1300	923	2073
3	716	1443	1634	657	1090	1415	1028	836	1206	771	1801	1997
4	1020	1518	1608	651	1599	1394	792	858	1072	1142	1813	1729
5	1048	1433	1626	1187	1572	957	1070	889	737	1261	1797	854
6	805	962	1085	1575	1526	948	1432	871	961	1634	1694	837
7	1160	725	728	1532	1588	772	1414	729	1427	1662	853	885
8	1456	1228	1238	1574	1098	1446	1416	693	1631	1739	875	1546
9	865	1465	1793	1576	703	1317	1476	713	1536	1468	1977	866
10	682	1393	1714	965	1128	1386	1083	710	1213	813	1867	1896
11	1484	1385	1668	682	1606	1452	799	726	786	869	1812	1809
12	1775	1637	1689	1193	1602	1058	1102	711	792	1510	1882	881
13	1683	493	994	1657	1073	812	1524	702	1046	934	1674	874
14	1695	704	713	1580	1014	1090	1437	686	1709	1724	813	1906
15	1598	992	1210	1462	982	1439	1334	683	1722	1762	839	1834
16	912	1241	1628	1033	682	1693	1310	683	1616	1465	1880	1748
17	748	1245	1597	707	679	1528	1024	680	1747	767	1828	1722
18	1424	1305	1677	675	1083	1482	805	680	1258	856	1796	1628
19	1729	1298	1054	1135	1635	1083	1074	677	779	1724	1928	927
20	1646	901	721	1674	1470	804	1355	669	1026	1841	1626	923
21	1588	690	696	1582	1412	1116	1416	667	1619	1763	866	1768
22	1637	1031	1182	1565	1062	1420	1363	657	1789	1819	892	1604
23	912	1438	1675	1566	724	1529	1392	755	1764	1473	1840	1504
24	728	1369	1622	1043	1079	1383	1013	826	1802	792	1952	1292
25	1382	1242	1623	685	1501	1472	782	795	1339	889	1994	849
26	1561	1291	1610	1111	1537	1051	955	804	833	1811	1816	750
27	1327	973	1038	1660	1570	822	1116	808	1104	1766	1706	857
28	1366	719	704	1631	1526	1117	688	736	1664	1866	794	1283
29	858		1093	1525	1080	1436	1596	670	1708	1703	833	1250
30	698		1281	1537	766	1586	1151	754	1718	1585	2038	1237
31	697		1165		1119		843	813		783		1118

ANEXO E: Cuestionarios

En este anexo se detallan las preguntas realizadas en el cuestionario dirigido a estudiantes y trabajadores para la recopilación de datos para alcance 3.

❖ Encuesta trabajadores

Cuestionario ETSE

En el marco del desarrollo del proyecto “*Medición de la huella de carbono organizacional en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE) de la Universidad de Santiago de Compostela*”, llevado a cabo por el grupo de investigación de ingeniería y gestión de procesos y productos sostenibles, se requiere de su colaboración para estimar la Huella de Carbono (HC) aportada por los viajes desde los hogares al campus universitario de estudiantes, docentes y personal administrativo. Esta encuesta debe responderse en el contexto del año 2021.

Confidencialidad

De conformidad con lo dispuesto en la normativa vigente en protección de datos, se aplicará en todo momento lo establecido en la directriz de tratamiento de datos personales del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información de la universidad. Los datos personales obtenidos se utilizarán exclusivamente para la finalidad del proyecto de que se trate. Las respuestas serán siempre tratadas de forma confidencial y se utilizarán para el estudio de forma agregada sin que puedan asociarse en ningún momento con el encuestado.

Sección 1: Datos personales

1. Nombre y Apellidos
2. Correo electrónico institucional
3. Indique el puesto que desempeña en la ETSE
 - Personal de Administración y Servicios (PAS)
 - Personal Docente e Investigador (PDI)
 - Doctorado
 - Alumno de Postgrado
 - Otro
4. ¿Cuenta con despacho?
 - Si
 - No

Sección 2: Despachos

5. Indique todos los equipos de consumo eléctrico con los que cuente en su despacho

Ejemplo:

Equipo 1: Ordenador de mesa

Equipo 2: Impresora

6. Indique el modelo y la potencia para cada uno de los equipos anteriormente mencionados.

Ejemplo:

Equipo 1: BENQ GL2250-T; 19 W

Equipo 2: HP LaserJet Pro MFP M130FN; 4,2 W

7. Indique la periodicidad y horas de uso de cada uno de los equipos anteriormente mencionados.

Ejemplo:

Equipo 1: 8 h diarias/ 1 h cada 2 días

Equipo 2: 20 h en el semestre / 10 h al mes

8. Indique, en promedio, el número de horas que enciende la luz diariamente en su despacho.

9. Realice un inventario en Excel de los materiales (papel, tóner, lápices, etc.) con los que cuentan dentro del despacho e indique el consumo mensual o anual de cada uno de ellos.

Cargar fichero

Sección 3: Grupo de investigación

10. Indique el grupo de investigación al que pertenece

- Biotecnología ambiental
- Ecoeficiencia
- Ingeniería y gestión de procesos y productos sostenibles
- Intensificación de procesos para un desarrollo sostenible
- Modelización ambiental
- Proceso de separación sostenibles
- Propiedades físicas y procesos de transferencia
- Tecnologías para la economía circular y la seguridad natural
- No pertenezco a ningún grupo de investigación

11. ¿Su grupo de investigación cuenta con laboratorio?

- Sí
- No

12. ¿Es la persona responsable del grupo de investigación?

- Sí
- No

Sección 4: Laboratorio de grupo de investigación

13. Realice un inventario, en una hoja de calculo de Excel, con los equipos de consumo eléctrico con los que cuentan dentro del laboratorio. Indique modelo, cantidad, potencia y horas de funcionamiento diario/mensual de cada uno.

Cargar fichero

Sección 5: Sustancias químicas

14. Realice un inventario en Excel de las sustancias químicas compradas en el año 2021 e indique la masa o volumen de cada uno de ellos.

Cargar fichero

Sección 6: Consumo de materiales

15. Realice un inventario en Excel de los materiales (papel, tóner, lápices, etc.) con los que cuentan dentro del laboratorio e indique el consumo mensual o anual de cada uno de ellos.

Cargar fichero

Sección 7: Vehículos grupo de investigación

16. ¿Con cuántos vehículos cuenta el grupo de investigación?

- 0
- 1
- 2
- 3
- Otro

17. Indique la categoría del vehículo anteriormente mencionado.

- Turismo
- Furgonetas y furgones
- Camiones y autobuses
- Ciclomotores y motocicletas

18. Indique las características de su vehículo

Ejemplo:

Marca: Ford

Modelo: Fiesta titanium

Año: 2016

Consumo en ciudad: 7.9L/100km

19. ¿Qué tipo de combustible utiliza el vehículo?

- E5
- E10
- E85
- E100
- B7
- B10
- B20
- B30
- B100
- Otro

20. Indique la cantidad de litros de combustible que consume o kilómetros que recorre anualmente el vehículo.

Sección 8: Movilidad ETSE

21. Indique el medio de transporte que utiliza para llegar a la ETSE y un valor promedio de la distancia (km) recorrida semanalmente

- Coche

- Bus
- Tren
- Motocicleta
- Bicicleta
- Furgoneta
- A pie (andando)
- Otro

Sección 9: Medio de transporte

22. Indique las características del vehículo que utiliza para dirigirse a la ETSE.

Ejemplo:

Marca: Ford

Modelo: Fiesta titanium

Año: 2016

Consumo en ciudad: 7.9L/100km

23. Indique el tipo de motor del vehículo

- Combustión interna
- Propulsión eléctrica
- Híbrido

24. Indique el tipo de combustible que utiliza el vehículo

- Gasolina
- Gasoil

25. ¿A la hora de la comida suele utilizar algún vehículo que utilice combustible (coche, bus, etc.)? En caso de que la respuesta sea afirmativa, indique el tipo de vehículo, km recorridos y nombre del combustible.

26. ¿Realizo viajes de trabajo en el año 2021?

- Si
- No

27. Indique la distancia (km) aproximada recorría desde el punto de origen a la ETSE.

Sección 10: Viajes

En una hoja de cálculo de Excel, indique los viajes de trabajo que realizó en el año 2021 e indique: medio de transporte, compañía, origen y destinos.

* En caso de haber viajado en coche, añadir modelo y tipo de combustible utilizado.

* En caso de haber viajado en avión indicar empresa, clase de cabina, origen y destino (si el viaje contaba con escalas indicar el nombre de la ciudad de cada una de las escalas).

Cargar fichero

❖ Encuesta estudiantes

Cuestionario estudiantes ETSE

En el marco del desarrollo del proyecto “Medición de la huella de carbono organizacional en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ETSE) de la Universidad de Santiago de Compostela”, llevado a cabo por el grupo de investigación de ingeniería

y gestión de procesos y productos sostenibles, se requiere de su colaboración para estimar la Huella de Carbono (HC) aportada por los viajes desde los hogares al campus universitario de estudiantes, docentes y personal administrativo.

Confidencialidad

De conformidad con lo dispuesto en la normativa vigente en protección de datos, se aplicará en todo momento lo establecido en la directriz de tratamiento de datos personales del Sistema de Gestión de Seguridad de la Información de la universidad. Los datos personales obtenidos se utilizarán exclusivamente para la finalidad del proyecto de que se trate. Las respuestas serán siempre tratadas de forma confidencial y se utilizarán para el estudio de forma agregada sin que puedan asociarse en ningún momento con el encuestado.

1. Indique su ciudad de origen
2. ¿Se ha desplazado de su ciudad de origen a Santiago de Compostela para asistir a clases?
 - Si
 - No
3. ¿Qué tipo de transporte suele utilizar para viajar a la ciudad de Santiago de Compostela desde su ciudad de origen?
 - Tren
 - Avión
 - Autobús
 - Coche
 - Motocicleta
 - Otro
4. Indique el tipo de motor del vehículo
 - Combustión interna
 - Propulsión eléctrica
 - Híbrido
5. Indique el tipo de combustible que utiliza el vehículo
 - Gasolina
 - Gasoil
6. Indique las características de su vehículo
Ejemplo:
Marca: Ford
Modelo: Fiesta titanium
Año: 2016
Consumo en ciudad: 7.9L/100km
7. ¿Qué tipo de transporte utiliza para dirigirse a la ETSE?
 - Tren
 - Autobús
 - Taxi
 - Coche
 - Bicicleta

- Motocicleta
 - A pie (andando)
8. Indique el tipo de motor del vehículo
- Combustión interna
 - Propulsión eléctrica
 - Híbrido
9. Indique el tipo de combustible que utiliza el vehículo
- Gasolina
 - Gasoil
10. Indique las características de su vehículo
- Ejemplo:
Marca: Ford
Modelo: fiesta titanium
Año: 2016
Consumo en ciudad: 7.9L/100km
11. Indique la distancia (km) aproximada recorría desde el punto de origen a la ETSE.
12. ¿Cuántos días a la semana vienes a la ETSE?
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5
 - 6
 - 7
13. ¿Cuántas veces al día vienes a la ETSE?
- 1
 - 2
 - 3
 - 4
 - 5

¡Muchas gracias por responder la encuesta!
Estas colaborando y siendo parte de un gran cambio.

ANEXO F: Fuente de factores de emisión

En este anexo se detalla la información seleccionada para la búsqueda de factor de emisión como tablas utilizadas de documentos como factores de emisión desarrollado por MITECO, garantía de origen de comercializadoras eléctricas CNMC y datos de la calculadora ICAO. La información se detalla por alcance.

❖ ALCANCE 1:

A continuación, se muestran las tablas utilizadas para la selección de factor de emisión para el consumo de gas natural por calderas y el consumo de combustible fósil por vehículo de la organización provenientes del informe desarrollado por el MITECO.

	2015			2016			2017			2018			2019			2020			2021		
	CO ₂ (kg/ud)	CH ₄ (g/ud)	N ₂ O (g/ud)	CO ₂ (kg/ud)	CH ₄ (g/ud)	N ₂ O (g/ud)	CO ₂ (kg/ud)	CH ₄ (g/ud)	N ₂ O (g/ud)	CO ₂ (kg/ud)	CH ₄ (g/ud)	N ₂ O (g/ud)	CO ₂ (kg/ud)	CH ₄ (g/ud)	N ₂ O (g/ud)	CO ₂ (kg/ud)	CH ₄ (g/ud)	N ₂ O (g/ud)	CO ₂ (kg/ud)	CH ₄ (g/ud)	N ₂ O (g/ud)
Gasóleo C (l)	2.881	0,389	0,023	2.881	0,389	0,023	2.881	0,389	0,023	2.881	0,389	0,023	2.881	0,389	0,023	2.881	0,389	0,023	2.881	0,389	0,023
Gasóleo B (l)	2.721	0,123	0,007	2.721	0,123	0,007	2.721	0,123	0,007	2.721	0,123	0,007	2.721	0,123	0,007	2.721	0,123	0,007	2.721	0,123	0,007
Gas natural (kWh _{PCS}) [*]	0,182	0,016	0,000	0,182	0,016	0,000	0,183	0,016	0,000	0,183	0,016	0,000	0,181	0,016	0,000	0,182	0,016	0,000	0,182	0,016	0,000
Fuelóleo (l)	3.017	0,390	0,012	3.017	0,390	0,012	3.017	0,390	0,012	3.017	0,390	0,012	3.017	0,390	0,012	3.017	0,390	0,012	3.017	0,390	0,012
LPG (l)	1.541	0,122	0,002	1.541	0,122	0,002	1.541	0,122	0,002	1.541	0,122	0,002	1.541	0,122	0,002	1.541	0,122	0,002	1.541	0,122	0,002
Gas propano (kg)	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000
Gas butano (kg)	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000	2.966	0,000	0,000
Gas manufacturado (kg)	0,878	0,099	0,002	0,878	0,099	0,002	0,878	0,099	0,002	0,878	0,099	0,002	0,878	0,099	0,002	0,878	0,099	0,002	0,878	0,099	0,002
Biogás (kg)**	0,000	0,025	0,003	0,000	0,025	0,003	0,000	0,025	0,003	0,000	0,025	0,003	0,000	0,025	0,003	0,000	0,025	0,003	0,000	0,025	0,003
Biomasa madera (kg)**	0,000	4,332	0,058	0,000	4,332	0,058	0,000	4,332	0,058	0,000	4,332	0,058	0,000	4,332	0,058	0,000	4,332	0,058	0,000	4,332	0,058
Biomasa pellets (kg)**	0,000	5,424	0,072	0,000	5,424	0,072	0,000	5,424	0,072	0,000	5,424	0,072	0,000	5,424	0,072	0,000	5,424	0,072	0,000	5,424	0,072
Coque de petróleo (kg)	3,169	0,325	0,020	3,169	0,325	0,020	3,169	0,325	0,020	3,169	0,325	0,020	3,169	0,325	0,020	3,169	0,325	0,020	3,169	0,325	0,020
Coque de carbón (kg)	3,017	0,282	0,042	3,017	0,282	0,042	3,017	0,282	0,042	3,017	0,282	0,042	3,017	0,282	0,042	3,017	0,282	0,042	3,017	0,282	0,042
Hulla y antracita (kg)	3,117	0,303	0,046	3,117	0,303	0,046	3,117	0,303	0,046	3,117	0,303	0,046	3,117	0,303	0,046	3,117	0,303	0,046	3,117	0,303	0,046
Huías subliminosas (kg)	1,331	0,134	0,020	1,331	0,134	0,020	1,331	0,134	0,020	1,331	0,134	0,020	1,331	0,134	0,020	1,331	0,134	0,020	1,331	0,134	0,020

Figura 22. Factor de emisión de para calderas que consumen gas natural

Nombre	Fórmula química	PCA AR5
HFC-23	CH ₂ F ₃	12.400
HFC-32	CH ₂ F ₂	677
HFC-41	CH ₃ F	116
HFC-125	C ₂ H ₂ F ₅	3.170
HFC-134	C ₂ H ₂ F ₄	1.120
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1.300
HFC-143	C ₂ H ₃ F ₃	328
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃	4.800
HFC-152	CH ₂ FCH ₂ F	16
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	138
HFC-161	C ₂ H ₂ F	4
HFC-227ea	C ₃ H ₇ F	3.350
HFC-236cb	CH ₂ FCF ₂ CF ₃	1.210
HFC-236ea	CHF ₂ CHF ₂ CF ₃	1.330
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8.060
HFC-245ca	C ₃ H ₃ F ₅	716
HFC-245fa	C ₃ H ₃ F ₅	858
HFC-365mfc	C ₄ H ₅ F ₅	804
HFC-43-10mee	C ₅ H ₂ F ₁₀	1.650
R-404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	3.943
R-407A	R-32/125/134a (20/40/40)	1.923
R-407B	R-32/125/134a (10/70/20)	2.547
R-407C	R-32/125/134a (23/25/52)	1.624
R-407F	R-32/125/134a (30/30/40)	1.674
R-410A	R-32/125 (50/50)	1.924
R-410B	R-32/125 (45/55)	2.048
R-413A	R-218/134a/600a (9/68/3)	1.945
R-417A	R-125/134a/600 (46,6/50/3,4)	2.127
R-417B	R-125/134a/600 (79/18,25/2,75)	2.742
R-422A	R-125/134a/600a (85,1/11,5/3,4)	2.847
R-422D	R-125/134a/600a (65,1/31,5/3,4)	2.473
R-424A	R-125/134a/600a/600/601a (50,5/47/0,9/1/0)	2.212
R-426A	R-134a/125/600/601a (93/5,1/1,3/0,6)	1.371
R-427A	R-32/125/143a/134a (15/25/10/50)	2.024

Figura 23. Factor de emisión para fugas de gases refrigerantes.

		2015			2016			2017			2018			2019			2020			2021			
		CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	
Gasolina (I)	Turismos (M1)	2,263	0,271	0,034	2,253	0,264	0,031	2,237	0,254	0,028	2,213	0,251	0,028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Furgonetas y furgones (N1)	2,260	0,672	0,066	2,251	0,675	0,066	2,235	0,664	0,064	2,211	0,674	0,064	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,260	0,498	0,021	2,251	0,498	0,021	2,235	0,491	0,021	2,211	0,492	0,021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ciclomotores y motocicletas (L)	2,296	2,306	0,045	2,287	2,306	0,045	2,270	2,287	0,045	2,247	2,279	0,045	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5 (I)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,237	0,250	0,027	2,237	0,246	0,027	2,237	0,243	0,025	
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,235	0,657	0,062	2,235	0,657	0,062	2,235	0,591	0,054	
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,235	0,492	0,021	2,235	0,489	0,021	2,235	0,487	0,021	
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,270	2,251	0,045	2,270	2,233	0,045	2,270	2,165	0,045	
E10 (I)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,119	0,250	0,027	2,119	0,246	0,027	2,119	0,243	0,025	
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,117	0,657	0,062	2,117	0,657	0,062	2,117	0,591	0,054	
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,117	0,492	0,021	2,117	0,489	0,021	2,117	0,487	0,021	
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,153	2,251	0,045	2,153	2,233	0,045	2,153	2,165	0,045	

Figura 24. Factor de emisión para vehículo de grupo de investigación.

❖ **ALCANCE 2:**

A continuación, se indica el factor de emisión de mix eléctrico proveniente de la comercializadora eléctrica que proporciona a la energía a la ETSE. Este valor está registrado en el informe de “Etiquetado de electricidad restante de las empresas comercializadoras que hayan redimido garantías de origen en sus clientes, relativos a la energía producida en el año 2021”.

	R2-109	R2-403	R2-483	R2-267	R2-417	R2-140
ETIQUETADO RESTANTE COMERCIALIZADORAS	FACTOR ENERGÍA, S.A.	FENIE ENERGIA SA	FOENER ENERGÍA, S.L	FORTIA ENERGIA S.L	GALP ENERGÍA ESPAÑA, S.A.U.	GAS NATURAL COMERCIALIZADORA SA
Renovable	21,8%	100,0%	12,1%	5,4%	6,5%	7,4%
Cogen. Alta eficiencia	3,2%	0,0%	3,6%	3,9%	3,8%	3,9%
CC Gas Natural	26,3%	0,0%	29,6%	31,8%	31,5%	31,1%
Carbón	5,2%	0,0%	5,9%	6,3%	6,2%	6,2%
Fuel/Gas	1,5%	0,0%	1,7%	1,8%	1,8%	1,8%
Nuclear	31,6%	0,0%	35,5%	38,2%	37,8%	37,3%
Otras no renovables	10,4%	0,0%	11,6%	12,6%	12,4%	12,3%
Emissiones de CO2 eq. (g/kWh)	215 (g/kWh)	0 (g/kWh)	241 (g/kWh)	259 (g/kWh)	256 (g/kWh)	254 (g/kWh)
Residuos Radiactivos (µg/kWh)	799 (µg/kWh)	0 (µg/kWh)	897 (µg/kWh)	965 (µg/kWh)	954 (µg/kWh)	944 (µg/kWh)

Figura 25. Factor de mix eléctrico de comercializadora eléctrica contratada.

❖ **ALCANCE 3:**

A continuación, se indican los detalles de las fuentes y los valores de los factores de emisión utilizados en el consumo de combustible por desplazamientos de vehículos.

		2015			2016			2017			2018			2019			2020			2021			
		CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	CO ₂ (kg/veh)	CH ₄ (g/veh)	N ₂ O (g/veh)	
Gasolina (I)	Turismos (M1)	2,263	0,271	0,034	2,253	0,264	0,031	2,237	0,254	0,028	2,213	0,251	0,028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Furgonetas y furgones (N1)	2,260	0,672	0,066	2,251	0,675	0,066	2,235	0,664	0,064	2,211	0,674	0,064	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,260	0,498	0,021	2,251	0,498	0,021	2,235	0,491	0,021	2,211	0,492	0,021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ciclomotores y motocicletas (L)	2,296	2,306	0,045	2,287	2,306	0,045	2,270	2,287	0,045	2,247	2,279	0,045	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5 (I)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,237	0,250	0,027	2,237	0,246	0,027	2,237	0,243	0,025	
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,235	0,657	0,062	2,235	0,657	0,062	2,235	0,591	0,054	
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,235	0,492	0,021	2,235	0,489	0,021	2,235	0,487	0,021	
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,270	2,251	0,045	2,270	2,233	0,045	2,270	2,165	0,045	
E10 (I)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,119	0,250	0,027	2,119	0,246	0,027	2,119	0,243	0,025	
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,117	0,657	0,062	2,117	0,657	0,062	2,117	0,591	0,054	
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,117	0,492	0,021	2,117	0,489	0,021	2,117	0,487	0,021	
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,153	2,251	0,045	2,153	2,233	0,045	2,153	2,165	0,045	
E85 (I)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,359	0,250	0,027	0,359	0,246	0,027	0,359	0,243	0,025	
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,357	0,657	0,062	0,357	0,657	0,062	0,357	0,591	0,054	
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,357	0,492	0,021	0,357	0,489	0,021	0,357	0,487	0,021	
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,392	2,251	0,045	0,392	2,233	0,045	0,392	2,165	0,045	
E100 (I)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,007	0,250	0,027	0,007	0,246	0,027	0,007	0,243	0,025	
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005	0,657	0,062	0,005	0,657	0,062	0,005	0,591	0,054	
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005	0,492	0,021	0,005	0,489	0,021	0,005	0,487	0,021	
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,040	2,251	0,045	0,040	2,233	0,045	0,040	2,165	0,045	
Gasóleo (I)	Turismos (M1)	2,561	0,010	0,119	2,538	0,009	0,118	2,513	0,008	0,117	2,488	0,008	0,118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Furgonetas y furgones (N1)	2,559	0,010	0,075	2,536	0,010	0,074	2,511	0,010	0,075	2,486	0,009	0,073	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,555	0,099	0,081	2,533	0,092	0,087	2,508	0,083	0,094	2,482	0,077	0,103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Ciclomotores y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B7 (I)	Turismos (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,488	0,007	0,119	2,488	0,007	0,120	2,488	0,007	0,119	
	Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,486	0,009	0,074	2,486	0,009	0,074	2,486	0,009	0,076	
	Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,482	0,071	0,112	2,482	0,065	0,119	2,482	0,057	0,125	

Figura 26. Factor de emisión para coches que utilizan gasolina (E5) y gasoil (B7)

	2015			2016			2017			2018			2019			2020			2021			
	CO ₂ (kg/ut)	CH ₄ (kg/ut)	N ₂ O (kg/ut)	CO ₂ (kg/ut)	CH ₄ (kg/ut)	N ₂ O (kg/ut)	CO ₂ (kg/ut)	CH ₄ (kg/ut)	N ₂ O (kg/ut)	CO ₂ (kg/ut)	CH ₄ (kg/ut)	N ₂ O (kg/ut)	CO ₂ (kg/ut)	CH ₄ (kg/ut)	N ₂ O (kg/ut)	CO ₂ (kg/ut)	CH ₄ (kg/ut)	N ₂ O (kg/ut)	CO ₂ (kg/ut)	CH ₄ (kg/ut)	N ₂ O (kg/ut)	
Gasolina (l)																						
Turbinas (M1)	2,263	0,271	0,034	2,253	0,264	0,031	2,237	0,254	0,028	2,213	0,251	0,028	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Furgonetas y furgones (N1)	2,260	0,672	0,066	2,251	0,675	0,066	2,235	0,664	0,064	2,211	0,674	0,064	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,260	0,498	0,021	2,251	0,498	0,021	2,235	0,491	0,021	2,211	0,492	0,021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ciclomotres y motocicletas (L)	2,296	2,306	0,045	2,287	2,306	0,045	2,270	2,287	0,045	2,247	2,279	0,045	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E5 (l)																						
Turbinas (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,237	0,250	0,027	2,237	0,246	0,027	2,237	0,243	0,025	-
Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,235	0,657	0,062	2,235	0,657	0,062	2,235	0,591	0,054	-
Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,235	0,492	0,021	2,235	0,489	0,021	2,235	0,487	0,021	-
Ciclomotres y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,270	2,251	0,045	2,270	2,233	0,045	2,270	2,165	0,045	-
E10 (l)																						
Turbinas (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,119	0,250	0,027	2,119	0,246	0,027	2,119	0,243	0,025	-
Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,117	0,657	0,062	2,117	0,657	0,062	2,117	0,591	0,054	-
Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,117	0,492	0,021	2,117	0,489	0,021	2,117	0,487	0,021	-
Ciclomotres y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,153	2,251	0,045	2,153	2,233	0,045	2,153	2,165	0,045	-
E85 (l)																						
Turbinas (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,359	0,250	0,027	0,359	0,246	0,027	0,359	0,243	0,025	-
Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,357	0,657	0,062	0,357	0,657	0,062	0,357	0,591	0,054	-
Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,357	0,492	0,021	0,357	0,489	0,021	0,357	0,487	0,021	-
Ciclomotres y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,392	2,251	0,045	0,392	2,233	0,045	0,392	2,165	0,045	-
E100 (l)																						
Turbinas (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,007	0,250	0,027	0,007	0,246	0,027	0,007	0,243	0,025	-
Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005	0,657	0,062	0,005	0,657	0,062	0,005	0,591	0,054	-
Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,005	0,492	0,021	0,005	0,489	0,021	0,005	0,487	0,021	-
Ciclomotres y motocicletas (L)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,040	2,251	0,045	0,040	2,233	0,045	0,040	2,165	0,045	-
Gasóleo (l)																						
Turbinas (M1)	2,561	0,010	0,119	2,538	0,009	0,118	2,513	0,008	0,117	2,488	0,008	0,118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Furgonetas y furgones (N1)	2,559	0,010	0,075	2,536	0,010	0,074	2,511	0,010	0,075	2,486	0,009	0,073	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	2,555	0,099	0,081	2,533	0,092	0,087	2,508	0,083	0,094	2,482	0,077	0,103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B7 (l)																						
Turbinas (M1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,488	0,007	0,119	2,488	0,007	0,120	2,488	0,007	0,119	-
Furgonetas y furgones (N1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,486	0,009	0,074	2,486	0,009	0,074	2,486	0,009	0,073	-
Camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,482	0,071	0,112	2,482	0,065	0,119	2,482	0,057	0,125	-

Figura 27. Factor de emisión de consumo de gasoil en autobuses urbanos y autocares.

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	2020(**)	2019	2018	2017	2016
Tn. de CO ₂ debidos a electricidad (emisiones indirectas) (en miles)	0(*)	0(*)	522,72	607,90	500,16
Tn CO ₂ debidos a diésel (emisiones directas) (en miles)	111,41	185,57	193,53	194,31	186,95
Total Tn. de CO ₂ (en miles)	111,41	185,57	716,25	802,21	687,11
gr CO ₂ /UT (Intensidad de Carbono)	6,86	5,54	21,55	24,55	21,57
Reducción sobre base 100 en 1990	85,5%	88,3%	45,6%	47,3%	53,7%

Figura 28. Factor de emisión de tren en informe de Renfe.

Departure

Destination

Add Destination +
Delete All Locations -

Passenger
Cargo

Number of Passengers
 Cabin Class Economy
Premium
 Trip Round Trip
One Way

Calculate

Figura 29. Calculadora factor de emisión para desplazamiento en avión.

ANEXO G: Extrapolación de datos movilidad

En el siguiente anexo se encuentran los datos recopilados de la encuesta dirigida a trabajadores y estudiantes (Anexo E) junto a su extrapolación de datos para obtener los datos finales utilizados en el cálculo de la HC de la ETSE. A continuación, se entregan los datos recopilados de las respuestas de los trabajadores, y su extrapolación de datos respectiva sobre la movilidad diaria y viajes de trabajo.

❖ Movilidad diaria de PDI y PAS

De acuerdo con las respuestas obtenidas en la encuesta, se observa una baja participación que no resulta representativa, dado que solo el 16% de las personas encuestadas respondieron. No obstante, se realizó un cálculo utilizando una extrapolación de datos. En la encuesta se obtuvieron 17 respuestas de un total esperado de 79, desglosadas en 30 personas del personal docente, 30 investigadores y 9 personas del personal de administración y servicios. De las 17 respuestas, solamente 3 personas indicaron que se desplazan caminando, por lo tanto, no generan emisiones de GEI, mientras que el resto utiliza coche y tren para sus desplazamientos.

TRANSPORTE		COCHE										
NOMBRE	MODELO	RENDIMIENTO L/100km	COMBUSTIBLE	DITANCIA DIARIA (KM)	TRAYECTOS	DISTANCIA ANUAL (KM)	COMBUSTIBLE CONSUMIDO (L)	Factor de emisión (kg CO2/ud)	Factor de emisión (g CH4/ud)	Factor de emisión (g N2O/ud)	KgCO2 eq	
	Citroen CACTUS C4	4,7	Gasol	4,5	2	1880	33,06	2,488	0,007	0,119	234	
	Renault Clio III 2008	5,9	Gasol	12,5	4	10000	649	2,488	0,007	0,119	1635	
	vw polo tdi	5,7	Gasol	12	2	5280	300,96	2,488	0,007	0,119	758	
	AUDI A3 Sedán	5,9	Gasolina (compensación de todo el CO2 consumido mediante programa de Repsol)	45	2	18000	1168,2	2,237	0,243	0,025	2629	
	SAAB 13 T1D	5,9	Gasol	14	4	12320	726,88	2,488	0,007	0,119	1832	
	Peugeot 307 CC HDi	6	Gasol	15	4	13200	792	2,488	0,007	0,119	1996	
	Peugeot 308 SW	4,6	Gasolina	6	2	2640	121,44	2,237	0,243	0,025	273	
	Volsvagen golf	7,3	Gasol	8	2	3520	256,96	2,488	0,007	0,119	647	
	Renault sceneic III	4,7	Gasol	10	4	8900	413,6	2,488	0,007	0,119	1042	
	Renault CLIO	5,6	Gasol	4,5	4	3960	221,76	2,488	0,007	0,119	559	
	Ford focus	6	Gasol	30	2	13200	792	2,488	0,007	0,119	1996	
	Peugeot 308	6,6	Gasol	14	2	6160	406,56	2,488	0,007	0,119	1024	
		5,9	Gasol	8	4	7040	415,36	2,488	0,007	0,119	1047	
	Seat MI	4	Gasolina	10	2	4400	176	2,237	0,243	0,025	396	
PROMEDIO		5,85	GASOL			7860	459	2,488	0,007	0,119	1158	
PROMEDIO		4,83	GASOLINA			8947	432	2,237	0,243	0,025	973	

Figura 30. Movilidad diaria en coche para dirigirse a la ETSE.

TRANSPORTE		TREN+COCHE										
TREN						FACTOR DE EMISIÓN						
NOMBRE	Nº PASAJEROS	TRAYECTOS AL DÍA	DISTANCIA DIARIA (C/ TRAYECTO) (KM)	DISTANCIA ANUAL (KM)	kg CO2eq/pasajero.km	kg CO2eq						
	1	2	25	11000	0,00886	75						
								75 kg CO2eq				
								0 t CO2 eq				
COCHE												
NOMBRE	MODELO	RENDIMIENTO L/100KM	COMBUSTIBLE	DITANCIA DIARIA (KM)	DISTANCIA ANUAL (KM)	COMBUSTIBLE CONSUMIDO (L)	Factor de emisión (kg)	Factor de emisión (g CH4/ud)	Factor de emisión (g N2/ud)	KgCO2 eq		
	Seat Ml	4	Gasolina	10	4400	176	2,237	0,243	0,025	396		
										396 kg CO2 eq		
										0 t CO2 eq		

Figura 31. Movilidad diaria en tren y coche para dirigirse a la ETSE.

Para el cálculo aproximado, se determinaron porcentajes representativos para cada caso y se multiplicaron por el valor total de personas (79). Siguiendo esta metodología, se estimó que 14 personas se desplazarían caminando, mientras que 65 personas utilizarían coche para llegar a la ETSE, lo que representa el 18% y el 82% respectivamente. Dentro de los coches, se considera que el 21% utiliza gasolina y el 79% gasoil. Además, se registró que el 7% de las personas combina el uso de coche y tren para sus desplazamientos. Por lo tanto, se toman en cuenta los factores de emisión correspondientes a ambos combustibles, y para el caso del tren.

MOVILIDAD ETSE											
CUESTIONARIO											
RESPUESTAS				17							
MOVILIDAD ETSE											
CAMINAN	3	18%		gasolina		3	21%	FACTOR DE EMISION	2,237	0,243	0,025
COCHE	14	82%		gasoil		11	79%	FACTOR DE EMISION	2,488	0,007	0,119
--> (+)TREN	1	7%									
VALORES PROMEDIOS											
RENDIMIENTO COCHE GASOLINA	4,83	L/100 km									
RENDIMIENTO COCHE GASOIL	5,85	L/100 km									
DISTANCIA ANUAL RECORRIDA GASOLINA	8.947	km									
DISTANCIA ANUAL RECORRIDA GASOIL	7.860	km									
CONSUMO DE COMBUSTIBLE GASOLINA	432	L									
CONSUMO DE COMBUSTIBLE GASOIL	459	L									
CO2eq GASOLINA	973	kg	1.378								
	0,97	t	2.920								
CO2eq GASOIL	1.158	kg	5.054								
	1,16	t	12.735	15.655							
CO2 eq TREN	75	kg									
	0,08	t									
VALORES CALCULADOS PERSONAL TOTAL											
CO2eq GASOLINA		2.920 kg									
CO2eq GASOIL		12.735 kg									
		12,7 t									
CO2 eq TREN		75 kg									
		0,08 t									
TOTAL CO2eq		15.731 kg									
		16 t									

Figura 32. Resumen datos movilidad diaria PDI y PAS a la ETSE.

VALORES EXTRAPOLADOS CALCULADOS PARA EL TOTAL DEL PERSONAL			
PERSONAL	79		
MOVILIDAD ETSE			
CAMINAN	14	18%	
COCHE	65	82%	
--> (+)TREN	5	7%	
	gasolina	14	21%
	gasoil	51	79%
			kg CO2eq/L g CH4/L g N2/L
	FACTOR DE EMISION		2,237 0,243 0,025 2,250429
	FACTOR DE EMISION		2,488 0,007 0,119 2,519731
VALORES PROMEDIO POR COCHE		VALORES CALCULADOS PERSONAL TOTAL	
CO2eq GASOLINA	973 kg	CO2eq GASOLINA	13.572 kg
	0,97 t		14 t
CO2eq GASOIL	1.158 kg	CO2eq GASOIL	59.179 kg
	1,16 t		59 t
CO2 eq TREN	264 kg	CO2 eq TREN	1.227 kg
	0,26 t		1,2 t
		TOTAL CO2eq	73.977 kg
			74 t

Figura 33. Extrapolación de datos movilidad diaria PDI y PAS a la ETSE.

❖ Viajes de trabajo

En relación con los viajes oficiales de funcionarios, docentes e investigadores, se aplicó la misma metodología que el caso anterior para desarrollar el cálculo, vale decir, fue necesario recopilar los datos mediante una encuesta en la que se consultó detalles del transporte utilizado. De los datos registrados, se obtuvo que los viajes se realizaron a través de dos medios de transporte: coche y avión. De la encuesta se obtuvo que el 24% de las personas viajan, donde el 100% utilizó coche para viajar y solo el 25% realizó además viajes en avión. De los que utilizaron coche el 50% utilizó coche a gasoil y el otro 50% coche a gasolina. Para los viajes en coche se realizó el cálculo en Excel y se utilizó como dato de actividad la cantidad (L) de combustible para ser multiplicado por su factor de emisión. Mientras que para el caso del cálculo de emisiones generadas por el transporte aéreo se utilizó la calculadora de emisiones por vuelo mencionada anteriormente. Las emisiones reportadas por la herramienta están en la cantidad de CO₂ emitido. Las emisiones de CH₄ y N₂O no fueron reportadas, debido a que su estimación tiene alta incertidumbre y solo contribuyen al 1% de las emisiones totales de GEI generadas por la aviación comercial.

VIAJES TRABAJO			
CUESTIONARIO			
RESUESTAS	17		
VIAJES TRABAJO			
VIAJAN	4	24%	
COCHE	4	100%	
--> (+)AVIÓN	1	25%	
	gasolina	2	50%
	gasoil	2	50%
			kg CO2eq/L g CH4/L g N2/L
	FACTOR DE EMISION		2,237 0,243 0,025
	FACTOR DE EMISION		2,488 0,007 0,119
VALORES PROMEDIOS		VALORES CALCULADOS PERSONAL TOTAL	
RENDIMIENTO COCHE GASOLINA	5,25 L/100km	CO2eq GASOLINA	247 kg
RENDIMIENTO COCHE GASOIL	5,35 L/100km		0,25 t
DISTANCIA ANUAL RECORRIDA COCHE GASO	2.100 km	CO2eq GASOIL	102 kg
DISTANCIA ANUAL RECORRIDA COCHE GASO	758 km		0,10 t
CONSUMO DE COMBUSTIBLE GASOLINA	110 L	CO2 eq TREN	173 kg
CONSUMO DE COMBUSTIBLE GASOIL	40 L		0,17 t
CO2eq GASOLINA	247 kg	TOTAL CO2eq	522 kg
	0,25 t		0,52 t
CO2eq GASOIL	102 kg		
	0,10 t		
CO2 eq AVIÓN	173 kg		
	0,17 t		

Figura 34. Resumen de datos recopilados en encuesta de viajes de trabajo.

VALORES APROXIMADOS CALCULADOS PARA EL TOTAL DEL PERSONAL									
PERSONAL		79							
VIAJES TRABAJO									
VIAJAN	19	24%	gasolina	9	50%	FACTOR DE EMISION	kg CO ₂ g CH ₄ g N ₂ O/L		
COCHE	19	100%					2,237	0,24	0,025
→ (+)AVIÓN	5	25%	gasoil	9	50%	FACTOR DE EMISION	2,488	0,01	0,119
VALORES PROMEDIOS					VALORES CALCULADOS PERSONAL TOTAL				
CO ₂ eq GASOLINA	247	kg	CO ₂ eq GASOLINA	2,343	kg				
	0,25	t		2,34	t				
CO ₂ eq GASOIL	102	kg	CO ₂ eq GASOIL	965	kg				
	0,10	t		0,97	t				
CO ₂ eq AVIÓN	173	kg	CO ₂ eq TREN	822	kg				
	0,17	t		0,82	t				
				TOTAL CO₂eq	4.131	kg			
					4	t			

Figura 35. Extrapolación de datos de viajes de trabajo.

TRANPORTE											COCHE
NOMBRE	MODELO	RENDIMIENTO L/100KM	COMBUSTIBLE	DISTANCIA TOTAL ANUAL (KM)	COMBUSTIBLE CONSUMIDO (L)	Factor de emisión (kg CO ₂ /L)	Factor de emisión (g CH ₄ /L)	Factor de emisión (g N ₂ O/L)	Kg CO ₂ eq	t CO ₂ eq	
ENRIQUE	Citroen CACTUS C4	4,7	GASOIL	488	22,936	2,488	0,007	0,119	58	0,06	
JOSE	Peugeot 307 CC HDi	6	GASOIL	1023	61,38	2,488	0,007	0,119	155	0,15	
MARIA	Peugeot 308 SW	4,6	GASOLINA	2000	92	2,237	0,243	0,025	207	0,21	
HECTOR	Ford Focus	5,9	GASOLINA	2200	129,8	2,237	0,243	0,025	292	0,29	
PROMEDIO		5,35	GASOIL	755,5	40,41925	2,488	0,007	0,119	102	0,10	0,20
PROMEDIO		5,25	GASOLINA	2100	110,25	2,237	0,243	0,025	248	0,25	0,50
									712	0,71	0,70

Figura 36. Datos de viaje de trabajo recopilados por encuesta.

❖ Movilidad diaria estudiantes

Según los datos de la encuesta, la participación en la encuesta fue baja, solo el 7% del total de estudiantes respondió la encuesta, en otras palabras, solo 54 personas contestaron de un total de 826 respuestas esperadas. De las respuestas se obtuvo que 7 personas se desplazan en coche, 2 en autobús y 44 a pie, lo cual equivale a 13%, 4% y 83% respectivamente. De las personas que se desplazan en coche, el 57% utiliza gasoil y 43% gasolina. Por tanto, para realizar el cálculo de la HC real, fue necesario sobreestimar los datos, para esto se calcularon valores promedios de los rendimientos, y distancias anuales recorridas para los coches a gasoil y a gasolina según las respuestas recopiladas, para posteriormente realizar el cálculo del volumen de combustible consumido por cada tipo de vehículo, y de esta forma poder realizar su cálculo total multiplicando por la

cantidad de coches utilizados. Los datos considerados de distancia recorrida anual promedio por persona y rendimiento del vehículo para coches a gasoil es de 42.570 km y 6,1 L/100 km respectivamente y para los coches a gasolina es de 22.440 km y 7,2 L/100 km.

Para realizar el cálculo de la HC de las personas que se desplazan en autobús, también se calculó un valor promedio de la distancia recorrida y trayectos con la finalidad de obtener un valor promedio asociado a un pasajero, para posteriormente obtener el valor de la HC multiplicando por la cantidad de personas que utilizan autobús mediante sobreestimación de datos. Como bien se menciona anteriormente se estima para el año 2021 que el total de estudiantes debería ser de 826 personas. Por tanto, los resultados deben sobreestimarse a la cantidad total rigiéndose de los porcentajes obtenidos de las encuestas y mencionados anteriormente. A partir de la realización de este cálculo se obtiene que 109 personas utilizan coche, 31 personas utilizan en autobús y 686 personas se dirigen a la ETSE a pie. Además, de las personas 109 personas que utilizan coche, 62 personas utilizan gasoil y 47 personas gasolina. Cabe destacar que el cálculo de la HC se tuvo en consideración el número de trayecto realizado, en general suele ser 2 trayectos (ida y vuelta), pero en algunos casos se realizaban 4 trayectos debido a que se regresaban a sus casas a la hora de la comida.

movilidad	nº personas	%	km recorridos prome rendimiento				FACTOR EMISION			kg CO2eq/DÍA			total vehiculos		
			gasoil	gasolina	L consumidos	L total	CO2	CH4	N2O	CO2	CH4	N2O		kg CO2/año	
gasoil	4	57%	42.570	6,075	2.586	10.345	2,488	0,007	0,12	6,434	0	0	6,434	6	26 t CO2eq
gasolina	3	43%	22.440	7,23	1,623	4,869	2,237	0,243	0,03	3,631	0	0	3,631	4	11 t CO2eq
a pie	44	83%													37 t CO2eq

km recorri	pasajeros	factor emisión	kg CO2	trayectos	kg CO2	t CO2/diario	t CO2/anual (220 días)
6	1	0,0458	0,275	2	0,550	0,001	0,121
3	1	0,0458	0,137	2	0,275	0,000	0,060
PROMEDIO	4,5	1	0,0458	0,206	2	0,412	0,000 0,1815
TOTAL CON PROMEDIO	4,5	2	0,0458	0,412	2	0,825	0,001 0% ERROR

autobu	urbano mercedes benz citaro euro IV
rendimie	43,7 L/100km
capacid	24 asientos

factor de emisión (documento miteco para autobuses)			
kg CO2	g CH4	g N2O	FE CO2eq/L
2,482	0,057	0,125	2,516721

FE (kg CO2eq/km*pasajero)	
FE	1,039807077 kg Co2eq/km*autobus
FE	0,045825295 kg CO2eq/km*pasajero

Figura 37. Movilidad diaria de estudiantes a ETSE.

Para desplazamientos en tren se realiza un promedio entre los valores de distancias recorridas a fin de asociar un valor a cada pasajero en los cálculos posteriores de sobreestimación. Para el cálculo de las distancias se realizó una búsqueda en internet y se tomaron valores promedio desde la ciudad de origen indicada en la encuesta hasta la ciudad de Santiago de Compostela. Debido a que las personas que viven en Galicia realizan con mayor frecuencia viajes, se aumenta la cantidad de trayectos a 36 anuales, ya que se consideran que viajan como máximo 2 veces por mes (4 trayectos) en un periodo de 9 meses. Según los datos entregados y calculados, se consideró como valor promedio de distancia anual recorrida por persona igual a 59,2 km.

Para desplazamientos realizados en autobuses también se calcula un promedio entre las distancias anuales recorridas, la cual se calculó considerando 4 trayectos realizados en el año. Las distancias se calcularon, al igual que el caso anterior, mediante una búsqueda en internet con el apoyo de páginas de ventas de boletos de autobuses para determinar los recorridos y utilizar un valor promedio. Para el cálculo de la huella de carbono se consideró un valor promedio de distancia anual recorrida por personas igual a 2,5 km.

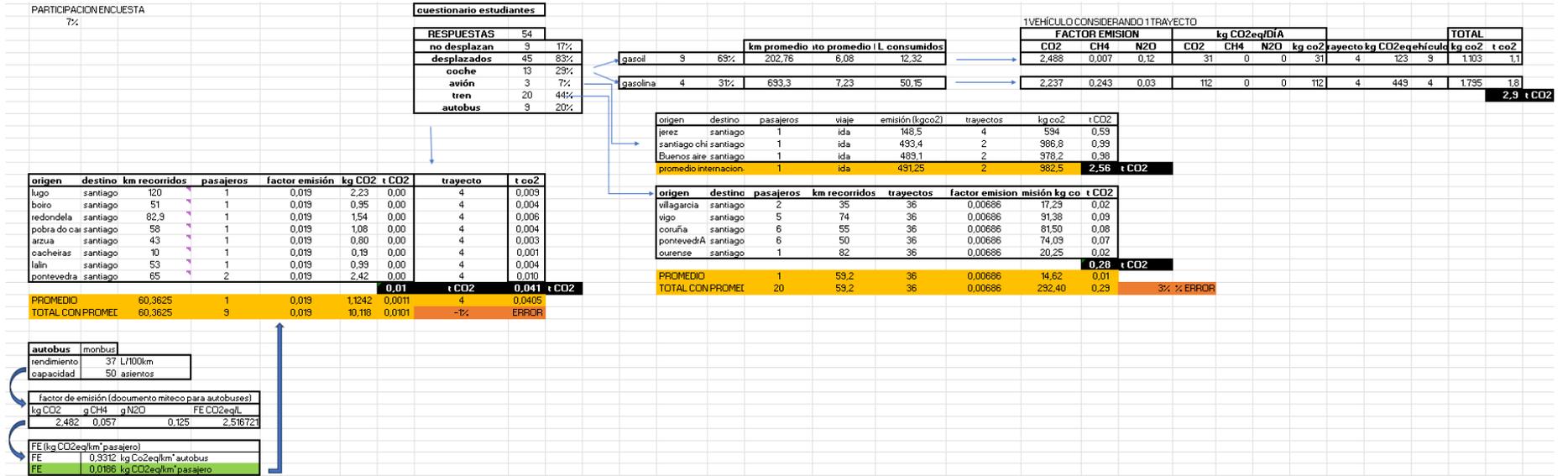


Figura 39. Datos encuesta mudanza de ciudad de origen estudiantes.

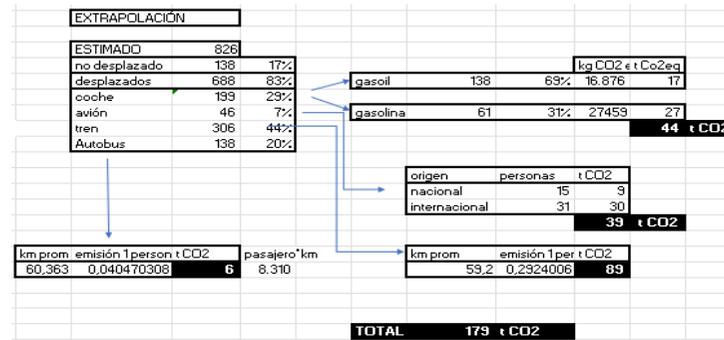


Figura 40. Extrapolación de datos de mudanza de estudiantes.

ANEXO H: Inventario de instalaciones y equipos de consumo eléctrico

Se realiza un inventario de instalaciones y equipos de consumo eléctrico con el fin de estimar el consumo eléctrico total de la ETSE, de esta forma se puede identificar las principales fuentes de emisión asociadas a la utilización de ciertas instalaciones y equipos.

Se realizó el inventario por zona y por instalación/equipo. Fue necesario averiguar sobre la potencia de cada uno de los equipos instalados junto al tiempo promedio de uso. Para realizar el cálculo anual se consideró el calendario anual de la ETSE en el cual se indican los periodos lectivos y no lectivos, juntos a semanas de exámenes. Además, se indican los días de Festejos. Por lo tanto, a partir de esta información se designó un periodo de uso de ciertos equipos de cada una de las zonas, determinándose un calendario para el tipo de actividad realizada. En la Tabla 37 se determina la cantidad de días de actividad en la ETSE en cada uno de los espacios.

Tabla 37. Calendario de actividades en la ETSE en el año 2021.

MES	TOTAL DIAS	DÍA ACTIVOS	DIAS NO ACTIVOS	AULAS	DESPACHOS	LABORATORIOS	BIBLIOTECA
ENERO	31	21	10	5	18	21	15
FEBRERO	28	23	5	15	19	22	19
MARZO	31	26	5	19	19	26	26
ABRIL	30	22	8	19	19	22	19
MAYO	31	25	6	18	18	25	18
JUNIO	30	26	4	0	22	26	22
JULIO	31	25	6	0	21	25	21
AGOSTO	31	15	16	0	15	15	0
SEPTIEMBRE	30	26	4	18	21	26	18
OCTUBRE	31	25	6	19	19	25	19
NOVIEMBRE	30	21	9	17	17	21	17
DECIEMBRE	31	26	5	14	20	26	14
AÑO 2021				144	228	280	208

En primer lugar, se realizó un inventario de los tipos de equipos de consumo eléctrico instalados en las diferentes zonas de la ETSE. Posteriormente se realizó el cálculo en Excel del consumo eléctrico anual de los equipos instalado en las diferentes zonas. En la Tabla 38, se indican las zonas de la ETSE evaluadas y los tipos de equipos instalados, y en las figuras que se muestran a continuación se especifica el modelo, la potencia y el tiempo de uso de cada uno de los equipos instalados.

Tabla 38. Zonas de la ETSE y equipos considerados en estimación de consumo eléctrico.

Zonas ETSE	Equipos
Aulas teoría	Bombillas
Aulas computación	Ordenadores
Aulas trabajo	Monitores
Salón de actos	Proyectores
Biblioteca	Impresoras
Aseos	Escáner
Áreas estudio y pasillos	Televisores
Laboratorios docencia	Canaletas
Laboratorios investigación	Ascensor
Despachos	Portátiles
Conserjería	Refrigeración
Planta piloto	Extractores
Sala juntas	Cámara conservación
Aula proyectos	Laboratorio

A continuación se detalla el consumo de energía eléctrica debido a la iluminación de la ETSE. Para realizar el cálculo se recopilan datos de los puntos de luz, cantidad de tubos/bombillas, potencia de los tubos/bombillas y el tiempo de uso diario aproximado para realizar el cálculo de

consumo eléctrico (kWh) diario para posteriormente realizar el cálculo de consumo anual considerando la cantidad de días determinando en el calendario para cada caso respectivo.

AULAS DE TEORÍA

AULA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Días												kWh anual	
							Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
A1	18	4	18	72	9	11,664	58,32	174,96	221,616	155,1312	146,9664	0	0	0	146,9664	155,1312	198,288	163,296	1420,6752	
	4	1	58	4	4	0,928	4,64	13,92	17,632	12,3424	11,6928	0	0	0	10,0224	12,3424	15,776	12,992	111,36	
A2	23	4	18	92	9	14,904	74,52	223,56	283,176	198,2232	187,7904	0	0	0	160,9632	198,2232	253,368	208,656	1788,48	
	4	1	58	4	4	0,928	4,64	13,92	17,632	12,3424	11,6928	0	0	0	10,0224	12,3424	15,776	12,992	111,36	
A3	18	4	18	72	6	7,776	38,88	116,64	147,744	103,4208	97,9776	0	0	0	83,9808	103,4208	132,192	108,864	933,12	
	4	1	58	4	3	0,696	3,48	10,44	13,224	9,2568	8,7696	0	0	0	7,5168	9,2568	11,832	9,744	83,52	
A4	20	4	18	80	6	8,64	43,2	129,6	164,16	114,912	108,864	0	0	0	93,312	114,912	146,88	120,96	1036,8	
	4	1	58	4	3	0,696	3,48	10,44	13,224	9,2568	8,7696	0	0	0	7,5168	9,2568	11,832	9,744	83,52	
A5	8	4	18	32	7	4,032	20,16	60,48	76,608	53,6256	50,8032	0	0	0	43,5456	53,6256	68,544	56,448	483,84	
	2	1	58	2	3	0,348	1,74	5,22	6,612	4,6284	4,3848	0	0	0	3,7584	4,6284	5,916	4,872	41,76	
A6	8	4	18	32	6	3,456	17,28	51,84	65,664	45,9648	43,5456	0	0	0	37,3248	45,9648	58,752	48,384	414,72	
	4	1	58	4	3	0,696	3,48	10,44	13,224	9,2568	8,7696	0	0	0	7,5168	9,2568	11,832	9,744	83,52	
A7	8	4	18	32	8	4,608	23,04	69,12	87,552	61,2864	58,0608	0	0	0	49,7664	61,2864	78,336	64,512	552,96	
	4	1	58	4	4	0,928	4,64	13,92	17,632	12,3424	11,6928	0	0	0	10,0224	12,3424	15,776	12,992	111,36	
A8	8	4	18	32	7	4,032	20,16	60,48	76,608	53,6256	50,8032	0	0	0	43,5456	53,6256	68,544	56,448	483,84	
	2	1	58	2	3	0,348	1,74	5,22	6,612	4,6284	4,3848	0	0	0	3,7584	4,6284	5,916	4,872	41,76	
						472	64,68	323,4	970,2	1228,92	860,244	814,968	0	0	0	719,5392	860,244	1099,56	905,52	7782,5952

AULA DE COMPUTACIÓN

AULA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Días												kWh anual	
							Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
AI 1	14	4	18	56	4	4,032	20,16	60,48	76,608	53,6256	50,8032	0	0	0	50,8032	53,6256	68,544	56,448	491,0976	
AI 2	16	4	18	64	4	4,608	23,04	69,12	87,552	61,2864	58,0608	0	0	0	49,7664	61,2864	78,336	64,512	552,96	
AI 3	6	4	18	24	4	1,728	8,64	25,92	32,832	22,9824	21,7728	0	0	0	18,6624	22,9824	29,376	24,192	207,36	
AI 4	6	4	18	24	4	1,728	8,64	25,92	32,832	22,9824	21,7728	0	0	0	18,6624	22,9824	29,376	24,192	207,36	
Entrada I3-14	3	4	18	12	4	0,864	4,32	12,96	16,416	11,4912	10,8864	0	0	0	9,3312	11,4912	14,688	12,096	103,68	
						180	12,96	64,8	194,4	246,24	172,368	163,296	0	0	0	147,2256	172,368	220,32	181,44	1562,4576

AULAS DE TRABAJO

AULA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Días												kWh anual	
							Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
AI T1	4	4	18	16	5	1,44	25,92	27,36	27,36	19,152	18,144	22,176	21,168	2,16	21,168	19,152	24,48	28,8	257,04	
AT 3	6	1	58	6	5	1,74	31,32	33,06	33,06	23,142	21,924	26,796	25,578	2,61	25,578	23,142	29,58	34,8	310,59	
						22	3,18	57,24	60,42	60,42	42,294	40,068	48,972	46,746	4,77	46,746	42,294	54,06	63,6	567,63

Figura 41. Consumo eléctrico mensual y anual por bombillas en aulas de la ETSE.

SALÓN DE ACTOS

	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual
SALÓN	45	1	70	45	4	12,6	75,6	151,2	100,8	80,64	75,6	70,56	105,84	0	105,84	70,56	100,8	100,8	1038,24
				45		12,6	75,6	151,2	100,8	80,64	75,6	70,56	105,84	0	105,84	70,56	100,8	100,8	1038,24

BIBLIOTECA

ÁREA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual
Entrada	12	3	18	36	12	7,776	116,64	147,744	202,176	103,4208	97,9776	119,7504	114,3072	0	97,9776	103,4208	132,192	108,864	1344,4704
Oficinas	4	3	18	12	8	1,728	25,92	32,832	44,928	22,9824	21,7728	26,6112	25,4016	0	21,7728	22,9824	29,376	24,192	298,7712
Mesas	36	1	58	36	5	10,44	156,6	198,36	271,44	138,852	131,544	160,776	153,468	0	131,544	138,852	177,48	146,16	1805,076
Centro	16	1	27	16	12	5,184	77,76	98,496	134,784	68,9472	65,3184	79,8336	76,2048	0	65,3184	68,9472	88,128	72,576	896,3136
Orillas	34	1	58	34	6	11,832	177,48	224,808	307,632	157,3656	149,0832	182,2128	173,9304	0	149,0832	157,3656	201,144	165,648	2045,7528
				134		36,96	554,4	702,24	960,96	491,568	465,696	569,184	543,312	0	465,696	491,568	628,32	517,44	6390,384

ASEOS

ÁREA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual
ED-1	22	1	36	22	8	6,336	114,048	120,384	120,384	120,384	114,048	139,392	133,056	9,504	133,056	120,384	107,712	126,72	1359,072
	4	1	18	4	8	0,576	10,368	10,944	10,944	10,944	10,368	12,672	12,096	0,864	12,096	10,944	9,792	11,52	123,552
ED-3	22	1	36	22	8	6,336	114,048	120,384	120,384	120,384	114,048	139,392	133,056	9,504	133,056	120,384	107,712	126,72	1359,072
	4	1	18	4	8	0,576	10,368	10,944	10,944	10,944	10,368	12,672	12,096	0,864	12,096	10,944	9,792	11,52	123,552
Biblioteca	8	1	36	8	8	2,304	41,472	43,776	43,776	43,776	41,472	50,688	48,384	3,456	48,384	43,776	39,168	46,08	494,208
	4	1	18	4	8	0,576	10,368	10,944	10,944	10,944	10,368	12,672	12,096	0,864	12,096	10,944	9,792	11,52	123,552
EQ-1	4	1	36	4	8	1,152	20,736	21,888	21,888	21,888	20,736	25,344	24,192	1,728	24,192	21,888	19,584	23,04	247,104
	6	1	18	6	8	0,864	15,552	16,416	16,416	16,416	15,552	19,008	18,144	1,296	18,144	16,416	14,688	17,28	185,328
EQ 0	4	1	36	4	8	1,152	20,736	21,888	21,888	21,888	20,736	25,344	24,192	1,728	24,192	21,888	19,584	23,04	247,104
	2	1	18	2	8	0,288	5,184	5,472	5,472	5,472	5,184	6,336	6,048	0,432	6,048	5,472	4,896	5,76	61,776
EQ 1	15	1	36	15	8	4,32	77,76	82,08	82,08	82,08	77,76	95,04	90,72	6,48	90,72	82,08	73,44	86,4	926,64
	1	1	18	1	8	0,144	2,592	2,736	2,736	2,736	2,592	3,168	3,024	0,216	3,024	2,736	2,448	2,88	30,888
EQ 2	15	1	36	15	8	4,32	77,76	82,08	82,08	82,08	77,76	95,04	90,72	6,48	90,72	82,08	73,44	86,4	926,64
	1	1	18	1	8	0,144	2,592	2,736	2,736	2,736	2,592	3,168	3,024	0,216	3,024	2,736	2,448	2,88	30,888
EQ 3	3	1	36	3	8	0,864	15,552	16,416	16,416	16,416	15,552	19,008	18,144	1,296	18,144	16,416	14,688	17,28	185,328
	2	1	18	2	8	0,288	5,184	5,472	5,472	5,472	5,184	6,336	6,048	0,432	6,048	5,472	4,896	5,76	61,776
				117		30,24	544,32	574,56	574,56	574,56	544,32	665,28	635,04	45,36	635,04	574,56	514,08	604,8	6486,48

ÁREAS DE ESTUDIO Y PASILLOS

ÁREA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual
ED 0	17	3	18	51	14	12,852	231,336	244,188	244,188	170,9316	161,9352	197,9208	188,9244	19,278	188,9244	170,9316	218,484	257,04	2294,082
ED-1	10	3	18	30	14	7,56	136,08	143,64	143,64	100,548	95,256	116,424	111,132	11,34	111,132	100,548	128,52	151,2	1349,46
ED-2	26	3	18	78	14	19,656	353,808	373,464	373,464	261,4248	247,6656	302,7024	288,9432	29,484	288,9432	261,4248	334,152	393,12	3508,596
ED-3	11	3	18	33	14	8,316	149,688	158,004	158,004	110,6028	104,7816	128,0664	122,2452	12,474	122,2452	110,6028	141,372	166,32	1484,406
ED-4	24	2	58	48	14	38,976	701,568	740,544	740,544	518,3808	491,0976	600,2304	572,9472	58,464	572,9472	518,3808	662,592	779,52	6957,216
EQ-1	24	1	58	22	14	17,864	321,552	339,416	339,416	339,416	225,0864	275,1056	262,6008	26,796	262,6008	237,5912	303,688	357,28	3290,5488
	16	3	18	48	14	12,096	217,728	229,824	229,824	160,8768	152,4096	186,2784	177,8112	18,144	177,8112	160,8768	205,632	241,92	2159,136
EQ 1	39	3	58	117	14	95,004	1710,072	1805,076	1805,076	1263,5532	1197,0504	1463,0616	1396,5588	142,51	1396,5588	1263,5532	1615,068	1900,08	16958,214
	13	3	18	39	14	9,828	176,904	186,732	186,732	130,7124	123,8328	151,3512	144,4716	14,742	144,4716	130,7124	167,076	196,56	1754,298
EQ 2	33	3	58	99	14	80,388	1446,984	1527,372	1527,372	1069,1604	1012,8888	1237,9752	1181,7036	120,58	1181,7036	1069,1604	1366,596	1607,76	14349,258
	17	3	18	51	14	12,852	231,336	244,188	244,188	170,9316	161,9352	197,9208	188,9244	19,278	188,9244	170,9316	218,484	257,04	2294,082
EQ 3	26	3	18	78	14	19,656	353,808	373,464	373,464	261,4248	247,6656	302,7024	288,9432	29,484	288,9432	261,4248	334,152	393,12	3508,596
				694		335,048	6090,864	6365,912	6365,912	4557,9632	4221,6048	5159,7392	4925,2056	502,57	4925,2056	4456,1384	5695,816	6700,96	59907,8928

Figura 42. Consumo eléctrico mensual y anual por bombillas cd salón de actos, biblioteca, aseos y áreas de estudio y pasillos de la ETSE.

LABORATORIOS DOCENCIA

ÁREA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	PERIODO	DIAS	kWh anual
LB 1	24	1	58	24	5	6,96	SEMESTRE	25	357
	2	1	18	2	5	0,18			
LB 2	24	1	58	24	4	5,568	MENSUAL	15	1028,16
	2	1	18	2	4	0,144			
LB 3	24	1	58	24	4	5,568	SEMANTAL	4	1073,856
	2	1	18	2	4	0,144			
LB 4	24	1	58	24	5	6,96	SEMANTAL	4	1342,32
	2	1	18	2	5	0,18			
LB 5	24	2	58	48	5	13,92	TRIMESTRE	25	1057,5
	2	1	18	2	5	0,18			
				154		39,804			4858,836

LABORATORIOS INVESTIGACIÓN

ÁREA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual
LAB EQ 1	108	3	18	324	12	69,984	1469,664	1539,648	1819,584	1077,7536	1224,72	1182,7296	1049,76	104,98	1091,7504	1224,72	1469,664	1819,584	15074,5536
LAB EQ 2	108	3	18	324	12	69,984	1469,664	1539,648	1819,584	1077,7536	1224,72	1182,7296	1049,76	104,98	1091,7504	1224,72	1469,664	1819,584	15074,5536
				648		139,968	2939,328	3079,296	3639,168	2155,5072	2449,44	2365,4592	2099,52	209,95	2183,5008	2449,44	2939,328	3639,168	30149,1072

Figura 43. Consumo eléctrico mensual y anual por bombillas en laboratorios de la ETSE.

DESPACHOS

ÁREA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual
EQ 1	28	3	18	84	8	12,096	217,728	229,824	229,824	160,8768	152,4096	172,9728	152,4096	18,144	152,4096	160,8768	205,632	241,92	2095,0272
EQ 2	28	3	18	84	8	12,096	217,728	229,824	229,824	160,8768	76,2048	172,9728	152,4096	18,144	152,4096	160,8768	205,632	241,92	2018,8224
EQ 3	36	3	36	108	8	31,104	559,872	590,976	590,976	413,6832	195,9552	444,7872	391,9104	46,656	391,9104	413,6832	528,768	622,08	5191,2576
				276		55,296	995,328	1050,624	1050,624	735,4368	424,5696	790,7328	696,7296	82,944	696,7296	735,4368	940,032	1105,92	9305,1072

CONSERJERÍA

ÁREA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual
ED -1	4	3	18	12	6	1,296	23,328	24,624	24,624	19,6992	18,6624	21,384	19,0512	1,944	19,0512	19,6992	22,032	25,92	240,0192
				12		1,296	23,328	24,624	24,624	19,6992	18,6624	21,384	19,0512	1,944	19,0512	19,6992	22,032	25,92	240,0192

PLANTA PILOTO

ÁREA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual
PP -1	72	1	64	72	12	55,296	995,328	1050,624	1050,624	840,4992	796,2624	912,384	812,8512	82,944	812,8512	840,4992	940,032	1105,92	10240,8192
PP -2	30	2	64	60	12	46,08	829,44	875,52	875,52	700,416	663,552	760,32	677,376	691,2	677,376	700,416	783,36	921,6	9156,096
Taller mecánico	16	2	64	32	12	24,576	442,368	466,944	466,944	373,5552	353,8944	405,504	361,2672	368,64	361,2672	373,5552	417,792	491,52	4883,2512
Pasillo -2	10	2	64	20	12	15,36	276,48	291,84	291,84	291,84	276,48	337,92	322,56	230,4	322,56	291,84	261,12	307,2	3502,08
lab PP	21	2	64	42	12	32,256	580,608	612,864	612,864	490,2912	464,4864	532,224	474,1632	483,84	474,1632	490,2912	548,352	645,12	6409,2672
Espacio ascensor	6	2	64	12	12	9,216	165,888	175,104	175,104	140,0832	132,7104	152,064	135,4752	138,24	135,4752	140,0832	156,672	184,32	1831,2192
				238		182,784	3290,112	3472,896	3472,896	2836,6848	2687,3856	3100,416	2783,6928	1995,3	2783,6928	2836,6848	3107,328	3655,68	36022,7328

SALA DE JUNTAS

ÁREA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual
EQ 1	8	4	18	32	4	2,304	41,472	43,776	43,776	35,0208	33,1776	38,016	33,8688	3,456	33,8688	35,0208	39,168	46,08	426,7008
EQ 2	8	4	18	32	4	2,304	41,472	43,776	43,776	35,0208	33,1776	38,016	33,8688	3,456	33,8688	35,0208	39,168	46,08	457,8048
EQ 3	16	3	36	48	4	6,912	124,416	131,328	131,328	105,0624	99,5328	114,048	101,6064	103,68	101,6064	105,0624	117,504	138,24	1373,4144
				112		11,52	207,36	218,88	218,88	175,104	165,888	190,08	169,344	141,7	169,344	175,104	195,84	230,4	2257,92

AULA DE PROYECTOS

ÁREA	Punto de luz	Tubos	Potencia (W)	cantidad	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual
EQ -1	20	4	18	80	4	5,76	103,68	109,44	109,44	65,664	62,208	69,696	60,48	8,64	60,48	65,664	97,92	115,2	928,512
				80		5,76	103,68	109,44	109,44	65,664	62,208	69,696	60,48	8,64	60,48	65,664	97,92	115,2	928,512

Figura 44. Consumo eléctrico mensual y anual por bombillas en despachos, conserjería, planta piloto, sala de juntas, aula de proyectos de la ETSE.

Finalmente, a modo de resumen se obtienen los resultados anuales enseñados en Figura 45, para el consumo de energía total por iluminación de la ETSE. En la Figura 46, se detalla un aproximado de datos mensuales del consumo anual, mientras que en la Figura 47 se presenta la contribución de cada una de las áreas en el consumo eléctrico por iluminación.

		% influencia
AULAS TEORÍA	7782,5952	5%
AULAS COMPUTACION	1562,4576	1%
AULAS TRABAJO	567,63	0%
SALÓN DE ACTOS	1038,24	1%
BIBLIOTECA	6390,384	4%
ASEOS	6486,48	4%
AREAS ESTUDIO Y PASILLOS	59907,8928	36%
LABORATORIOS DOCENCIA	4858,836	3%
LABORATORIOS INVESTIGACIÓN	30149,1072	18%
DESPACHOS	9305,1072	6%
CONSERJERÍA	240,0192	0%
PLANTA PILOTO	36022,7328	22%
SALA JUNTAS	2257,92	1%
AULA PROYECTOS	928,512	1%
CONSUMO TOTAL ANUAL	167.498	

Figura 45. Resultados de consumo eléctrico de iluminación por área de la ETSE.

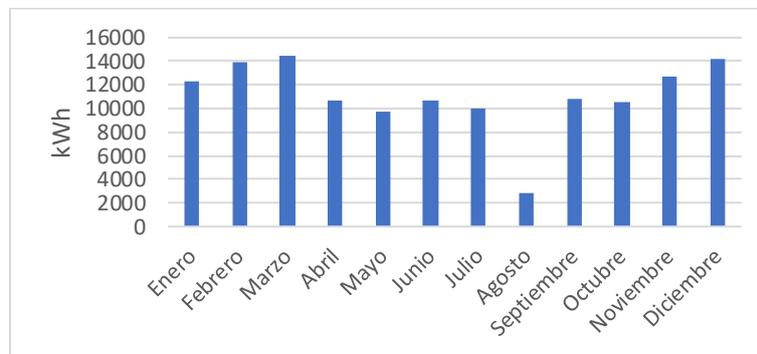


Figura 46. Consumo mensual de electricidad por iluminación en la ETSE en el año 2021.

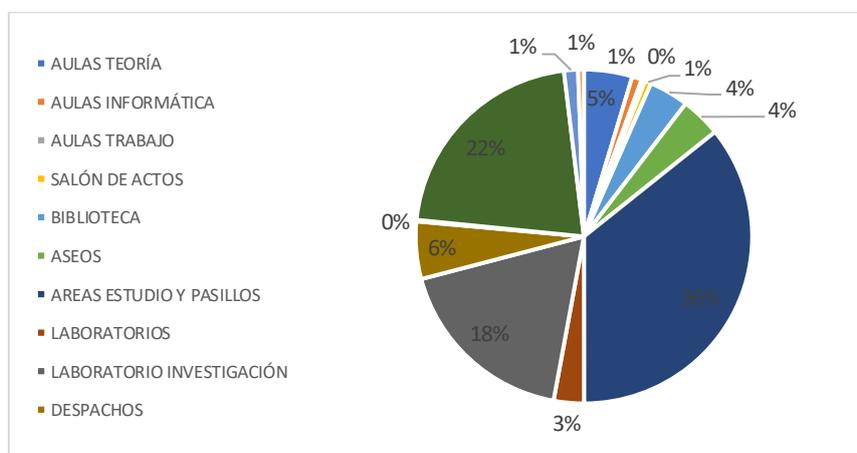


Figura 47. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por iluminación en el año 2021.

A continuación, se detalla el consumo eléctrico generado por el uso de ordenadores en diferentes áreas de la ETSE en la cual se encuentran instalados. Se recopilaron datos de modelo, cantidad, potencia y tiempo estimado de uso del equipo. Cabe mencionar que según le modelo se detalló además el consumo que supone cuando el equipo está inactivo y apagado.

AULA DE TEORÍA														kWh diario												kWh aual				
AULA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	APAGADO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual			
A1	LG M.DISC	1	1	1	150	9	0,5	3	0,5	12	1,35	0,0015	0,006	1,3575	6,7875	20,3625	25,7925	25,7925	24,435	0	0	0	24,435	25,7925	23,0775	19,005	195,48			
A2	LG M.DISC	1	1	1	150	9	0,5	3	0,5	12	1,35	0,0015	0,006	1,3575	6,7875	20,3625	25,7925	25,7925	24,435	0	0	0	24,435	25,7925	23,0775	19,005	195,48			
A3	LG M.DISC	1	1	1	150	6	0,5	6	0,5	12	0,9	0,003	0,006	0,909	4,545	13,635	17,271	17,271	16,362	0	0	0	16,362	17,271	15,453	12,726	130,896			
A4	LG M.DISC	1	1	1	150	6	0,5	6	0,5	12	0,9	0,003	0,006	0,909	4,545	13,635	17,271	17,271	16,362	0	0	0	16,362	17,271	15,453	12,726	130,896			
A5	LG M.DISC	1	1	1	150	7	0,5	5	0,5	12	1,05	0,0025	0,006	1,0585	5,2925	15,8775	20,1115	20,1115	19,053	0	0	0	19,053	20,1115	17,9945	14,819	152,424			
A6	LG M.DISC	1	1	1	150	6	0,5	6	0,5	12	0,9	0,003	0,006	0,909	4,545	13,635	17,271	17,271	16,362	0	0	0	16,362	17,271	15,453	12,726	130,896			
A7	LG M.DISC	1	1	1	150	8	0,5	4	0,5	12	1,2	0,002	0,006	1,208	6,04	18,12	22,952	22,952	21,744	0	0	0	21,744	22,952	20,536	16,912	173,952			
A8	LG M.DISC	1	1	1	150	7	0,5	5	0,5	12	1,05	0,0025	0,006	1,0585	5,2925	15,8775	20,1115	20,1115	19,053	0	0	0	19,053	20,1115	17,9945	14,819	152,424			
														8,7	0,019	0,048	8,767	43,835	131,505	166,573	166,573	157,806	0	0	0	157,806	166,573	149,039	122,738	1262,448

AULA DE COMPUTACIÓN														kWh diario												kWh aual				
AULA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	APAGADO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual			
AI 1	LG M.DISC	29	29	0	150	4	0,5	8	0,5	12	17,4	0,116	0,174	17,69	26,535	79,605	100,833	100,833	95,526	0	0	0	159,21	168,055	150,365	247,66	1128,622			
AI 2	LG M.DISC	27	27	0	150	4	0,5	8	0,5	12	16,2	0,108	0,162	16,47	24,705	74,115	93,879	93,879	88,938	0	0	0	148,23	156,465	139,995	230,58	1050,786			
AI 3	LG UNYKA core i3 8th gen	21	21	0	150	4	0,5	8	0,5	12	12,6	0,084	0,126	12,81	19,215	57,645	73,017	73,017	69,174	0	0	0	115,29	121,695	108,885	179,34	817,278			
AI 4	LG UNYKA core i5 8th gen	22	22	0	150	4	0,5	8	0,5	12	13,2	0,088	0,132	13,42	20,13	60,39	76,494	76,494	72,468	0	0	0	120,78	127,49	114,07	187,88	856,196			
Entrada 13-	LG ZALMAN	6	6	0	150	2	0,5	10	0,5	12	1,8	0,03	0,036	1,866	2,799	8,397	10,6362	10,6362	10,0764	0	0	0	16,794	17,727	15,861	26,124	119,0508			
														61,2	0,426	0,63	62,256	93,384	280,152	354,8592	354,8592	336,1824	0	0	0	560,304	591,432	529,176	871,584	3971,933

SALÓN DE ACTOS														kWh diario												kWh aual				
ÁREA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	APAGADO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual			
AI 1	LENOVO 81N8	1	1	0	150	4	0,5	10	0,5	10	0,6	0,005	0,005	0,61	10,98	11,59	11,59	11,59	10,98	13,42	12,81	9,15	12,81	11,59	10,37	12,2	139,08			
														0,6	0,005	0,005	0,61	10,98	11,59	11,59	11,59	10,98	13,42	12,81	9,15	12,81	11,59	10,37	12,2	139,08

BIBLIOTECA														kWh diario												kWh aual				
ÁREA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	APAGADO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual			
Entrada	ASUS	2	2	0	150	4	0,5	8	0,5	12	1,2	0,008	0,012	1,22	18,3	23,18	31,72	23,18	21,96	26,84	25,62	0	21,96	23,18	20,74	17,08	253,76			
	ASUS	6	6	0	150	1	0,5	11	0,5	12	0,9	0,033	0,036	0,969	14,535	18,411	25,194	18,411	17,442	21,318	20,349	0	17,442	18,411	16,473	13,566	201,552			
Oficina	ASUS	1	1	0	150	4	0,5	8	0,5	12	0,6	0,004	0,006	0,61	9,15	11,59	15,86	11,59	10,98	13,42	12,81	0	10,98	11,59	10,37	8,54	126,88			
	ASUS	1	1	0	150	4	0,5	8	0,5	12	0,6	0,004	0,006	0,61	9,15	11,59	15,86	11,59	10,98	13,42	12,81	0	10,98	11,59	10,37	8,54	126,88			
														3,3	0,049	0,06	3,409	51,135	64,771	88,634	64,771	61,362	74,998	71,589	0	61,362	64,771	57,953	47,726	709,072

Figura 48. Consumo eléctrico mensual y anual por ordenadores instalados en aula de teoría, aula de computación, salón de actos, biblioteca y despachos.

DESPACHOS

AULA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizad	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				kWh aual												
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual
EQ 1	LG M.DISC	11	11	0	150	7	0,5	5	0,5	12	11,55	0,0275	0,066	11,6435	209,583	221,2265	221,2265	221,2265	209,583	256,157	244,5135	17,46525	244,5135	221,2265	197,9395	232,87	2497,531
EQ 2	LG M.DISC	12	12	0	150	7	0,5	5	0,5	12	12,6	0,03	0,072	12,702	228,636	241,338	241,338	241,338	228,636	279,444	266,742	19,053	266,742	241,338	215,934	254,04	2724,579
EQ 3	LG M.DISC	12	12	0	150	7	0,5	5	0,5	12	12,6	0,03	0,072	12,702	228,636	241,338	241,338	241,338	228,636	279,444	266,742	19,053	266,742	241,338	215,934	254,04	2724,579
35											36,75	0,0875	0,21	37,0475	666,855	703,9025	703,9025	703,9025	666,855	815,045	777,9975	55,57125	777,9975	703,9025	629,8075	740,95	7946,689

CONSERJERIA

ÁREA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizad	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				kWh aual												
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual
EQ 1	LG M.DISC	4	4	0	150	5	0,5	7	0,5	12	3	0,014	0,024	3,038	54,684	57,722	57,722	57,722	54,684	66,836	63,798	4,557	63,798	57,722	51,646	60,76	651,651
											3	0,014	0,024	3,038	54,684	57,722	57,722	57,722	54,684	66,836	63,798	4,557	63,798	57,722	51,646	60,76	651,651

SALA DE JUNTAS

AULA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizad	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				kWh aual													
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual	
EQ 1											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQ 2											0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQ 3	LG M.DISC	1	1	0	150	4	0,5	8	0,5	12	0,6	0,004	0,006	0,61	10,98	11,59	11,59	11,59	10,98	13,42	12,81	0,915	12,81	11,59	10,37	12,2	130,845	
											0,6	0,004	0,006	0,61	10,98	11,59	11,59	11,59	10,98	13,42	12,81	0,915	12,81	11,59	10,37	12,2	130,845	

AULA DE PROYECTOS

AULA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizad	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				kWh aual												
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual
EQ 1	LG M.DISC	1	1	0	150	4	0,5	8	0,5	12	0,6	0,004	0,006	0,61	10,98	11,59	11,59	11,59	10,98	13,42	12,81	0,915	12,81	11,59	10,37	12,2	130,845
											0,6	0,004	0,006	0,61	10,98	11,59	11,59	11,59	10,98	13,42	12,81	0,915	12,81	11,59	10,37	12,2	130,845

Figura 49. Consumo eléctrico mensual y anual por ordenadores instalados en conserjería, sala de juntas y aula de proyectos.

Finalmente, a modo de resumen se obtienen los resultados anuales enseñados en Figura 50, para el consumo de energía total por uso de ordenadores de la ETSE. En la Figura 51, se detalla un aproximado de datos mensuales del consumo anual, mientras que en la Figura 52 se presenta la contribución de cada una de las áreas en el consumo eléctrico por ordenadores.

		% influenci
AULAS TEORÍA	1262,448	8%
AULAS COMPUTACION	3971,9328	27%
SALÓN DE ACTOS	139,08	1%
BIBLIOTECA	709,072	5%
DESPACHOS	7946,68875	53%
CONSERJERÍA	651,651	4%
SALA JUNTAS	130,845	1%
AULA PROYECTOS	130,845	1%

CONSUMO TOTAL ANUAL 14942,56255

Figura 50. Resultados de consumo eléctrico por uso de ordenadores instalados en diferentes áreas de la ETSE en el año 2021.

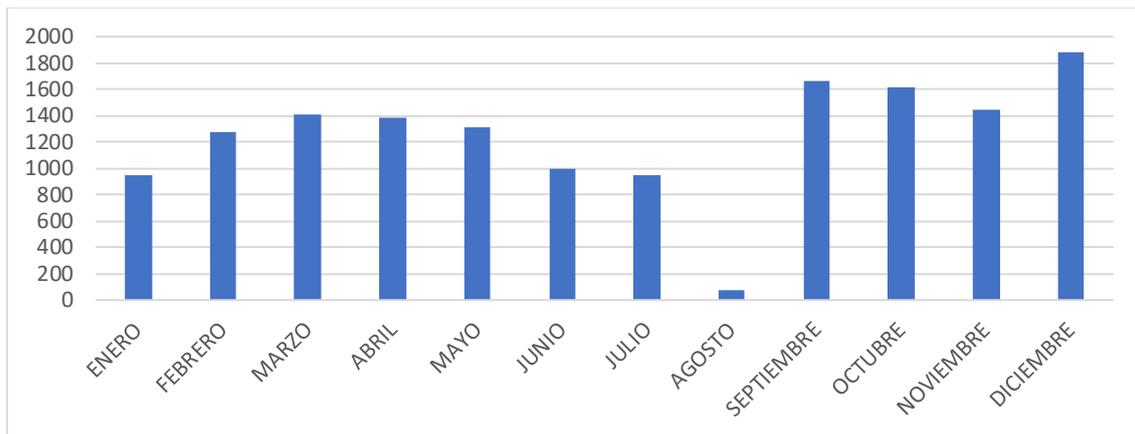


Figura 51. Consumo mensual de electricidad por uso de ordenadores en la ETSE en el año 2021.

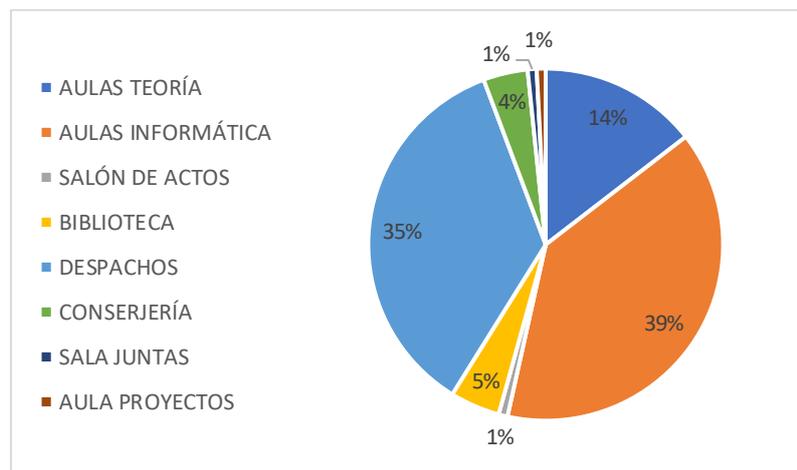


Figura 52. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por ordenadores en el año 2021.

A continuación, se detalla el consumo eléctrico generado por el uso de monitores instalados en diferentes áreas de la ETSE en la cual se encuentran instalados. Se recopilaron datos de modelo, cantidad, potencia y tiempo estimado de uso del equipo. Cabe mencionar que según le modelo se detalló además el consumo que supone cuando el equipo está inactivo y apagado.

AULA DE TEORÍA													kWh diario												kWh aual						
AULA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	APAGADO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre		Noviembre	Diciembre				
A1	HANNspree HANSNS-G	1	1	1	26	9	0,5	3	0,5	12	0,234	0,0015	0,006	0,2415	1,2075	3,6225	4,5885	4,5885	4,347	0	0	0	0	4,347	4,5885	4,1055	3,381	34,776			
A2	HANNspree HANSNS-G	1	1	1	26	9	0,5	3	0,5	12	0,234	0,0015	0,006	0,2415	1,2075	3,6225	4,5885	4,5885	4,347	0	0	0	0	4,347	4,5885	4,1055	3,381	34,776			
A3	HANNspree HANSNS-G	1	1	1	26	9	0,5	3	0,5	12	0,234	0,0015	0,006	0,2415	1,2075	3,6225	4,5885	4,5885	4,347	0	0	0	0	4,347	4,5885	4,1055	3,381	34,776			
A4	HANNspree HANSNS-G	1	1	1	26	9	0,5	3	0,5	12	0,234	0,0015	0,006	0,2415	1,2075	3,6225	4,5885	4,5885	4,347	0	0	0	0	4,347	4,5885	4,1055	3,381	34,776			
A5	HANNspree HANSNS-G	1	1	1	26	9	0,5	3	0,5	12	0,234	0,0015	0,006	0,2415	1,2075	3,6225	4,5885	4,5885	4,347	0	0	0	0	4,347	4,5885	4,1055	3,381	34,776			
A6	HANNspree HANSNS-G	1	1	1	26	9	0,5	3	0,5	12	0,234	0,0015	0,006	0,2415	1,2075	3,6225	4,5885	4,5885	4,347	0	0	0	0	4,347	4,5885	4,1055	3,381	34,776			
A7	HANNspree HANSNS-G	1	1	1	26	9	0,5	3	0,5	12	0,234	0,0015	0,006	0,2415	1,2075	3,6225	4,5885	4,5885	4,347	0	0	0	0	4,347	4,5885	4,1055	3,381	34,776			
A8	HANNspree HANSNS-G	1	1	1	26	9	0,5	3	0,5	12	0,234	0,0015	0,006	0,2415	1,2075	3,6225	4,5885	4,5885	4,347	0	0	0	0	4,347	4,5885	4,1055	3,381	34,776			
														1,872	0,012	0,048	1,932	9,66	28,98	36,708	36,708	34,776	0	0	0	0	34,776	36,708	32,844	27,048	278,208

AULA DE COMPUTACIÓN													kWh diario												kWh aual						
AULA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	APAGADO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre		Noviembre	Diciembre				
AI 1	PHILIPS 243V7QDsB100	29	29	0	14,13	4	0,5	8	0,5	12	1,63908	0,116	0,174	1,92908	2,89362	8,68086	10,99576	10,99576	10,41703	0	0	0	0	17,36172	18,32626	16,39718	27,00712	123,0753			
AI 2	PHILIPS 243V7QDsB100	27	27	0	14,13	4	0,5	8	0,5	12	1,52604	0,108	0,162	1,79604	2,69406	8,08218	10,23743	10,23743	9,698616	0	0	0	0	16,16436	17,06238	15,26634	25,14456	114,5874			
AI 3	BENQ GL2250-T	21	21	0	24	4	0,3	8	0,3	12	2,016	0,0504	0,0756	2,142	3,213	9,639	12,2094	12,2094	11,5668	0	0	0	0	19,278	20,349	18,207	29,988	136,6596			
AI 4	ACER B247Y	22	22	0	15	4	0,27	8	0,27	12	1,32	0,04752	0,07128	1,4388	2,1582	6,4746	8,20116	8,20116	7,76952	0	0	0	0	12,9492	13,6686	12,2298	20,1432	91,79544			
Entrada I3-	ASUS VB191T	6	6	0	42	2	2	10	2	12	0,504	0,12	0,144	0,768	1,152	3,456	4,3776	4,3776	4,1472	0	0	0	0	6,912	7,296	6,528	10,752	48,9984			
														7,00512	0,44192	0,62688	8,07392	12,11088	36,33264	46,02134	46,02134	43,59917	0	0	0	0	72,66528	76,70224	68,62832	113,0349	515,1161

SALÓN DE ACTOS *ES UN PORTATIL													kWh diario												kWh aual					
ÁREA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	APAGADO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre		Noviembre	Diciembre			
AI 1	LENOVO 81N8	1	1	0	150	4	0,5	10	0,5	10	0,6	0,005	0,005	0,61	10,98	11,59	11,59	11,59	10,98	13,42	12,81	9,15	12,81	11,59	10,37	12,2	139,08			
														0,6	0,005	0,005	0,61	10,98	11,59	11,59	11,59	10,98	13,42	12,81	9,15	12,81	11,59	10,37	12,2	139,08

BIBLIOTECA													kWh diario												kWh aual					
ÁREA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	APAGADO Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre		Noviembre	Diciembre			
Entrada	BENQ GL2250-T	2	2	0	24	3	0,3	9	0,3	12	0,144	0,0054	0,0072	0,1566	2,349	2,9754	4,0716	2,9754	2,8188	3,4452	3,2886	0	2,8188	2,9754	2,6622	2,1924	32,5728			
	SAMSUNG 943BM	6	6	0	36	1	1	11	1	12	0,216	0,066	0,072	0,354	5,31	6,726	9,204	6,726	6,372	7,788	7,434	0	6,372	6,726	6,018	4,956	73,632			
Oficina	SAMSUNG 943BM	1	1	0	36	1	1	11	1	12	0,036	0,011	0,012	0,059	0,885	1,121	1,534	1,121	1,062	1,298	1,239	0	1,062	1,121	1,003	0,826	12,272			
	BENQ GL2250-T	1	1	0	24	3	0,3	9	0,3	12	0,072	0,0027	0,0036	0,0783	1,1745	1,4877	2,0358	1,4877	1,4094	1,7226	1,6443	0	1,4094	1,4877	1,3311	1,0962	16,2864			
														0,468	0,0851	0,0948	0,6479	9,7185	12,3101	16,8454	12,3101	11,6622	14,2538	13,6059	0	11,6622	12,3101	11,0143	9,0706	134,7632

Figura 53. Consumo eléctrico mensual y anual por monitores instalados en aula de teoría, aula de computación, salón de actos y biblioteca.

DESPACHOS

ÁREA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				kWh aual												
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
EQ 1	HANNspree HANSNS-G	11	11	0	26	5	0,5	7	0,5	12	1,43	0,0385	0,066	1,5345	27,621	29,1555	29,1555	29,1555	27,621	33,759	32,2245	23,0175	32,2245	29,1555	26,0865	30,69	349,866
EQ 2	HANNspree HANSNS-G	12	12	0	26	5	0,5	7	0,5	12	1,56	0,042	0,072	1,674	30,132	31,806	31,806	31,806	30,132	36,828	35,154	25,11	35,154	31,806	28,458	33,48	381,672
EQ 3	HANNspree HANSNS-G	12	12	0	26	5	0,5	7	0,5	12	1,56	0,042	0,072	1,674	30,132	31,806	31,806	31,806	30,132	36,828	35,154	25,11	35,154	31,806	28,458	33,48	381,672
											4,55	0,1225	0,21	4,8825	87,885	92,7675	92,7675	92,7675	87,885	107,415	102,5325	73,2375	102,5325	92,7675	83,0025	97,65	1113,21

CONSERJERIA

ÁREA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				kWh aual												
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
ONSERJER	Acer B6 B226HQL	1	1	0	26	5	0,45	9	0,35	10	8,55	8,1	6,435	9,45	170,1	179,55	179,55	179,55	170,1	207,9	198,45	141,75	198,45	179,55	160,65	189	2154,6
	BENO GL2250-T	1	1	0	24	5	0,5	9	0,3	10	9,5	9	7,15	10,5	189	199,5	199,5	199,5	189	231	220,5	157,5	220,5	199,5	178,5	210	2394
	LG W1946S	1	1	0	22	5	0,5	9	0,5	10	9,5	9	7,15	10,5	189	199,5	199,5	199,5	189	231	220,5	157,5	220,5	199,5	178,5	210	2394
	HP L1940T	1	1	0	60	5	0,5	9	2	10	9,5	9	7,15	10,5	189	199,5	199,5	199,5	189	231	220,5	157,5	220,5	199,5	178,5	210	2394
											0	26	5	0,45	9	0,35	10	8,55	8,1	6,435	9,45	170,1	179,55	179,55	179,55	170,1	207,9

SALA DE JUNTAS

ÁREA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				kWh aual													
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
EQ 1	no presenta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQ 2	no presenta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQ 3	HANNspree HANSNS-G	1	1	0	26	4	0,5	8	0,5	12	0,104	0,004	0,006	0,114	2,052	2,166	2,166	2,166	2,052	2,508	2,394	1,71	2,394	2,166	1,938	2,28	25,992	
											0,104	0,004	0,006	0,114	2,052	2,166	2,166	2,166	2,052	2,508	2,394	1,71	2,394	2,166	1,938	2,28	25,992	

AULA DE PROYECTOS

ÁREA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				kWh aual												
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
EQ 1	HANNspree HANSNS-G	1	1	0	26	4	0,5	8	0,5	12	0,104	0,004	0,006	0,114	2,052	2,166	2,166	2,166	2,052	2,508	2,394	1,71	2,394	2,166	1,938	2,28	25,992
											0,104	0,004	0,006	0,114	2,052	2,166	2,166	2,166	2,052	2,508	2,394	1,71	2,394	2,166	1,938	2,28	25,992

Figura 54. Consumo eléctrico mensual y anual por monitores instalados en aula de despachos, conserjería, sala de juntas y aula de actos.

Finalmente, a modo de resumen se obtienen los resultados anuales enseñados en la Figura 55, para el consumo de energía total por uso de monitores de la ETSE. En la Figura 56, se detalla un aproximado de datos mensuales del consumo anual, mientras que en la Figura 57 se presenta la contribución de cada una de las áreas en el consumo eléctrico por monitores.

		% influencia
AULAS TEORÍA	278,208	11%
AULAS INFORMÁTICA	515,116	21%
SALÓN DE ACTOS	139,08	6%
BIBLIOTECA	134,763	6%
DESPACHOS	1113,21	46%
CONSERJERÍA	207,9	9%
SALA JUNTAS	25,992	1%
AULA PROYECTOS	25,992	1%
CONSUMO TOTAL ANUAL	2440,26	

Figura 55. Resultados de consumo eléctrico por uso de monitores instalados en diferentes áreas de la ETSE en el año 2021.

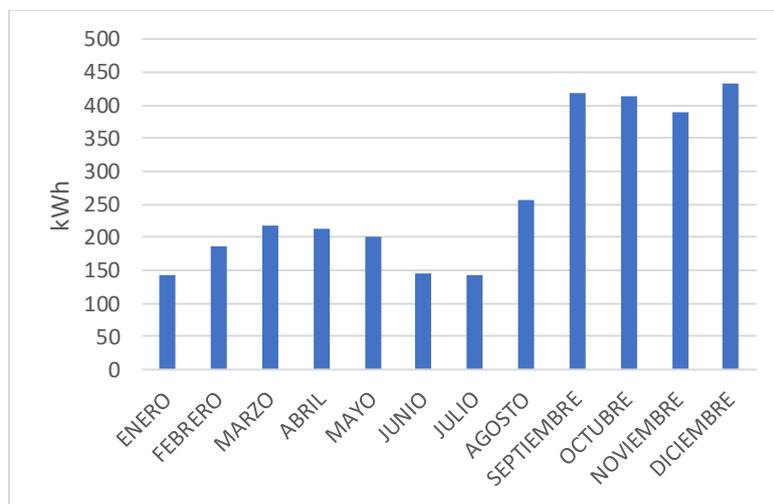


Figura 56. Consumo mensual de electricidad por uso de monitores en la ETSE en el año 2021.

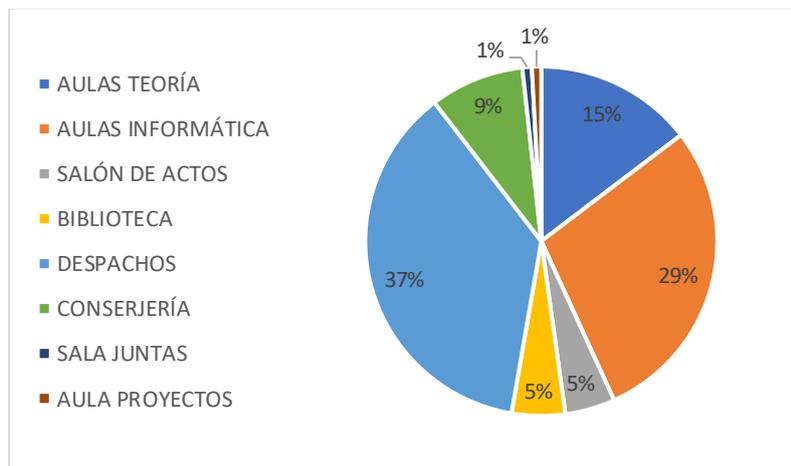


Figura 57. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por monitores en el año 2021.

A continuación, se detalla el consumo eléctrico generado por el uso de proyectores instalados en diferentes áreas de la ETSE en la cual se encuentran instalados. Se recopilaron datos de modelo, cantidad, potencia y tiempo estimado de uso del equipo. Cabe mencionar que según le modelo se detalló además el consumo que supone cuando el equipo está inactivo y apagado.

AULA DE TEORÍA

AULA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual			
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL																
A1	Maxell MC-EX 4051 3LCD	1	1	1	310	9	0,35	3	0,35	12	2,79	0,00105	0,0042	2,79525	50,3145	53,10975	53,10975	53,10975	50,3145	61,4955	58,70025	41,92875	58,70025	53,10975	47,51925	55,905	637,317			
A2	Maxell MC-EX 4051 3LCD	1	1	1	310	9	0,35	3	0,35	12	2,79	0,00105	0,0042	2,79525	50,3145	53,10975	53,10975	53,10975	50,3145	61,4955	58,70025	41,92875	58,70025	53,10975	47,51925	55,905	637,317			
A3	EPSON EB-2042	1	1	1	331	9	0,2	3	0,2	12	2,979	0,0006	0,0024	2,982	53,676	56,658	56,658	56,658	53,676	65,604	62,622	44,73	62,622	56,658	50,694	59,64	679,896			
A4	EPSON EB-2042	1	1	1	331	9	0,2	3	0,2	12	2,979	0,0006	0,0024	2,982	53,676	56,658	56,658	56,658	53,676	65,604	62,622	44,73	62,622	56,658	50,694	59,64	679,896			
A5	Maxell MC-EX 4051 3LCD	1	1	1	310	9	0,35	3	0,35	12	2,79	0,00105	0,0042	2,79525	50,3145	53,10975	53,10975	53,10975	50,3145	61,4955	58,70025	41,92875	58,70025	53,10975	47,51925	55,905	637,317			
A6	HITACHI CP-EX252N	1	1	1	226	9	0,5	3	0,5	12	2,034	0,0015	0,006	2,0415	36,747	38,7885	38,7885	38,7885	36,747	44,913	42,8715	30,6225	42,8715	38,7885	34,7055	40,83	465,462			
A7	EPSON EB-2042	1	1	1	331	9	0,2	3	0,2	12	2,979	0,0006	0,0024	2,982	53,676	56,658	56,658	56,658	53,676	65,604	62,622	44,73	62,622	56,658	50,694	59,64	679,896			
A8	Maxell MC-EX 4051 3LCD	1	1	1	310	9	0,35	3	0,35	12	2,79	0,00105	0,0042	2,79525	50,3145	53,10975	53,10975	53,10975	50,3145	61,4955	58,70025	41,92875	58,70025	53,10975	47,51925	55,905	637,317			
														22,131	0,0075	0,03	22,1685	399,033	421,2015	421,2015	421,2015	399,033	487,707	465,5385	332,5275	465,5385	421,2015	376,8645	443,37	5054,418

AULA DE COMPUTACIÓN

AULA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual			
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL																
AI 1	HITACHI CP-EX402	1	1	0	300	4	0,5	8	0,5	12	1,2	0,004	0,006	1,21	6,534	6,897	6,897	6,897	6,534	7,986	7,623	18,15	12,705	11,495	10,285	24,2	126,203			
AI 2	HITACHI CP-EX402	1	1	0	300	4	0,5	8	0,5	12	1,2	0,004	0,006	1,21	6,534	6,897	6,897	6,897	6,534	7,986	7,623	18,15	12,705	11,495	10,285	24,2	126,203			
AI 3	HITACHI CP EX 303	1	1	0	280	4	0,35	8	0,35	12	1,12	0,0028	0,0042	1,127	6,0858	6,4239	6,4239	6,4239	6,0858	7,4382	7,1001	16,905	11,8335	10,7065	9,5795	22,54	117,5461			
AI 4	HITACHI CP EX 303	1	1	0	280	4	0,35	8	0,35	12	1,12	0,0028	0,0042	1,127	6,0858	6,4239	6,4239	6,4239	6,0858	7,4382	7,1001	16,905	11,8335	10,7065	9,5795	22,54	117,5461			
Entrada I3-14												0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
														4,64	0,0136	0,0204	4,674	25,2396	26,6418	26,6418	26,6418	25,2396	30,8484	29,4462	70,11	49,077	44,403	39,729	93,48	487,4982

Figura 58. Consumo eléctrico mensual y anual por proyectores instalados en aulas de teoría y aulas de computación.

SALÓN DE ACTOS

ÁREA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				kWh aual												
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual
AI 1	EPSON EB-L630U	1	1	0	345	4	0,3	10	0,2	10	1,38	0,003	0,002	1,385	24,93	26,315	26,315	26,315	24,93	30,47	29,085	20,775	29,085	26,315	23,545	27,7	315,78
											1,38	0,003	0,002	1,385	24,93	26,315	26,315	26,315	24,93	30,47	29,085	20,775	29,085	26,315	23,545	27,7	315,78

DESPACHOS

ÁREA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				kWh aual												
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual
EQ 1	HANNspree HANSNS-G	11	11	0	26	5	0,5	7	0,5	12	1,43	0,0385	0,066	1,5345	27,621	29,1555	29,1555	29,1555	27,621	33,759	32,2245	23,0175	32,2245	29,1555	26,0865	30,69	349,866
EQ 2	HANNspree HANSNS-G	12	12	0	26	5	0,5	7	0,5	12	1,56	0,042	0,072	1,674	30,132	31,806	31,806	31,806	30,132	36,828	35,154	25,11	35,154	31,806	28,458	33,48	381,672
EQ 3	HANNspree HANSNS-G	12	12	0	26	5	0,5	7	0,5	12	1,56	0,042	0,072	1,674	30,132	31,806	31,806	31,806	30,132	36,828	35,154	25,11	35,154	31,806	28,458	33,48	1113,21
											4,55	0,1225	0,21	4,8825	87,885	92,7675	92,7675	92,7675	87,885	107,415	102,5325	73,2375	102,5325	92,7675	83,0025	97,65	1113,21

AULA DE PROYECTOS

AULA	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diario				kWh aual												
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual
EQ 1	Maxell MC-EX 4051 3LCD	1	1	0	310	4	0,35	8	0,35	12	1,24	0,0028	0,0042	1,247	22,446	23,693	23,693	23,693	22,446	27,434	26,187	18,705	26,187	23,693	21,199	24,94	284,316
											1,24	0,0028	0,0042	1,247	22,446	23,693	23,693	23,693	22,446	27,434	26,187	18,705	26,187	23,693	21,199	24,94	284,316

Figura 59. Consumo eléctrico mensual y anual por proyectores instalados en salón de actos, despachos y aula de proyectos.

Finalmente, a modo de resumen se obtienen los resultados anuales enseñados en la Figura 60, para el consumo de energía total por uso de ordenadores de la ETSE. En la Figura 61, se detalla un aproximado de datos mensuales del consumo anual, mientras que en la Figura 62 se presenta la contribución de cada una de las áreas en el consumo eléctrico por proyectores.

		% influencia
AULAS TEORÍA	5054,42	82%
AULAS COMPUTACION	487,498	8%
SALÓN DE ACTOS	315,78	5%
AULA PROYECTOS	284,316	5%
CONSUMO TOTAL ANUAL	6142,01	

Figura 60. Resultados de consumo eléctrico por uso de proyectores instalados en diferentes áreas de la ETSE en el año 2021.

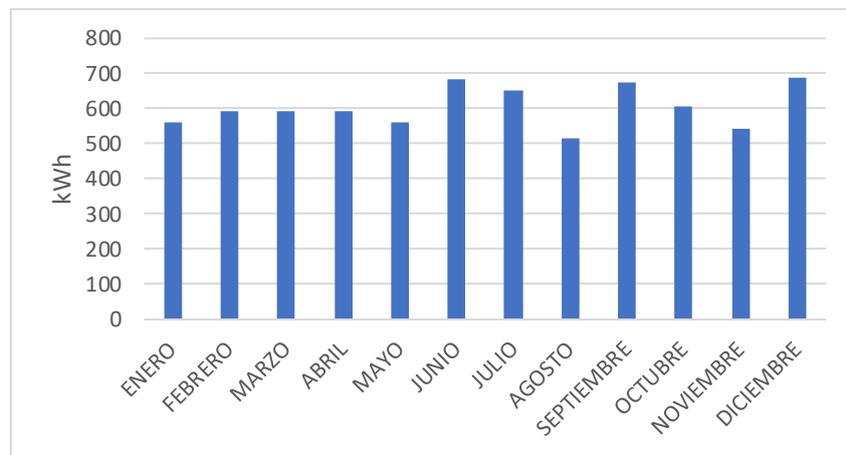


Figura 61. Consumo mensual de electricidad por uso de proyectores en la ETSE en el año 2021.

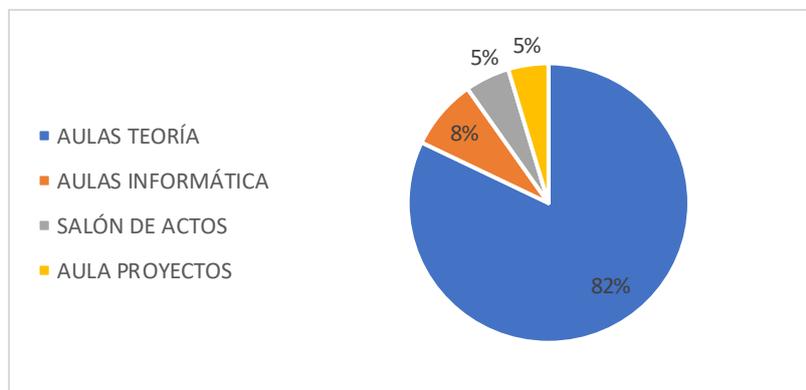


Figura 62. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por proyectores en el año 2021.

A continuación, se detalla el consumo eléctrico generado por el uso de impresoras instaladas en diferentes áreas de la ETSE en la cual se encuentran instalados. Se recopilaron datos de modelo, cantidad, potencia y tiempo estimado de uso del equipo. Cabe mencionar que según le modelo se detalló además el consumo que supone cuando el equipo está inactivo y apagado.

Biblioteca														kWh diario												kWh aual	
área	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Oficina	HP LaserJet Pro MFP M130FN	1	1	0	255	1	1	11	0,05	12	0,255	0,011	0,0006	0,2666	3,999	5,0654	6,9316	5,0654	4,7988	5,8652	5,5986	0	4,7988	5,0654	4,5322	3,7324	55,4528
											0,255	0,011	0,0006	0,2666	3,999	5,0654	6,9316	5,0654	4,7988	5,8652	5,5986	0	4,7988	5,0654	4,5322	3,7324	55,4528
Áreas de estudio y pasillos														kWh diario												kWh aual	
área	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
EQ-1	BIZHUB C224E	1	1		1580	1	1	13	0,05	12	1,58	0,013	0,0006	1,5936	28,6848	30,2784	30,2784	30,2784	28,6848	35,0592	33,4656	23,904	33,4656	30,2784	27,0912	31,872	363,3408
EQ2	Canon imageRUNNER C2380i	1	1		1500	1	1	13	0,05	12	1,5	0,013	0,0006	1,5136	27,2448	28,7584	28,7584	28,7584	27,2448	33,2992	31,7856	22,704	31,7856	28,7584	25,7312	30,272	345,1008
EQ3	Canon imageRUNNER C2380i	1	1		1500	1	1	13	0,05	12	1,5	0,013	0,0006	1,5136	27,2448	28,7584	28,7584	28,7584	27,2448	33,2992	31,7856	22,704	31,7856	28,7584	25,7312	30,272	345,1008
											4,58	0,039	0,0018	4,6208	83,1744	87,7952	87,7952	87,7952	83,1744	101,6576	97,0368	69,312	97,0368	87,7952	78,5536	92,416	1053,542
Despachos														kWh diario												kWh aual	
área	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
EQ1		11	11		190	0,666667	0,5	11	0,1	12,333333	1,39333333	0,0605	13,56667	15,0205	270,369	285,3895	285,3895	285,3895	270,369	330,451	315,4305	225,3075	315,4305	285,3895	255,3485	300,41	3424,674
EQ2		12	12		190	0,666667	0,5	11	0,1	12,333333	1,52	0,066	14,8	16,386	294,948	311,334	311,334	311,334	294,948	360,492	344,106	245,79	344,106	311,334	278,562	327,72	3736,008
EQ3		12	12		190	0,666667	0,5	11	0,1	12,333333	1,52	0,066	14,8	16,386	294,948	311,334	311,334	311,334	294,948	360,492	344,106	245,79	344,106	311,334	278,562	327,72	3736,008
											4,43333333	0,1925	43,16667	47,7925	860,265	908,0575	908,0575	908,0575	860,265	1051,435	1003,643	716,8875	1003,643	908,0575	812,4725	955,85	10896,69
Conserjería														kWh diario												kWh aual	
área	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
ED-1	HP LaserJet Pro MFP M130FN	1	1	0	255	1	1	11	0,05	12	0,255	0,011	0,0006	0,2666	4,7988	5,0654	5,0654	5,0654	4,7988	5,8652	5,5986	3,999	5,5986	5,0654	4,5322	5,332	60,7848
											0,255	0,011	0,0006	0,2666	4,7988	5,0654	5,0654	5,0654	4,7988	5,8652	5,5986	3,999	5,5986	5,0654	4,5322	5,332	60,7848

Figura 63. Consumo eléctrico mensual y anual por impresoras instalados en biblioteca, áreas de estudio y pasillos, despachos y conserjería.

Finalmente, a modo de resumen se obtienen los resultados anuales enseñados en la Figura 64, para el consumo de energía total por uso de impresoras de la ETSE. En la Figura 65, se detalla un aproximado de datos mensuales del consumo anual, mientras que en la Figura 66 se presenta la contribución de cada una de las áreas en el consumo eléctrico por impresoras.

		% influencia
Biblioteca	55,4528	0%
Pasillos y áreas de estudio	1053,54	9%
Despachos	10896,7	90%
Conserjería	60,7848	1%
CONSUMO TOTAL ANUAL	12066,5	

Figura 64. Resultados de consumo eléctrico por uso de impresoras instalados en diferentes áreas de la ETSE en el año 2021.

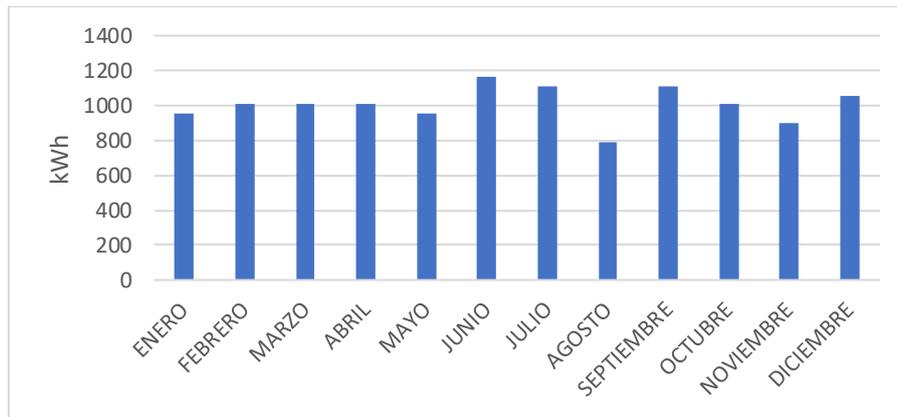


Figura 65. Consumo mensual de electricidad por uso de impresoras en la ETSE en el año 2021.

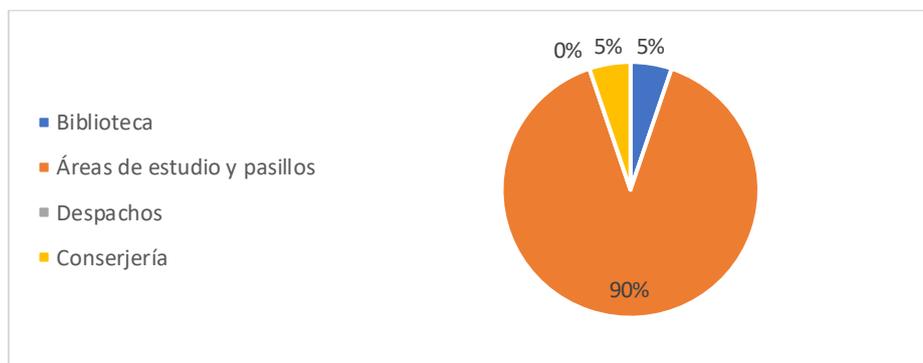


Figura 66. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por impresoras en el año 2021.

A continuación, se detalla el consumo eléctrico generado por el uso de escáner instalado sólo en la biblioteca de la ETSE. Se recopilaron datos de modelo, cantidad, potencia y tiempo estimado de uso del equipo. Cabe mencionar que según le modelo se detalló además el consumo que supone cuando el equipo está inactivo y apagado.

BIBLIOTECA												kWh diario																		
Área	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utiliza	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		ACTIVO	INACTIVO	APAGADO	TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual			
							Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)																				
Entrada	CanoScan LIDE220	1	1	0	2,5	2	1,4	10	0,011	12	0,005	0,014	0,000132	0,019132	0,28698	0,363508	0,497432	0,363508	0,344376	0,420904	0,401772	0	0,344376	0,363508	0,325244	0,267848	3,979456			
Oficina	FUJITSU fi-4220c2	1	1	0	26	3	5	9	5	12	0,078	0,045	0,06	0,183	2,745	3,477	4,758	3,477	3,294	4,026	3,843	0	3,294	3,477	3,111	2,562	38,064			
														0,083	0,059	0,060132	0,202132	3,03198	3,840508	5,255432	3,840508	3,638376	4,446904	4,244772	0	3,638376	3,840508	3,436244	2,829848	42,04346

Figura 67. Consumo eléctrico mensual y anual por impresoras instalados en biblioteca de la ETSE.

		% influencia
Entrada	3,979456	9%
Oficinas	38,064	91%
BIBLIOTECA	42,043456	

Figura 68. Resultados de consumo eléctrico por uso de escáneres instalados en la biblioteca de la ETSE en el año 2021.

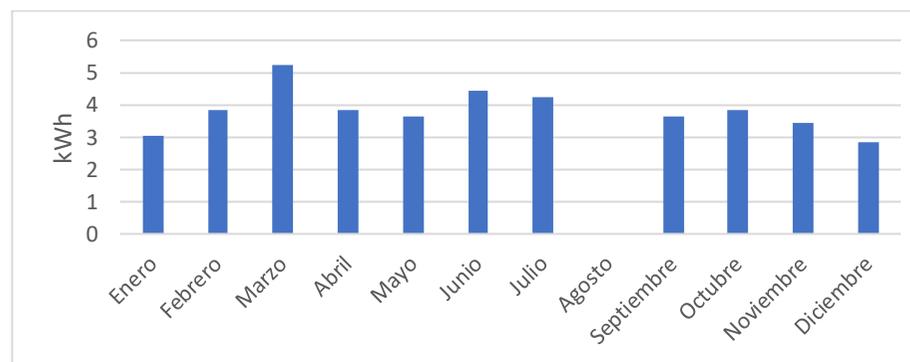


Figura 69. Consumo mensual de electricidad por uso de escáneres en la ETSE en el año 2021.

A continuación, se detalla el consumo eléctrico generado por el uso de televisores instalados en las plantas de la ETSE. Se recopilaron datos de modelo, cantidad, potencia y tiempo estimado de uso del equipo. Cabe mencionar que según el modelo se detalló además el consumo que supone cuando el equipo está inactivo y apagado.

Modelo	Cantidad	Utilizado	No utiliza	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	INACTIVO		APAGADO		kWh diarios			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh aual		
						Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	ACTIVO	INACTIVO	APAGADO														TOTAL	
EQ 0	Pioner	1	1	0	72	12	1	0	1	12	0,864	0	0,012	0,876	15,768	16,644	16,644	16,644	15,768	19,272	18,396	13,14	18,396	16,644	14,892	17,52	199,728
EQ 0	Philips	1	1	0	75	12	0,3	0	0,3	12	0,9	0	0,0036	0,9036	16,2648	17,1684	17,1684	17,1684	16,2648	19,8792	18,9756	13,554	18,9756	17,1684	15,3612	18,072	206,021
EDO	Philips	1	1	0	75	12	0,3	0	0,3	12	0,9	0	0,0036	0,9036	16,2648	17,1684	17,1684	17,1684	16,2648	19,8792	18,9756	13,554	18,9756	17,1684	15,3612	18,072	206,021
											2,664	0	0,0192	2,6832	48,2976	50,9808	50,9808	50,9808	48,2976	59,0304	56,3472	40,248	56,3472	50,9808	45,6144	53,664	611,77

Figura 70. Consumo eléctrico mensual y anual por televisores instalados en plantas de la ETSE.

		% influencia
EQ 0	319,74	33%
EQ 0	329,814	34%
EDO	329,814	34%
Televisores	979,368	

Figura 71. Resultados de consumo eléctrico por uso de televisores instalados en las plantas de la ETSE en el año 2021.

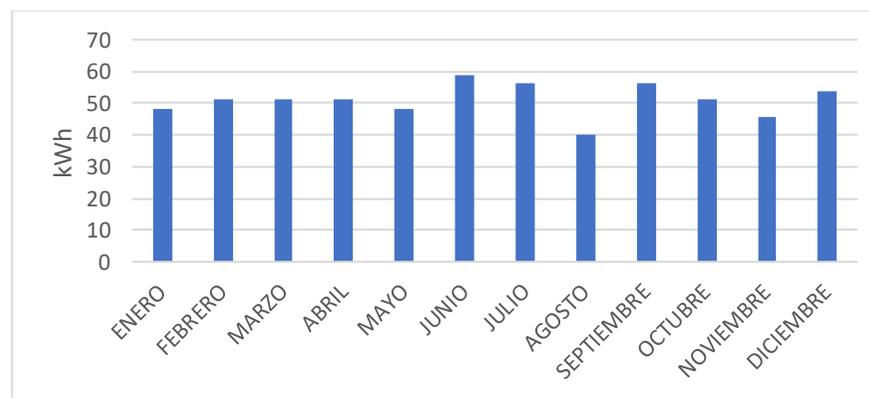


Figura 72. Consumo mensual de electricidad por uso de televisores en la ETSE en el año 2021

A continuación, se detalla el consumo eléctrico generado por el uso de canaleta de agua instalados en las plantas de la ETSE. Se recopilaron datos de modelo, cantidad, potencia y tiempo estimado de uso del equipo.

Pasillos y areas de estudio

ÁREA	Modelo	Cantidad	Potencia (W)	Tiempo de uso (h)	kWh diario	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	kWh anual
ED 1 (biblioteca)		1	200	2	0,4	7,2	7,6	7,6	7,6	7,2	8,8	8,4	6	8,4	7,6	6,8	8	91,2
ED -1	canaleta M-6APULV	1	200	1	0,2	3,6	3,8	3,8	3,8	3,6	4,4	4,2	3	4,2	3,8	3,4	4	45,6
ED -2	canaleta M-6APULV	1	200	1	0,2	3,6	3,8	3,8	3,8	3,6	4,4	4,2	3	4,2	3,8	3,4	4	45,6
EQ -1	canaleta M-6APULV	1	200	1	0,2	3,6	3,8	3,8	3,8	3,6	4,4	4,2	3	4,2	3,8	3,4	4	45,6
EQ 0	canaleta M-6APULV	1	200	1	0,2	3,6	3,8	3,8	3,8	3,6	4,4	4,2	3	4,2	3,8	3,4	4	45,6
EQ 1	canaleta M-6APULV	1	200	1	0,2	3,6	3,8	3,8	3,8	3,6	4,4	4,2	3	4,2	3,8	3,4	4	45,6
	canaleta M-6APULV	1	200	1	0,2	3,6	3,8	3,8	3,8	3,6	4,4	4,2	3	4,2	3,8	3,4	4	45,6
EQ 2	canaleta M-6APULV	1	200	1	0,2	3,6	3,8	3,8	3,8	3,6	4,4	4,2	3	4,2	3,8	3,4	4	45,6
	canaleta M-6APULV	1	200	1	0,2	3,6	3,8	3,8	3,8	3,6	4,4	4,2	3	4,2	3,8	3,4	4	45,6
EQ 3	canaleta M-6APULV	1	200	1	0,2	3,6	3,8	3,8	3,8	3,6	4,4	4,2	3	4,2	3,8	3,4	4	45,6
					2,2	39,6	41,8	41,8	41,8	39,6	48,4	46,2	33	46,2	41,8	37,4	44	501,6

Figura 73. Consumo eléctrico mensual y anual por canaletas instaladas en plantas de la ETSE.

Finalmente, a modo de resumen se obtienen los resultados anuales enseñados en la Figura 74, para el consumo de energía total por uso de canaletas de la ETSE. En la Figura 75, se detalla un aproximado de datos mensuales del consumo anual, mientras que en la Figura 76 se presenta la contribución de cada una de las áreas en el consumo eléctrico por canaletas.

		% influencia
ED 1 (biblioteca)	146	18%
ED -1	73	9%
ED -2	73	9%
ED -3	0	0%
ED -4	0	0%
EQ -1	73	9%
EQ 0	73	9%
EQ 1	146	18%
EQ 2	146	18%
EQ 3	73	9%
Canaletas	803	

Figura 74. Resultados de consumo eléctrico por uso de canaletas instalados en las plantas de la ETSE en el año 2021.

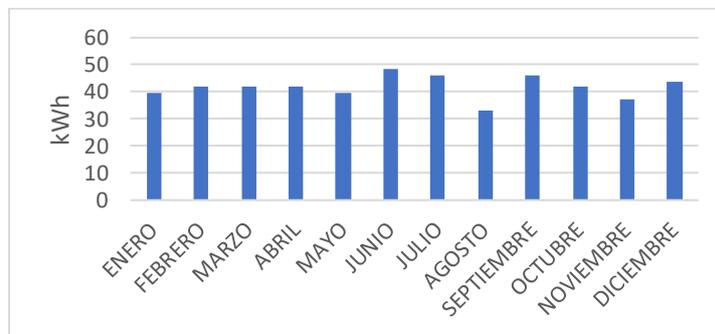


Figura 75. Consumo mensual de electricidad por uso de canaletas instaladas en la ETSE en el año 2021.

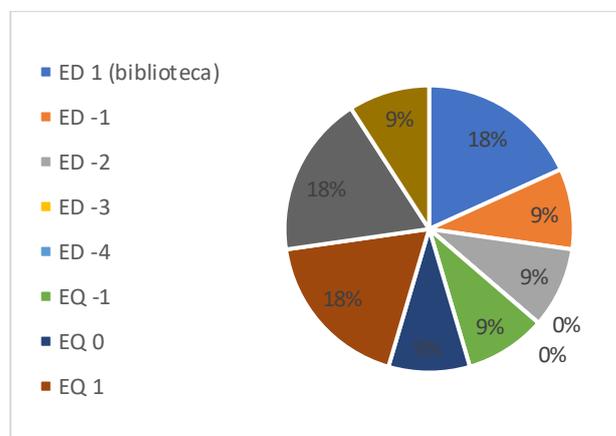


Figura 76. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por canaletas en el año 2021.

Se definió el consumo asociado al uso de ascensores a partir del modelo y capacidad, se obtuvieron datos aproximados sobre la potencia de cada uno y se estimó un valor para cada uno de los ascensores, según el sector en el que se encuentra instalado. Cabe destacar que el ascensor que se encuentra en el edificio EQ presenta mayor tiempo de uso debido a que en este edificio se encuentran los despachos de docentes e investigadores.

Edificio	Modelo	Cantidad	Utilizado	No utilizado	Potencia (kW)	Tiempo de uso (h)	kWh diario												kWh aual	
							TOTAL	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre		Diciembre
EQ	scheinder	1	1	0	16,25	1,5	24,375	438,75	463,125	463,125	463,125	438,75	536,25	511,875	365,625	511,875	463,125	414,375	487,5	5.558
ED	scheinder	1	1	0	16,25	0,5	8,125	146,25	154,375	154,375	154,375	146,25	178,75	170,625	121,875	170,625	154,375	138,125	162,5	1.853
							32,5	585	617,5	617,5	617,5	585	715	682,5	487,5	682,5	617,5	552,5	650	7.410

Figura 77. Consumo eléctrico mensual y anual por ascensores instalados en plantas de la ETSE.

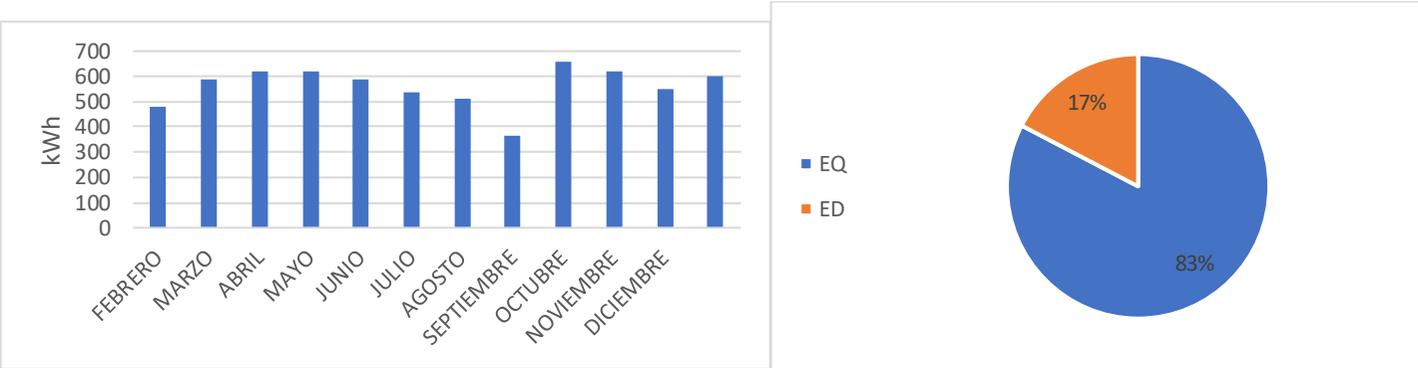


Figura 78. a) Consumo eléctrico mensual por uso de ascensores y b) Contribución porcentual de los ascensores en los diferentes espacios de la ETSE.

Consumo eléctrico por la utilización de portátiles en espacios comunes. Se estimó el consumo energético según la cantidad de enchufes disponibles en cada área y mediante una aproximación de tiempo de uso en donde se considera también el calendario correspondiente y las posibles actividades diarias que se realizan en los espacios.

AULAS									
A1									
		Horario		9					
Mes	Mesas	Enchufes	Enchufes utilizados	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	kWh diario	Días	kWh mensual	
Enero	6	36	5	4	65	1,2636	5	6,318	
Febrero	6	36	4	2	65	0,5265	15	7,8975	
Marzo	6	36	4	2	65	0,5265	19	10,0035	
Abril	6	36	4	2	65	0,5265	19	10,0035	
Mayo	6	36	4	2	65	0,5265	18	9,477	
Junio	6	36	4	4	65	0,8424	0	0	
Julio	6	36	5	4	65	1,2636	0	0	
Agosto	6	36	0	0	65	0	0	0	
Septiembre	6	36	7	3	65	1,2636	18	22,7448	
Octubre	6	36	5	3	65	1,10565	19	21,00735	
Noviembre	6	36	5	4	65	1,42155	17	24,16635	
Diciembre	6	36	9	4	65	2,36925	14	33,1695	
						11,63565		144,7875	

Figura 79. Consumo eléctrico en aula teórica A1 por uso de portátiles.

A2									
		Horario		9					
Mes	Mesas	Enchufes	Enchufes utilizados	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	kWh diario	Días	kWh mensual	
Enero	6	36	5	4	65	1,2636	5	6,318	
Febrero	6	36	4	2	65	0,5265	15	7,8975	
Marzo	6	36	4	2	65	0,5265	19	10,0035	
Abril	6	36	4	2	65	0,5265	19	10,0035	
Mayo	6	36	4	2	65	0,5265	18	9,477	
Junio	6	36	4	4	65	0,8424	0	0	
Julio	6	36	5	4	65	1,2636	0	0	
Agosto	6	36	0	0	65	0	0	0	
Septiembre	6	36	7	3	65	1,2636	18	22,7448	
Octubre	6	36	5	3	65	1,10565	19	21,00735	
Noviembre	6	36	5	4	65	1,42155	17	24,16635	
Diciembre	6	36	9	4	65	2,36925	14	33,1695	
						11,63565		144,7875	

Figura 80. Consumo eléctrico en aula teórica A2 por uso de portátiles.

A3									
		Horario		6					
Mes	Mesas	Enchufes	Enchufes utilizados	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	kWh diario	Días	kWh mensual	
Enero	6	36	5	2	65	0,8424	5	4,212	
Febrero	6	36	4	2	65	0,351	15	5,265	
Marzo	6	36	4	2	65	0,351	19	6,669	
Abril	6	36	4	2	65	0,351	19	6,669	
Mayo	6	36	4	2	65	0,351	18	6,318	
Junio	6	36	4	2	65	0,5616	0	0	
Julio	6	36	5	2	65	0,8424	0	0	
Agosto	6	36	0	0	65	0	0	0	
Septiembre	6	36	7	2	65	0,8424	18	15,1632	
Octubre	6	36	5	2	65	0,7371	19	14,0049	
Noviembre	6	36	5	3	65	0,9477	17	16,1109	
Diciembre	6	36	9	3	65	1,5795	14	22,113	
						7,7571		96,525	

Figura 81. Consumo eléctrico en aula teórica A3 por uso de portátiles.

A4		Horario		6					
Mes	Mesas	Enchufes	Enchufes utilizados	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	kWh diario	Días	kWh mensual	
Enero	6	36	5	2	65	0,8424	5	4,212	
Febrero	6	36	4	2	65	0,351	15	5,265	
Marzo	6	36	4	2	65	0,351	19	6,669	
Abril	6	36	4	2	65	0,351	19	6,669	
Mayo	6	36	4	2	65	0,351	18	6,318	
Junio	6	36	4	2	65	0,5616	0	0	
Julio	6	36	5	2	65	0,8424	0	0	
Agosto	6	36	0	0	65	0	0	0	
Septiembre	6	36	7	2	65	0,8424	18	15,1632	
Octubre	6	36	5	2	65	0,7371	19	14,0049	
Noviembre	6	36	5	3	65	0,9477	17	16,1109	
Diciembre	6	36	9	3	65	1,5795	14	22,113	
						7,7571		96,525	

Figura 82. Consumo eléctrico en aula teórica A4 por uso de portátiles.

A5		Horario		5					
Mes	Mesas	Enchufes	Enchufes utilizados	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	kWh diario	Días	kWh mensual	
Enero	6	36	5	2	65	0,702	5	3,51	
Febrero	6	36	4	1	65	0,2925	15	4,3875	
Marzo	6	36	4	1	65	0,2925	19	5,5575	
Abril	6	36	4	1	65	0,2925	19	5,5575	
Mayo	6	36	4	1	65	0,2925	18	5,265	
Junio	6	36	4	2	65	0,468	0	0	
Julio	6	36	5	2	65	0,702	0	0	
Agosto	6	36	0	0	65	0	0	0	
Septiembre	6	36	7	2	65	0,702	18	12,636	
Octubre	6	36	5	2	65	0,61425	19	11,67075	
Noviembre	6	36	5	2	65	0,78975	17	13,42575	
Diciembre	6	36	9	2	65	1,31625	14	18,4275	
						6,46425		80,4375	

Figura 83. Consumo eléctrico en aula teórica A5 por uso de portátiles.

A6		Horario		6					
Mes	Mesas	Enchufes	Enchufes utilizados	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	kWh diario	Días	kWh mensual	
Enero	6	36	5	2	65	0,8424	5	4,212	
Febrero	6	36	4	2	65	0,351	15	5,265	
Marzo	6	36	4	2	65	0,351	19	6,669	
Abril	6	36	4	2	65	0,351	19	6,669	
Mayo	6	36	4	2	65	0,351	18	6,318	
Junio	6	36	4	2	65	0,5616	0	0	
Julio	6	36	5	2	65	0,8424	0	0	
Agosto	6	36	0	0	65	0	0	0	
Septiembre	6	36	7	2	65	0,8424	18	15,1632	
Octubre	6	36	5	2	65	0,7371	19	14,0049	
Noviembre	6	36	5	3	65	0,9477	17	16,1109	
Diciembre	6	36	9	3	65	1,5795	14	22,113	
						7,7571		96,525	

Figura 84. Consumo eléctrico en aula teórica A6 por uso de portátiles.

A7		Horario		4					
Mes	Mesas	Enchufes	Enchufes utilizados	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	kWh diario	Días	kWh mensual	
Enero	6	36	5	2	65	0,5616	5	2,808	
Febrero	6	36	4	1	65	0,234	15	3,51	
Marzo	6	36	4	1	65	0,234	19	4,446	
Abril	6	36	4	1	65	0,234	19	4,446	
Mayo	6	36	4	1	65	0,234	18	4,212	
Junio	6	36	4	2	65	0,3744	0	0	
Julio	6	36	5	2	65	0,5616	0	0	
Agosto	6	36	0	0	65	0	0	0	
Septiembre	6	36	7	1	65	0,5616	18	10,1088	
Octubre	6	36	5	1	65	0,4914	19	9,3366	
Noviembre	6	36	5	2	65	0,6318	17	10,7406	
Diciembre	6	36	9	2	65	1,053	14	14,742	
						5,1714		64,35	

Figura 85. Consumo eléctrico en aula teórica A7 por uso de portátiles.

A8		Horario		5					
Mes	Mesas	Enchufes	Enchufes utilizados	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	kWh diario	Días	kWh mensual	
Enero	6	36	5	2	65	0,702	5	3,51	
Febrero	6	36	4	1	65	0,2925	15	4,3875	
Marzo	6	36	4	1	65	0,2925	19	5,5575	
Abril	6	36	4	1	65	0,2925	19	5,5575	
Mayo	6	36	4	1	65	0,2925	18	5,265	
Junio	6	36	4	2	65	0,468	0	0	
Julio	6	36	5	2	65	0,702	0	0	
Agosto	6	36	0	0	65	0	0	0	
Septiembre	6	36	7	2	65	0,702	18	12,636	
Octubre	6	36	5	2	65	0,61425	19	11,67075	
Noviembre	6	36	5	2	65	0,78975	17	13,42575	
Diciembre	6	36	9	2	65	1,31625	14	18,4275	
						6,46425		80,4375	

Figura 86. Consumo eléctrico en aula teórica A8 por uso de portátiles.

BIBLIOTECA		Horario		12 h					
Mes	Mesas	Enchufes	Enchufes utilizados	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	kWh diario	Días	kWh mensual	
Enero	36	216	65	11	65	48,0168	15	720,252	
Febrero	36	216	32	3	65	6,318	19	120,042	
Marzo	36	216	22	3	65	4,212	26	109,512	
Abril	36	216	22	3	65	4,212	19	80,028	
Mayo	36	216	22	5	65	6,7392	18	121,3056	
Junio	36	216	65	8	65	35,3808	22	778,3776	
Julio	36	216	65	11	65	48,0168	21	1008,3528	
Agosto	36	216	0	0	65	0	0	0	
Septiembre	36	216	54	8	65	29,484	18	530,712	
Octubre	36	216	32	5	65	10,1088	19	192,0672	
Noviembre	36	216	76	7	65	35,3808	17	601,4736	
Diciembre	36	216	86	8	65	47,1744	14	660,4416	
						275,0436		4922,5644	

Figura 87. Consumo eléctrico en biblioteca por uso de portátiles.

PASILLOS		Horario		10					
Mes	Mesas	Enchufes	Enchufes utilizados	Tiempo de uso (h)	Potencia (W)	kWh diario	Días	kWh mensual	
Enero	14	28	11	4	65	2,6208	18	47,1744	
Febrero	14	28	7	4	65	1,638	19	31,122	
Marzo	14	28	7	4	65	1,638	19	31,122	
Abril	14	28	7	4	65	1,638	19	31,122	
Mayo	14	28	7	4	65	1,638	18	29,484	
Junio	14	28	8	4	65	1,9656	22	43,2432	
Julio	14	28	20	4	65	4,5864	21	96,3144	
Agosto	14	28	0	0	65	0	15	0	
Septiembre	14	28	13	4	65	2,9484	21	61,9164	
Octubre	14	28	11	4	65	2,6208	19	49,7952	
Noviembre	14	28	11	4	65	2,6208	17	44,5536	
Diciembre	14	28	11	4	65	2,6208	20	52,416	
						26,5356		518,2632	

Figura 88. Consumo eléctrico en pasillos por uso de portátiles.

		% influencia
Bi blioteca	4922,564	83%
Aulas	482,625	8%
Áreas de estudio	518,2632	9%
Consumo total	5923,453	

Figura 89. Resultados de consumo eléctrico por uso de portátiles instalados en diferentes áreas de la ETSE en el año 2021.

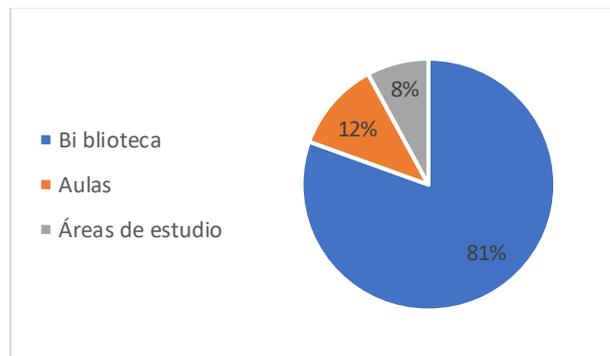


Figura 90. Influencia de áreas de la ETSE en consumo eléctrico por portátiles en el año 2021.

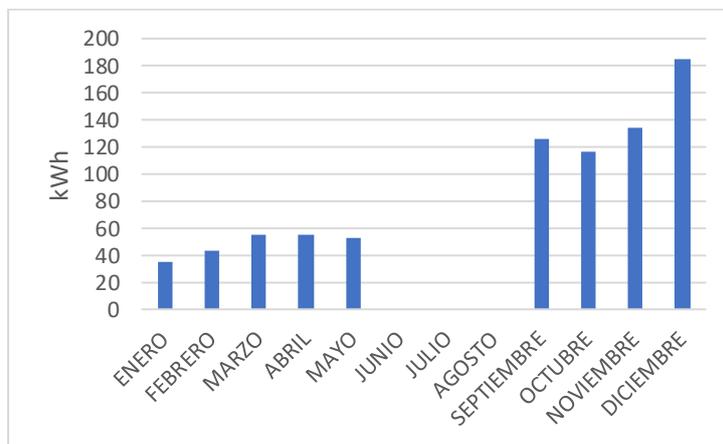


Figura 91. Consumo mensual de electricidad por uso de portátiles en la ETSE en el año 2021

A continuación, se presentan los valores asociados al consumo eléctrico por la utilización del sistema de refrigeración, en concreto, de aire acondicionado. Se identificó la ubicación de los diferentes equipos y se recopilieron datos de potencia eléctrica y frigorífica, tipo de refrigerante, capacidad del equipo y a partir de consultas con bedeles se obtuvo un valor aproximado sobre el tiempo de uso de estos equipos. En la Figura 92. se presentan los resultados.

REFRIGERACION								* sólo 5 meses, 3 verano y 2 primavera/otoño	
TIPO	GAS/REFR	CAPACIDAD (kg)	RECARGA	POTENCIA REFRIGERACIÓN (kW)	POTENCIA ELÉCTRICA (kW)	TIEMPO DE USO (h)	CONSUMO ELÉCTRICO DIARIO (kWh)	CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL (kWh)	
MÁQUINAS A/A SOLO FRÍO									
EQ X 4	R-410 A	2,3	0	8,4	3	6	18	7.200	
EQ X 1	R-410 A	1,26	0	6	2	6	12	1.200	
ED X 4	R-410 A	3,3	0	14,5	5,16	6	31	12.384	
ED X 1	R-410 A	1,55	0	7	2,6	6	16	1.560	
ENFRIADORA DE AGUA									
SIST REFRIGERACIÓN	R 407 C					58	8	464	
							TOTAL	541	68.744
							29	12	348
									57.144

considerando que no trabaja a la potencia máxima, sino que al 50%

Figura 92. Consumo eléctrico diario y anual por uso de sistemas de refrigeración de la ETSE.

En la ETSE se encuentra la instalación de extractores de aire, por lo tanto, se contabilizaron y se recopilaron datos de potencia y tiempo de uso. En la Figura 93 se presenta el consumo eléctrico asociado al uso de estos equipos.

EXTRACTORES					
CANTIDAD	POTENCIA (kW)	TIEMPO DE USO (h)	CONSUMO ELÉCTRICO DIARIO (kWh)	CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL (kWh)	
4	1,5	6	36	7.920	
14	0,4	6	34	7.392	
1	2,63	12	32	6.943	
4	1,125	6	27	5.940	
11	0,4	6	26	5.808	
			155	34.003	

Figura 93. Consumo eléctrico por uso de extractores instalados en la ETSE en el año 2021.

Consumo de electricidad por uso de cámara de conservación

En la ETSE se encuentra una cámara de conservación instalada para la conservación de sustancias químicas y diferentes materiales. En la Figura 94 se presenta el consumo eléctrico asociado al uso de este equipo.

CÁMARA DE CONSERVACIÓN				
CANTIDAD	POTENCIA (kW)	TIEMPO DE USO (h)	CONSUMO ELÉCTRICO DIARIO (kWh)	CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL (kWh)
1	2	6	12	4.380
				4.380

Figura 94. Consumo eléctrico diario y anual por uso de cámara de conservación instalado en la ETSE.

En resumen, se muestran los resultados de la estimación del consumo de electricidad en la ETSE. Los datos se presentan en dos figuras: una categorizada por equipo y otra por espacio de la ETSE. Es importante destacar que el consumo eléctrico de los equipos en los laboratorios se determinó mediante la resta del consumo real y el estimado debido a la dificultad en recopilar los datos de manera precisa.

RESULTADOS POR EQUIPO O MATERIAL DE CONSUMO		
Área	kWh/año	% influencia
Bombillas	167.498	38%
Ordenadores	14.943	3%
Monitores	2.440	1%
Proyectores	6.142	1%
Impresoras	12.066	3%
Escáner	42	0%
Televisores	612	0%
Canaletas	803	0%
Ascensor	7.410	2%
Portátiles	5.923	1%
Refrigeración	57.144	13%
Extractores	34.003	8%
Cámara conservación	4.380	1%
Equipos Laboratorio	129.291	29%
TOTAL	442.698	100%

Figura 95. Consumo eléctrico total de la ETSE desglosado por consumo asociado a diferentes equipos e instalaciones en la ETSE para el año 2021.

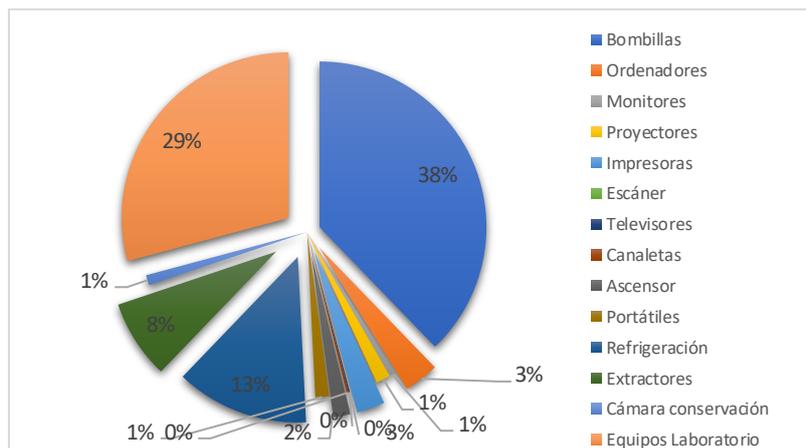


Figura 96. Influencia de equipos en el consumo eléctrico anual de la ETSE.

Para realizar el cambio de iluminación a led se consideraron se consideró una equivalencia de potencias entre bombillas/tubos y se reemplazaron los valores de potencia de la Tabla 15 para calcular el consumo asociado al cambio de instalación obteniéndose los resultados de la Tabla 39.

Tabla 39. Consumo eléctrico por iluminación led.

ÁREA	kWh	% influencia
AULAS TEORÍA	3810,6576	5%
AULAS COMPUTACION	781,2288	1%
AULAS TRABAJO	246,33	0%
SALÓN DE ACTOS	163,152	0%
BIBLIOTECA	2581,0512	4%
ASEOS	1328,184	2%
AREAS ESTUDIO Y PASILLOS	24938,6592	35%
LABORATORIOS DOCENCIA	1856,202	3%
LABORATORIOS INVESTIGACIÓN	15074,5536	21%
DESPACHOS	4652,5536	7%
CONSERJERÍA	120,0096	0%
PLANTA PILOTO	13237,524	19%
SALA JUNTAS	1128,96	2%
AULA PROYECTOS	464,256	1%
CONSUMO TOTAL ANUAL	70383,3216	100%