

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**Estrategias para la reducción de huella de carbono en 3 modelos tipo DIE.
2016, (aula académica, batería sanitaria y comedor), durante su
construcción y operación**

Trabajo de Graduación

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

Maiky Alexander Rojas Picado

Directora del Proyecto de Graduación:

Ing. Nidia Cruz Zúñiga

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio



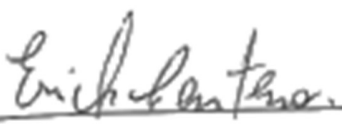
Directora del proyecto: Ing. Nidia Cruz Zúñiga



Estudiante: Malky Alexander Rojas Picado



Asesor: Ing. Erick Mata Abdelnour



Asesor: Ing. Erick Centeno Mora

Derechos de autor

Fecha: 2023, agosto, 9

El suscrito, **Maiky Alexander Rojas Picado**, cédula 3-0503-0478, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné **B66264**, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación **Estrategias para la reducción de huella de carbono en 3 modelos tipo DIEE. 2016, (aula académica, batería sanitaria y comedor), durante su construcción y operación**, bajo la Dirección de la **Ing. Nidia Cruz Zúñiga**, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); "no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Gloriana, quien a lo largo de los años ha estado a mi lado demostrando su apoyo incondicional.

Agradecimiento

A la Universidad de Costa Rica por darme la oportunidad y las herramientas para formarme como profesional en ingeniería.

A los miembros del comité asesor, el Ing. Eric Mata y el Ing. Erick Centeno por los aportes y conocimientos brindados para el desarrollo de esta investigación.

A mi directora la Ing. Nidia Cruz Zúñiga, a quien admiro y agradezco todo el apoyo que me ha dado para elaborar de la mejor manera este trabajo.

A mis padres, quienes me han guiado por el camino de la superación y de los buenos valores y quienes siempre me ha demostrado su amor y apoyo incondicional. Gracias por todo.

A mis hermanos, por siempre demostrar su cariño y apoyo en todo momento, especialmente a Valery quien es parte esencial en mi vida.

A los compañeros de la universidad que de diversas maneras influyeron en mi vida y, especialmente, a Keylor y Olger quienes se han convertido en grandes amigos y a quienes admiro y agradezco cada momento compartido en esta etapa.

Índice general

CAPÍTULO 1. Introducción	1
1.1 Justificación.....	1
1.1.1 Problema específico.....	1
1.1.2 Importancia	3
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo general.....	7
1.3.2 Objetivo específico	7
1.4 Delimitación del problema.....	8
1.4.1 Alcances	8
1.4.2 Limitaciones.....	9
CAPÍTULO 2. Marco teórico.....	9
2.1 Calentamiento global.....	9
2.2 Desarrollo sostenible	13
2.3 Huella de Carbono	16
2.3.1 Declaración Ambiental de Producto	22
2.4 Carbono neutralidad.....	23
2.5 Sistema constructivo DIE. 2016.....	26
CAPÍTULO 3. Metodología.....	29
Etapa 1: Búsqueda de información base	31
3.1 Etapa 2: Huella de Carbono	31
3.2 Etapa 3: Estrategias para el carbono neutralidad	32
CAPÍTULO 4. Descripción de las edificaciones modelo de la DIE.2016 utilizadas en el análisis	33
4.1 Descripción de las edificaciones modelo	33
4.1.1 Descripción del aula académica	33
4.1.2 Descripción de la batería Sanitaria	37
4.1.3 Descripción del comedor	41
4.2 Cuantificación de materiales para el cálculo de Huella de Carbono en la fase constructiva.....	44
4.2.1 Cuantificación de materiales para el aula académica.....	44
4.2.2 Cuantificación de materiales para la batería Sanitaria	46

4.2.3	Cuantificación de materiales para el comedor.....	47
4.2.4	Cuantificación de uso de equipos para las tres obras	49
4.3	Caracterización de actividades y cuantificación de datos para el cálculo de Huella de Carbono en la fase operativa	53
4.4	Cuantificación de datos para la estimación de la huella de carbono operativa	55
CAPÍTULO 5.	Desarrollo del método para el cálculo de Huella de Carbono	58
5.1	Factores de carbono equivalente utilizados para el cálculo.....	58
5.1.1	Factores de carbono equivalente utilizados para el cálculo de la Huella de Carbono Constructiva.....	59
5.1.2	Factores de carbono equivalente utilizados para el cálculo de la Huella de Carbono Operativa.....	64
5.2	Procedimiento para el cálculo de la Huella de Carbono constructiva.....	65
5.2.1	Objetivo de la huella estimada.....	65
5.2.2	Alcances de la huella estimada	66
5.2.3	Supuestos.....	66
5.2.4	Cálculo de la Huella de Carbono en la etapa constructiva	67
5.3	Procedimiento para el cálculo de la Huella de Carbono operativa.....	80
5.3.1	Alcances de la estimación de la huella operativa.....	80
5.3.2	Supuestos requeridos por el estudio.....	81
5.3.3	Cálculo de la Huella de Carbono operacional	82
5.4	Estimación de la huella de carbono global	85
CAPÍTULO 6.	Determinación de estrategias para la reducción y mitigación de la huella de carbono	87
6.1	Medidas de reducción y compensación aplicables a la fase constructiva	88
6.1.1	Identificación de mejoras y recomendaciones para la reducción de la Huella de Carbono a nivel constructivo.....	89
6.1.2	Evaluación y comparación del efecto de mejoras al diseño	97
6.2	Medidas de reducción y compensación aplicables a la fase Operativa.....	100
6.2.1	Identificación de mejoras y recomendaciones para la reducción de la Huella de Carbono a nivel operativo.....	101
6.2.2	Evaluación y comparación del efecto de medidas de compensación operativa.....	104
6.3	Gestión de la Huella de Carbono.....	105
CAPÍTULO 7.	Conclusiones y Recomendaciones	107
7.1	Conclusiones	107

7.2	Recomendaciones	110
CAPÍTULO 8.	Referencias bibliográficas.....	112
CAPÍTULO 9.	Anexos.....	122
9.1	Presupuestos.....	122
9.2	Respuestas al formulario.....	163

Índice de figuras

Figura 1.	Registro de temperatura media anual a nivel mundial entre los años 1850 y 2021.	11
Figura 2.	Cronología de las principales cumbres climáticas mundiales	12
Figura 3.	Objetivos de Desarrollo Sostenible	14
Figura 4.	Potencial de calentamiento global para algunos GEI	17
Figura 5.	Esquema de relación entre las normas de la familia ISO 14060	19
Figura 6.	etapas y módulos del ciclo de vida de un producto.....	23
Figura 7.	a) ciclo de implementación de la P+L. b) jerarquía de acciones de la P+L	24
Figura 8.	Secciones típicas para columnas prefabricadas.....	28
Figura 9.	Diagrama de flujo de la metodología a seguir	30
Figura 10.	vista interior del aula académica 72 m ²	34
Figura 11.	Vista en planta del aula académica 72 m ²	35
Figura 12.	Vista frontal del aula académica 72 m ²	36
Figura 13.	Vista lateral derecha del aula académica 72 m ²	36
Figura 14.	Batería Sanitaria Tipo 1 72 m ²	38
Figura 15.	Vista en planta de la Batería Sanitaria Tipo 1 72 m ²	39
Figura 16.	Vista frontal de la Batería Sanitaria Tipo 1 72 m ²	40
Figura 17.	Vista lateral derecha de la Batería Sanitaria Tipo 1 72 m ²	40
Figura 18.	Vista en planta del comedor de 72 m ²	42
Figura 19.	Vista frontal del comedor de 72 m ²	43
Figura 20.	Vista lateral derecha del comedor de 72 m ²	43
Figura 21.	Equipo de ejemplificación para la actividad de acarreo	50
Figura 22.	Equipo de ejemplificación para la batidora de concreto	51
Figura 23.	Equipo de ejemplificación para la máquina de soldar	51
Figura 24.	Equipo de ejemplificación para el compactador tipo sapo	52

Figura 25. Mapa sobre la ubicación de los centros educativos de referencia utilizados en la investigación.....	55
Figura 26. Diagrama de flujo para elección del factor de carbono equivalente de diversos materiales.	60
Figura 27. Huella de Carbono de los materiales utilizados en el aula académica.....	72
Figura 28. Huella de Carbono de los materiales utilizados en la Batería Sanitaria	73
Figura 29. Huella de Carbono de los materiales utilizados en el Comedor	74
Figura 30. Huella de Carbono de los materiales utilizados en el aula académica en las diferentes actividades del proceso constructivo.....	77
Figura 31. Huella de Carbono de los materiales utilizados en la Batería Sanitaria en las diferentes actividades del proceso constructivo.....	77
Figura 32. Huella de Carbono de los materiales utilizados en el Comedor en las diferentes actividades del proceso constructivo	78
Figura 33. Comparación de la Huella de Carbono de los materiales según las diferentes actividades del proceso constructivo	78
Figura 34. Huella de carbono generada por la operación del aula académica de 72 m ²	84
Figura 35. Huella de carbono generada por la operación de la batería sanitaria de 72 m ²	84
Figura 36. Huella de carbono generada por la operación del comedor de 72 m ²	85
Figura 37. Comparación de la huella de carbono de cada tipo de obra	87
Figura 38. Recibo de luz Escuela Miguel Barquero Picado (JASEC)	167

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen de lineamientos para determinación de límites según INTE/ISO 14064-1	20
Tabla 2. Categorías de reconocimiento de Carbono Neutralidad por el PPCN	26
Tabla 3. Cantidad de materiales utilizados en el aula académica.....	45
Tabla 4. Cantidad de materiales utilizados en la batería sanitaria.....	46
Tabla 5. Cantidad de materiales utilizados en el comedor	48
Tabla 6. Cantidad de kilómetros u horas de uso de equipos en las obras analizadas.....	50
Tabla 7. Promedio de consumo energético de equipos típicos en construcciones de pequeña escala	52
Tabla 8. Consumo total de energía para los equipos utilizados	53
Tabla 9. Estimación del promedio de consumo de recursos en el aula académica por mes...	56

Tabla 10. Estimación del promedio de consumo de recursos en la batería sanitaria.....	57
Tabla 11. Estimación del promedio de consumo de recursos en el comedor	57
Tabla 12. Factores de carbono equivalentes para el cálculo de Huella de Carbono de los materiales	61
Tabla 13. Factores de emisión para diversas fuentes	63
Tabla 14. Factor de carbono equivalente para cada fuente de emisión.....	64
Tabla 15. Factores de emisión para diversas fuentes.....	65
Tabla 16. Factor de carbono equivalente para cada fuente operativa de emisión por año	65
Tabla 17. Cálculo de Huella de Carbono para los materiales utilizados en las obras analizadas	68
Tabla 18. Huella de Carbono generada por cada obra en cada actividad del proceso constructivo.....	76
Tabla 19. Huella de Carbono generada por el uso de equipos típicos de construcción.....	79
Tabla 20. Huella de Carbono operativa para el aula académica	83
Tabla 21. Huella de Carbono operativa para la batería sanitaria	84
Tabla 22. Huella de Carbono operativa para el comedor	85
Tabla 23. Resumen de la Huella de Carbono según el tipo de obra	86
Tabla 24. Comparación de factores de carbono equivalente para materiales tradicionales y materiales sostenibles	98
Tabla 25. Huella de carbono según el material.....	99
Tabla 26. Comparación de factores de carbono fase operativa	104
Tabla 27. Huella de carbono fase operativa	105
Tabla 28. Huella de carbono global.....	106
Tabla 29. Presupuesto Aula Académica	122
Tabla 30. Presupuesto Comedor	133
Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria	149
Tabla 32. Respuestas a formulario CTP Liceo Santa Ana	163
Tabla 33. Respuesta a formulario Escuela Enrique Riba Morella.....	164
Tabla 34. Respuestas a formulario Escuela Miguel Picado Barquero	166

Rojas Picado, Maiky

Estrategias para la reducción de huella de carbono en 3 modelos tipo DIEE. 2016, (aula académica, batería sanitaria y comedor), durante su construcción y operación

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José, CR.:

M. Rojas P., 2023

xiii, 121, [46]h; ils col. -113 referencias

Resumen

En el proyecto se analizó la relevancia de la huella de carbono como indicador ambiental en los centros educativos del MEP. El objetivo principal de este proyecto fue cuantificar la huella de carbono de un conjunto de estructuras tipo del MEP como indicador de sostenibilidad, tanto en la fase constructiva como en la operativa, para dar recomendaciones para potenciales mejoras a los planos modelo que utiliza el MEP en la construcción de los centros educativos del país. Para esto se calculó la huella de carbono de la parte constructiva mediante los presupuestos y planos brindados por la DIE para bloque de aulas, comedor y batería sanitaria. Primeramente, se categorizaron los materiales según su naturaleza o uso, además se identificaron las actividades que generan carbono, posteriormente se buscaron los factores de emisión de carbono equivalente más atinentes a cada material en la realidad costarricense y posteriormente se estimó la huella por categorías, total y por metro cuadrado construido. En el caso de la fase operativa se realizó un formulario que se aplicó en los centros que contaban con las obras tipo 2016, con el fin de contar con datos sobre consumo eléctrico, gas GLP, manejo de residuos, aguas residuales y tipo de extintores, y por medio de indicadores de emisiones, se calculó la huella de carbono. Finalmente, se buscó opciones de sustitución para los materiales u operaciones que fueran posible para lograr disminuir la huella. No se logró las 0 emisiones de la parte constructiva debido a que hay materiales que no se pueden sustituir, es por ello, que se incentiva a realizar actividades e invertir en programas que ayudan a compensar esa huella, y de esta manera lograr ser carbono neutral.

Palabras clave: Huella de carbono, declaración ambiental de producto, factores de gas de efecto invernadero, construcción sostenible

CAPÍTULO 1. Introducción

1.1 Justificación

1.1.1 Problema específico

La magnitud de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), producidos globalmente, están por sobrepasar el límite seguro que propicia las condiciones aptas para el desarrollo de la vida en el planeta. Cambios considerables en las temperaturas, las precipitaciones, la frecuencia y la intensidad de los fenómenos extremos, los niveles del mar, la acidificación, la extensión de los glaciares y la decoloración de los corales representan algunas de las secuelas que percibimos desde hace algunos años que se agravan rápidamente y son cada vez más irreversibles. Esto, debido a la falta de control y conciencia sobre la producción de dichos gases contaminantes (Grupo BID, 2020).

Por lo anterior, movimientos globales han definido estrategias y acuerdos en búsqueda de mantener los niveles de temperatura por debajo de los 2°C con respecto a los niveles preindustriales, esto, con el fin de contrarrestar la problemática asociada al cambio climático y asegurar la prevalencia del equilibrio en los ecosistemas globales. Bajo este contexto, se debe destacar el hecho de que las actividades antropogénicas representan el principal detonante de este aumento acelerado de emisiones. Particularmente, las actividades asociadas a la industria de la construcción contribuyen significativamente en la incorporación de GEI a la atmósfera (Grupo BID, 2020).

Esta industria, a pesar de atender necesidades indispensables relacionadas a la prestación de servicios de energía, transporte, salud, agua, saneamiento, educación, vivienda y comunicación posee una contraparte negativa relacionada con la necesidad de extracción, producción y transporte de grandes cantidades de materias primas, lo cual, conlleva a grandes consumos de energía y por consiguiente a grandes aportes de carbono al ambiente. El sector de la construcción representa uno de los mayores contaminantes, emitiendo 39% de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, asimismo, se involucra las fases de construcción, uso y demolición, donde se alcanzan niveles hasta del 50% de la totalidad de CO₂ expulsado a la atmósfera (Aceves, 2021).

Desde el año 2007, Costa Rica se ha planteado la meta de ser un país carbono neutral (Gobierno de Costa Rica, 2011), lo cual significa que la sociedad se compromete a ejecutar

acciones internas que permitan reducir, remover y compensar las emisiones de carbono. Por consiguiente, el país ha adquirido el compromiso de liberarse de dichas emisiones en un 100% entre los años 2050 y 2100, cuantitativamente, se han planteado objetivos tales que para el 2030 las emisiones per cápita sean de 1.73 toneladas netas por año, para el año 2050 la reducción debe alcanzar niveles de 1.19 toneladas netas y así para el 2100 se espera que la compensación a nivel nacional alcance valores de -0.27 toneladas netas (Rona, 2019).

Para cumplir satisfactoriamente con este objetivo, es indispensable la participación, compromiso y ejecución de acciones por parte de la mayor cantidad de actores sociales tanto del ámbito privado como del público y poblacional. Para 2017, al programa de carbono neutralidad, planteado en el país, se adicionaron un total de 96 organizaciones de las cuales 92 completaron el ciclo y lograron ser carbonos neutrales, reduciendo considerablemente sus emisiones (Gobierno de Costa Rica, 2017). En el caso de entidades gubernamentales, como el Ministerio de Educación Pública (MEP), se busca certificar sus construcciones y operaciones bajo la marca de carbono neutralidad, cabe destacar, que esta institución representa un ente vital para generar contribuciones positivas debido a la naturaleza de las actividades que ejecuta.

Asimismo, esta institución ha realizado avances en materia de disminución de emisiones, optando por metodologías alternativas de construcción para sus centros educativos, concientizando a la población estudiantil e implementando prácticas sustentables en cuanto al uso energético (Rodríguez, 2017). Sin embargo, debido a la creciente cultura de tecnología y automatización, las tendencias se centran en establecer proyectos cada vez más estandarizados y como parte de esta corriente, el MEP ha desarrollado planos constructivos que permiten realizar proyectos basados en planos tipo.

Algunos de los modelos tipo más frecuentes corresponden a estructuras basadas en un sistema prefabricado de baldosas y columnas, que poseen previstas de montaje para integrar diferentes edificaciones, por ejemplo, aulas, comedores, baterías sanitarias, bibliotecas, casetas de seguridad, entre otros, según sean las necesidades de establecimiento de cada centro educativo. De esta manera, al implementar un sistema de medición de huella de carbono de cada elemento constitutivo de dichos modelos y de la operación típica que se le da a la construcción durante su vida útil, se pueden establecer estrategias que contribuyan a continuar sobre la ruta del objetivo de la carbono neutralidad.

1.1.2 Importancia

La huella de carbono es un indicador ambiental que refleja la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI), expresada como CO₂ equivalente, que es emitida directa o indirectamente como consecuencia de una actividad determinada (Espíndola, 2012), por esta razón, contabilizar la huella de carbono de edificaciones favorece la sostenibilidad del sector construcción. Este proceso involucra la identificación de cada material y su aporte individualizado de carbono a la atmósfera durante todo su ciclo de vida, para posteriormente encontrar el aporte global del producto generado. Cabe destacar que este proceso de medición conlleva una demanda significativa de tiempo, ya que implica el análisis de cada material involucrado y por lo general estos son muy numerosos. De esta manera, si se cuenta con un sistema constructivo estandarizado que, permite integrar diversas combinaciones de estructuras modelo, es ideal generalizar el aporte de carbono de cada edificación para agilizar el cálculo global de la huella generada por un complejo ensamblado a partir de este sistema constructivo.

En Costa Rica, la disponibilidad de datos relacionados al aporte de huella de carbono es deficiente, sin embargo, con la elaboración de la presente investigación se realizó un inventariado de dichos factores a partir de bases de datos y bibliografías internacionales, los cuales estarán disponibles para extrapolarlos a otro tipo de edificaciones que utilicen un sistema constructivo similar. Además, debido a que este tipo de indicadores de sostenibilidad se usan poco a nivel nacional, realizar la investigación en conjunto con una institución como el MEP ayudará a que el sector público interiorice la importancia de este tipo de metodologías para avanzar en la búsqueda de la sostenibilidad.

De igual forma, considerando que la etapa operativa y el uso que se le da a este tipo de construcciones también presenta características estandarizadas, debido a que su uso tiene un fin principal claramente reconocido, se pueden identificar patrones de consumo energético y de recursos con el objetivo de establecer estrategias y recomendaciones aplicables en este tipo de obras, las cuales pueden ser adaptables según las necesidades de cada proyecto a desarrollar.

En aras de continuar la ruta hacia el carbono neutralidad, y cumpliendo con los objetivos propuestos en el Programa País de Carbono Neutralidad (PPCN), es indispensable extender la elaboración de investigaciones que aporten información actualizada y estrategias innovadoras que permitan generalizar la cultura de la sostenibilidad. Además, reconociendo los niveles

reales de carbono que se generan en las actividades humanas, y principalmente en una industria como la de la construcción que es tan necesaria para el desarrollo de las sociedades, pero que produce niveles muy altos de contaminación en todas sus etapas.

Específicamente, la investigación responde a una solicitud del Departamento de Infraestructura Educativa del Ministerio de Educación Pública, para contribuir con el mandato que se les asignó de mejorar la sostenibilidad de las edificaciones que tienen a cargo en el país. Así, al analizar uno de los sistemas constructivos empleado por ellos para diseñar tanto centros educativos nuevos como ampliaciones de otros ya existentes, tendrá un aporte significativo en materia de contextualizar la realidad nacional sobre el desarrollo de infraestructura pública y su mitigación de impactos ambientales.

1.2 Antecedentes

La emisión de gases de efecto invernadero y el cambio climático son temas de gran preocupación e importancia a nivel mundial, por esta razón, se han desarrollado estudios, tanto a nivel nacional como internacional, con el fin de contar con metodologías de cálculo de Huella de Carbono en los diferentes ámbitos de la sociedad y con lineamientos que permitan mitigar los efectos de la emisión de GEI relacionados con las actividades humanas.

Desde los años 90's, se han generado e implementado acuerdos e investigaciones cuyo fin se basa en abordar la problemática del cambio climático; en definir metodologías para la estimación de emisiones y en establecer responsabilidades oportunas para la generación de GEI. En este sentido, se han organizado las denominadas "Conferencias de las partes" (COP), donde se reúnen los países que han ratificado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, convenio que busca establecer compromisos por parte de los países miembros para estabilizar la cantidad de emisiones de GEI y mitigar las consecuencias del cambio climático (UNFCCC, s.f).

En total se han llevado a cabo 27 Conferencias de las Partes, donde toman relevancia la COP3 de 1997 y la COP21 de 2015. De la primera, surge "El Protocolo de Kioto" que representa uno de los primeros esfuerzos para comprometer a los países miembros a reducir las emisiones de los principales 6 gases de efecto invernadero en un 5%, inicialmente. Mientras que, de la COP21, se establece "El Acuerdo de París" con el objetivo de disminuir la temperatura a nivel global a no más de 2°C al 2100, a través de responsabilidades comunes pero adaptadas según las posibilidades y vulnerabilidades de cada país (Suárez, 2021).

El concepto de Huella de Carbono permite entender cuantitativamente el impacto ambiental generado por las emisiones de Gases de Efecto Invernadero a la atmósfera procedentes de actividades humanas relacionadas con la producción y consumo de bienes y servicios. Este concepto nace, según Schneider (2010), como un componente de otro indicador ambiental más general, denominado Huella Ambiental, el cual, fue formulado en los años noventa por el Dr. William E. Rees (Doctor en ecología de las poblaciones) en coautoría con su entonces estuante el Dr. Mathis Wackernagel (Doctor en Planificación Comunitaria y Regional), ambos de la Universidad de British Columbia.

El concepto de Huella de Carbono tomó popularidad global cerca del año 2003 gracias a una campaña publicitaria desarrollada por una compañía dedicada a la industria petrolera y de gas natural que alentaba a la población a calcular su huella de carbono personal (Climate Trade, 2022). A partir de entonces, el concepto se ha convertido en un tema de interés general y se ha difundido como parámetro de referencia para entender la evolución del cambio climático.

Como parte de esta corriente y gracias a los esfuerzos de diversos países e instituciones se han desarrollado herramientas tecnológicas y normativas que contienen lineamientos y metodologías que sirven para abordar los temas ambientales. En este marco, toman relevancia las normas ISO específicamente las pertenecientes a la familia ISO 14060, las cuales regulan la cuantificación, el seguimiento, la información y la validación de las emisiones y remociones de GEI.

En enero de 2019, entra en vigor la versión más reciente de la norma ISO 14067, preparada por El Comité Técnico ISO/TC 207. El Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) aprueba la versión adaptada de esta norma el 29 de noviembre de 2019 bajo la denominación INTE/ISO 14064-1:2019. Asimismo, INTECO (2019) afirma que esta norma "detalla los principios y requisitos para el diseño, desarrollo y gestión de inventarios de GEI para organizaciones, y para la presentación de informes sobre estos inventarios."

Análogamente, el 25 de marzo de 2019, INTECO aprueba la norma INTE/ISO 14067:2019, esta norma "define los principios, requisitos y directrices para la cuantificación de la huella de carbono de productos" (INTECO, 2019), este cálculo se basa en un análisis de ciclo de vida de los productos. Establecido lo anterior, se debe dar entendimiento de que el cálculo de la Huella de Carbono ya sea para el ciclo de vida de un producto o para la operación de una organización,

depende de la estimación de factores que permitan deducir el equivalente de GEI en términos de dióxido de carbono.

Así, se han realizado estudios y recopilados resultados que permiten establecer bases de datos con información referente a la cantidad de carbono equivalente, según el enfoque de cálculo que se le dé a la estimación de la Huella de Carbono.

Mora (2022), realiza un cálculo de Huella Hídrica del proceso constructivo de dos proyectos residenciales ubicados en el Gran Área Metropolitana de Costa Rica. A pesar de que se trata de un indicador ambiental distinto, en su investigación, él emplea datos provenientes de una serie de documentos denominados Declaración Ambiental de Producto (EPD, por sus siglas en inglés) que, además de presentar datos del uso de agua en la producción de materiales, presenta equivalencias de masa de carbono para la generación de Gases de Efecto Invernadero en el ciclo de producción y otros parámetros que permiten evaluar la calidad ecológica de los diferentes productos.

De esta manera, cabe destacar que, en 1998 surge el programa EPD global de la compañía EPD International AB, la cual, es una plataforma digital que permite la publicación de diversas Declaraciones Ambientales de Productos compatibles con diversas normativas de carácter ambiental y verificados por terceros para asegurar la transparencia de la información presentada (EPD International AB, s.f).

De igual forma, para contabilizar las principales fuentes de generación de emisiones en la etapa operativa de una edificación, en julio de 2022 el Instituto Meteorológico Nacional publicó la duodécima versión de su documento titulado "*Factores de Emisión de Gases de Efecto Invernadero*", donde recopilan los factores equivalentes en masa de dióxido de carbono para calcular la Huella de Carbono de diversas actividades relacionadas con los sectores de energía, agrícola, residuos y procesos industriales.

Ya propiamente en el contexto del Ministerio de Educación Pública, se han realizado estudios aislados para estimar las emisiones GEI de algunos de sus centros educativos, encontrando, por ejemplo, las cantidades de metano por actividades relacionadas a la generación de residuos sólidos y aguas residuales y las cantidades de CO₂ asociadas al consumo eléctrico, con el adicional de estimar emisiones directas de actividades como la recarga de extintores de CO₂ (Salazar, 2015).

Adicionalmente, se han generado investigaciones dirigidas a establecer sistemas de gestión de emisiones GEI con el fin de controlar, reducir y mitigar los impactos de las actividades generadores de este tipo de gases. El MEP ha centrado sus esfuerzos en el programa de bandera azul, donde creó un manual denominado "*Programa Bandera Azul Ecológica para Centros Educativos*", donde la versión más actualizada es la 5 creada en diciembre 2020, pero rigiendo a partir del 2021.

Con lo que respecta al tema de la certificación carbono neutral, Mejías (2018), expone las normativas y los lineamientos a seguir para alcanzar la carbono neutralidad a nivel operativo en dicha institución tomando en consideración emisiones directas e indirectas. Este análisis aporta valor significativo para la investigación, ya que además de exponer los lineamiento y requisitos para obtener este tipo de certificación en una institución académica, presenta factores de emisión representativos para actividades ejecutadas a nivel operativo.

Finalmente, por la naturaleza del caso estudiado, es importante reconocer adecuadamente los requisitos y reglamentaciones a seguir para obtener la certificación. En esta materia, Costa Rica ha establecido una serie de documentos que exponen dichas condiciones, por ejemplo, el Programa País Carbono Neutralidad (PPCN) que establece acciones a seguir basados en el cumplimiento de la norma INTE B5:2016 (para demostrar la carbono neutralidad), asimismo, este plan posee un apartado especial para centros educativos públicos que en conjunto con el análisis del Manual para neutralizar la huella de carbono del Programa Bandera Azul Ecológica del MEP se podrán definir aquellas estrategias aplicables al caso estudiado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la huella de carbono como indicador de sostenibilidad en tres edificaciones tipo utilizadas por el Ministerio de Educación Pública (MEP) en los centros educativos del país con el fin de dar recomendaciones para la reducción de los impactos ambientales tanto en la fase de construcción como en la operación.

1.3.2 Objetivo específico

- Cuantificar todos los materiales de construcción típicos de cada una de las edificaciones y sus respectivos aportes a la huella de carbono.
- Determinar aspectos generales de la operación típica de estos modelos en los centros educativos para estimar la huella de carbono operativa.

- Definir recomendaciones de mejora en ambas fases (construcción y operación) para disminuir la huella de carbono.
- Establecer métodos de compensación de la huella final, con el fin de valorar una posible certificación carbono neutral de un centro educativo típico.
- Brindar insumos para la toma de decisiones a nivel del MEP en cuanto a la sostenibilidad de las edificaciones que construye y opera para los centros educativos del país.

1.4 Delimitación del problema

1.4.1 Alcances

- El cálculo de la huella de carbono se enfoca en las obras prototipo (DIE.2016) desarrolladas por la Dirección de Infraestructura Educativa del Ministerio de Educación Pública denominadas Aula académica 72 m², Batería Sanitaria tipo 1 72 m² y Comedor 72 m².
- Para el cálculo de la Huella de Carbono de los materiales y equipos, se emplea el presupuesto oficial y los planos constructivos de cada una de las obras prototipo.
- El cálculo de la huella de carbono de los materiales se enfoca en las primeras etapas del ciclo de producción, es decir, en la denominada etapa del producto.
- En el cálculo de Huella de Carbono no se considera la influencia de la mano de obra durante la fase de construcción.
- Al no contar con un emplazamiento específico para las obras a analizar, queda fuera del alcance de la huella los aportes por transporte local, movimiento de tierras y uso de maquinarias especializadas durante la fase de construcción.
- Los factores de emisión para gases de efecto invernadero producidos en la etapa de operación son tomados del documento: Factores de emisión de gases de efecto invernadero del Instituto Meteorológico Nacional.
- El cálculo de la Huella de Carbono Operativa se realiza con base en indicadores estadísticos generales relacionados con actividades y consumos de recursos típicos de estas edificaciones, además, la recopilación de datos se realiza mediante herramientas digitales.
- Se excluyen aspectos climáticos específicos que puedan impactar sobre la huella de carbono en la etapa operacional.
- Se brindan recomendaciones aplicables al diseño con el fin de disminuir la misma desde la etapa de construcción y se establecen estrategias de compensación para la fase operativa con el fin de alcanzar la carbono neutralidad. En ambos casos, las recomendaciones dadas son de carácter genérico y deberán ser evaluadas en cada caso particular.

1.4.2 Limitaciones

- Los datos empleados para el cálculo de Huella de Carbono de productos provienen de Declaraciones Ambientales de Producto contenidas en una base de datos global, según la disponibilidad de estas. Por lo que los resultados poseen una incertidumbre reconocida mas no calculada.
- Debido a la numerosa cantidad de materiales, no existen Declaraciones Ambientales de Producto para la totalidad de ellos, por lo que el cálculo se realizó mediante adaptaciones por similitudes y según la disponibilidad de estas.
- Debido a la escasa ejecución de proyectos en el periodo de análisis, no fue posible concretar visitas para generar material gráfico que ilustre el proceso de construcción.
- Debido a que no se cuenta con una región geográfica específica para el análisis, cuando se requiera implementar la metodología y las recomendaciones dadas, se deben evaluar las características propias de la zona donde se desarrollará el proyecto, con el fin de que el cálculo de huella de carbono y el establecimiento de estrategias de reducción sea más significativo.

CAPÍTULO 2. Marco teórico

2.1 Calentamiento global

Una de las principales problemáticas que enfrenta el planeta tiene que ver con el calentamiento global, este término lleva intrínsecos dos sentidos de uso, el primero de ellos se basa en un fenómeno que vislumbra las variaciones de temperatura experimentadas por la atmosfera terrestre y los océanos durante las últimas décadas, cuyo comportamiento se caracteriza, principalmente, por aumentos considerables en sus niveles promedios. Por otra parte, el concepto es empleado para hacer referencia a una teoría que pronostica el comportamiento de las temperaturas en el futuro, a partir de la investigación científica y las simulaciones computacionales (Barboza, 2013).

Por otra parte, la estabilidad climática del planeta ocurre mediante un proceso de balanceo energético natural denominado efecto invernadero. Este fenómeno se basa en un proceso de absorción y liberación de radiación solar, que ocurre por la acción de diferentes gases presentes en la atmósfera. La mayoría de estos gases permiten que la radiación procedente del sol, caracterizada por ser una radiación de alta energía y longitud de onda corta, transite libremente

hasta chocar con la superficie terrestre, posteriormente, al alcanzar la superficie esta radiación es reflejada y transformada en radiación con longitud de onda larga, en este caso, estos gases tienen la capacidad de retener cierta parte de dicha radiación con el objetivo de mantener la temperatura del planeta a un nivel adecuado para el desarrollo de la vida (Federación de Enseñanza de Andalucía, 2010).

Por la naturaleza de su fin, los gases que actúan en este fenómeno son denominados Gases de Efecto Invernadero (GEI), los siguientes, son algunos de los principales GEI: el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (O_3). No obstante, existen en la atmósfera otros gases, que poseen alta capacidad de retención de radiación y deterioro de la capa de ozono, pero cuyo origen se asocia a actividades antropogénicas, entre estos, se pueden mencionar al hexafluoruro de azufre (SF_6) y los halocarbonos, tales como, los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC) (Benavides, 2007).

El ozono es uno de los principales actores en el proceso, manteniendo una alta capacidad de absorber ondas pertenecientes al rango ultravioleta, mientras que los demás GEI se encargan de absorber radiación infrarroja. Estos gases absorben energía cuando su frecuencia vibracional molecular es similar a la frecuencia de radiación electromagnética, así, la energía absorbida genera que el movimiento molecular interno aumente, con lo cual, aumenta su temperatura y, así, el fenómeno propicia niveles de calentamiento en otras capas como la estratósfera y la mesosfera que permiten ostentar la vida en el planeta, cabe destacar que si la atmósfera no estuviera presente, la temperatura de la Tierra se encontraría en niveles inferiores a los $18^{\circ}C$ bajo cero y no sería posible el desarrollo de la vida (Benavides, 2007).

Ahora bien, es intuitivo pensar que entre mayor sea la concentración de Gases de Efecto Invernadero en la atmósfera mayor será la capacidad de absorción de radiación térmica y por lo tanto mayor será la temperatura asociada. Como se mencionó anteriormente, algunas actividades humanas, por ejemplo, la combustión de productos fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo con fines de transporte, producción de electricidad y procesos industriales, propician la generación, emisión y aumento en la concentración de estos gases en la atmósfera.

SINAC (s.f) menciona que la temperatura, desde 1880 hasta 2017, ha incrementado $1^{\circ}C$ y se mantiene aumentado a un ritmo de $0.2^{\circ}C$ por década. Asimismo, en la Figura 1, se muestran los valores de temperatura media anual, registrados a nivel mundial por diferentes modelos

climáticos de análisis de datos, los cuales permiten visualizar el aumento de la temperatura en las últimas décadas con respecto a la base considerada, es decir, a las condiciones preindustriales (periodo comprendido entre los años 1850 y 1900).

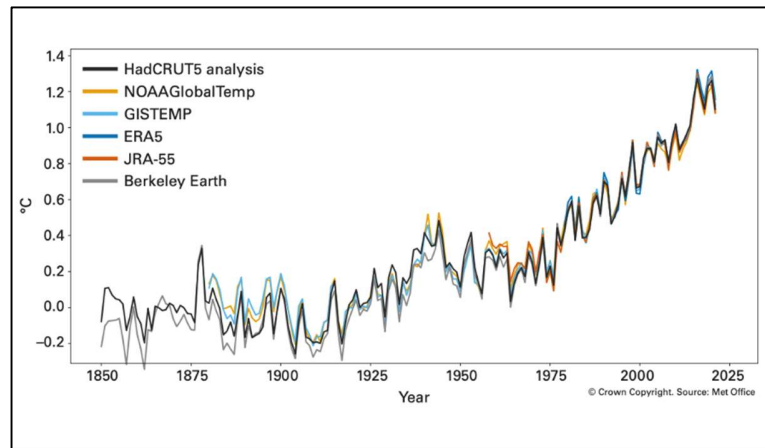


Figura 1. Registro de temperatura media anual a nivel mundial entre los años 1850 y 2021.

Fuente: (OMM, 2022)

De esta manera, se debe considerar que una vez los niveles de concentración de GEI en la atmósfera sobrepasan los rangos aceptables, el calentamiento se da a niveles más acelerados y el equilibrio energético, debido a la incidencia y salida de radiación solar, se ve afectado. Una consecuencia de esta alteración se ve reflejada en el fenómeno del cambio climático, que se define como la variación presentada en los patrones climáticos a nivel mundial, cuyos efectos se relacionan con alteraciones en la frecuencia y severidad de eventos atmosféricos extremos, trayendo consigo influencia negativa en el estilo de vida en las diversas sociedades y en las actividades económicas humanas (Estrada, 2014).

El tema del cambio climático representa una verdadera preocupación a nivel mundial, por esta razón y en aras de establecer medidas que permitan contrarrestar sus efectos, a lo largo de los últimos 30 años se han abierto espacios para las negociaciones internacionales en esta materia. En la Figura 2, se muestran las principales cumbres realizadas desde 1992, donde en ese entonces se llevó a cabo la denominada Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, realizada en Río de Janeiro. En esta cumbre, se hizo notar el consenso internacional y la preocupación por abordar la problemática del cambio climático (IBERDEOLA, s.f).

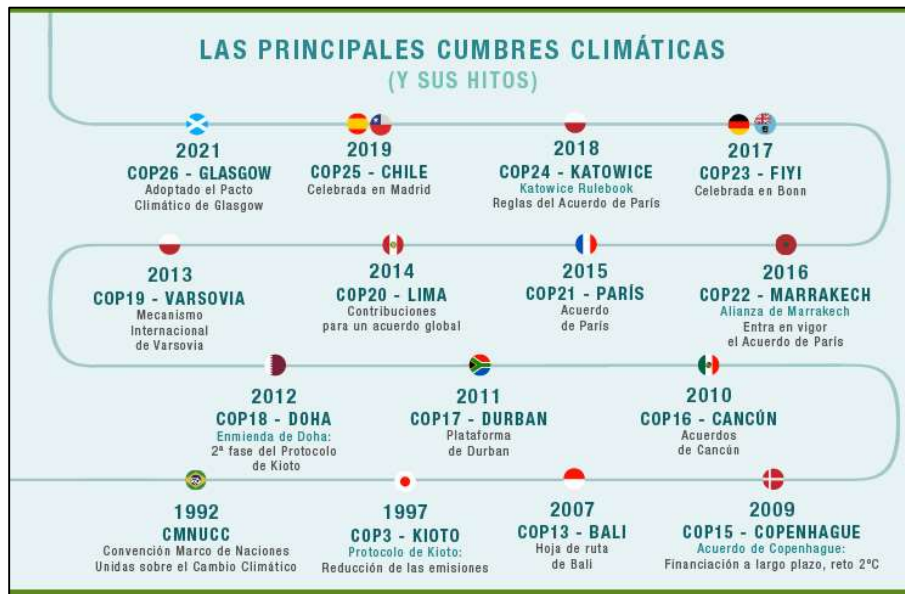


Figura 2. Cronología de las principales cumbres climáticas mundiales

Fuente: (IBERDEOLA, s.f).

Asimismo, en esta primera cumbre, mediante la firma de 166 países, se creó la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), que entró en vigor el 21 de marzo de 1994 y a la fecha ha sido ratificada por 197 países. Posteriormente, se efectuó la tercera Conferencia de las Partes (COP3), donde se estableció lo que se puede considerar como el primer compromiso mundial para detener las emisiones de GEI (Protocolo de Kioto), particularmente consideró los siguientes GEI: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆. Este protocolo extendió compromisos hasta el año 2020, tales como, limitar el incremento de la temperatura por debajo de los 2°C con referencia a los niveles preindustriales (IBERDEOLA, s.f).

Adicionalmente, en el año 2015 se aprobó el Acuerdo de París que contiene elementos legales para construir una estrategia mundial contra el cambio climático posterior al año 2020. Entre sus objetivos se encuentran: ampliar la meta de los 2°C a un límite superior de 1.5°C; las partes firmantes deben presentar contribuciones nacionales; abre la posibilidad al intercambio de emisiones entre países; entre otros. La más reciente COP se llevó a cabo en el año 2021 en el Reino Unido, haciendo hincapié en las urgencias y oportunidades para continuar avanzando hacia economías neutrales en cuanto a emisiones de carbono (IBERDEOLA, s.f).

Costa Rica también se ha sumado a los esfuerzos internacionales, iniciando por adherirse a la CMNUCC en el año 1994. Para el año 2010, se publicó la Estrategia Nacional de Cambio

Climático (ENCC) 2010-2020, que sentó las bases para la adaptación al cambio climático. El Acuerdo de París fue vinculante para Costa Rica, con lo cual, se desarrolló un nuevo marco legal e institucional para la acción climática. En 2018, se oficializó la Política Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) y, posteriormente, se han realizado múltiples acciones plasmadas en programas y políticas públicas para avanzar en esta materia y, actualmente, se encuentra en vigencia el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático 2022-2026, este documento representa el marco rector que orienta las acciones del país (SINAC, s.f)

2.2 Desarrollo sostenible

Sostenibilidad y desarrollo sostenible son términos ampliamente utilizados en la actualidad, una causa de este fenómeno es la búsqueda de transformar la configuración de las sociales actuales, con graves problemas en diferentes ámbitos, hacia sociedades más respetuosa con el ambiente, y a la vez, garantizar la armonía con otros aspectos como la economía y el bienestar social. No obstante, es importante señalar que estos dos términos presentan una leve diferencia en su conceptualización.

Así, se debe entender como sostenibilidad a aquella acción que permite mantener el estado de un sistema en un valor fijo, es decir, todas las variables involucradas en un sistema deben propiciar un estado de equilibrio a pesar de sus interacciones para evitar que el valor neto del sistema sea decadente en el tiempo. Entiéndase por sistema a un conjunto de elementos que se encuentran relacionados entre sí (Gallopín, 2003).

Ahora bien, para Gallopín (2003) en el concepto de desarrollo sostenible, la palabra desarrollo introduce a su significado una noción de cambio y mejora, con lo cual, no puede existir un equilibrio estático, ya que la innovación tecnológica y las modificaciones en la organización social hacen que el desarrollo sostenible sea un proceso dinámico. De esta manera, es posible entender al desarrollo sostenible como aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro de satisfacer sus propias necesidades (CEPAL, s.f).

Debe tenerse claridad en que este concepto posee gran amplitud de uso e involucra una gran cantidad de componentes que deben interrelacionarse y prevalecer sin perturbar el equilibrio para su detrimento, por lo tanto, al hablar de desarrollo sostenible estamos abarcando ámbitos como el político, el social, el económico y el ecológico. En este sentido, la sociedad debe

trabajar como un todo para procurar que el equilibrio no se pierda y, por el contrario, permitir una mejor calidad de vida humana dentro de ese equilibrio ecosistémico (Madroñero et al, 2018).

Para lo anterior, el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas en conjunto con una numerosa cantidad de organizaciones, definen una serie de 17 objetivos (ver Figura 3) orientados hacia el desarrollo sostenible con compromisos relacionados al tema de la pobreza, la protección del planeta y la prosperidad para el año 2030. Para esta investigación, es importante recalcar el objetivo número 13 "Acción por el clima", que busca fortalecer la resiliencia de los países ante los riesgos concernientes al clima y los desastres naturales ocasionados, principalmente, por los aumentos en las emisiones de carbono y otros Gases de Efecto Invernadero a la atmósfera (Barquero, 2019).

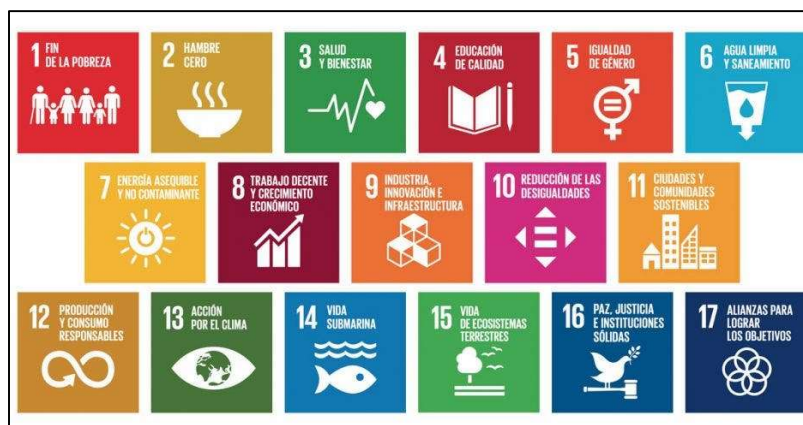


Figura 3. Objetivos de Desarrollo Sostenible

Fuente: (Barquero, 2019)

Por otra parte, para poder dimensionar y evaluar el progreso en materia de desarrollo sostenible, se tienen establecidos una serie de instrumentos que sirven como herramienta para medir los avances en cuanto a la consecución de objetivos relacionados a este tipo de desarrollo. Entre estos, podemos destacar la relevancia de los indicadores ambientales y de sostenibilidad, que permiten entender el panorama de cada país e incluso de sectores específicos en esta materia. Estos indicadores también permiten reconocer las incidencias de los procesos productivos sobre el medio ambiente y cuantificar el nivel de responsabilidad adquirido por una persona, una organización o una comunidad (Quiroga, 2007).

Ropero (2020), menciona que este tipo de indicadores permiten evaluar toda la información ambiental disponible con base en medidas físicas, químicas, biológicas, sociales y económicas. Esto evidencia la amplitud de áreas que pueden ser evaluadas mediante esta metodología de análisis, razón por la cual, se busca que los indicadores sean fáciles de manejar y entender; presenten información de calidad y confiable; puedan predecir comportamientos cronológicos; sean coherente con respecto a su costo y efectividad; sean sensibles a los cambios y sean específicos con su objetivo. Asimismo, esta misma autora, destaca los siguientes indicadores ambientales complementarios:

- Índice de bienestar económico sostenible (IBES): mide los niveles de desigualdad relativos a factores económicos, educación y salud, basados en el coeficiente de Gini.
- Índice de sostenibilidad ambiental (ISA): evalúa factores tales como las emisiones y concentración de gases contaminantes, uso de agroquímicos, calidad y volumen de aguas, crecimiento poblacional y consumo energético.
- Índice global de economía verde (GGEI): analiza los cambios e inversiones de los países hacia economías más respetuosas y sostenibles con el medio ambiente.
- Huella ecológica: evalúa el impacto ambiental que genera la demanda de recursos naturales por parte del ser humano, midiendo la capacidad que posee el propio planeta de regenerar sus recursos.
- Huella hídrica: Índice utilizado para cuantificar el uso del agua a niveles individuales, de productos, de organizaciones y de países.
- Huella de carbono: Indica la cantidad de gases de efecto invernadero producidos por una persona, producto, empresa, industria o ciudad.

A raíz de esta búsqueda de perpetuar los recursos naturales e inducir al ambiente el menor impacto posible, los diferentes sectores productivos han introducido a sus procesos diversas variables que posibilitan mejorar la sostenibilidad de sus actividades y reducir sus impactos negativos. Si se considera el sector construcción que, dicho sea de paso, es uno de los sectores que genera mayor cantidad de gases contaminantes en todas sus etapas, surge el concepto de construcción sostenible. Este concepto se fundamenta en el impulso de un modelo que le permite a la construcción civil enfrentar y proponer soluciones basadas en el respeto al entorno y a cada uno de los elementos de la naturaleza, abogando por no renunciar a las soluciones tecnológicas y a la creación de obras que atiendan las necesidades de los usuarios (CCC, 2016).

En el sector de la construcción, se aplican indicadores que permiten evaluar de manera periódica la sostenibilidad en las diferentes etapas de su ciclo de vida. Con el fin de realizar mediciones cuantitativas y cualitativas que permitan evidenciar el cumplimiento con los principios de esta metodología de construcción, entre los cuales, podemos mencionar los siguientes: optimizar el potencial del sitio; optimizar el uso de energía; proteger y conservar el agua; optimizar el espacio de construcción y el uso de materiales; mejorar la calidad ambiental interior y optimizar las practicas operativas y de mantenimiento (LAZOVSKA, 2018).

2.3 Huella de Carbono

Como se mencionó en la sección anterior, la Huella de Carbono se crea como una medida que puede ser utilizada, por personas y organizaciones, para cuantificar sus emisiones de GEI, y utilizar dicha información para establecer un indicador del impacto de una actividad o proceso sobre el cambio climático y, así, utilizar los resultados como base para definir metas en cuanto a su reducción y compensación. Estrada (2014) hace referencia a la Huella de Carbono como todas las emisiones de gases de efecto invernadero generadas, directa o indirectamente, por personas, organizaciones, productos, eventos o áreas geográficas, lo cual, se realiza en términos de contenido de CO₂ equivalente.

Puede entenderse como emisiones directas a aquellas que son propiedad de la organización o en cuyo caso la propia organización tiene el control sobre estas emisiones. Para ejemplificar, se habla de emisiones directas sobre aquellas que son liberadas en el lugar donde se produce la actividad, por ejemplo, las emisiones generadas por sistemas de calefacción o por el uso de vehículos, esto, en caso de que sus sistemas de funcionamiento se basen en la quema de combustibles fósiles. Por otra parte, se entiende por emisiones indirectas a aquellas que surgen como consecuencia de las actividades de la organización, pero que ocurren en fuentes que son propiedad de otra organización. Algunos ejemplos de emisiones indirectas son: las emisiones procedentes de la fabricación de bienes y servicios consumidos, por ejemplo, el consumo de energía eléctrica (Ministerio para la transición ecológica, s.f).

Ahora bien, cada GEI permanece durante periodos distintos e impacta de manera distinta a la atmósfera, razón por la cual, la idea fundamental del cálculo de la Huella de Carbono es obtener un valor total y equivalente para las emisiones de los gases de efecto invernadero en términos de la masa de dióxido de carbono, específicamente, Kilogramo de dióxido de carbono equivalente o tonelada de dióxido de carbono equivalente (KgCO_{2eq} o TonCO_{2eq}). La principal

razón de utilizar este gas como referencia es la de ser el más común y el que el más volumen de emisión contribuye al cambio climático, por ejemplo, para 2011 este gas se cuadruplicó con respecto a los niveles registrados en 1960 (Frohmann et al, 2013).

Asimismo, en la Figura 4, se muestran algunos valores para un parámetro denominado potencial de calentamiento global a 100 años, que puede ser utilizado como factor de comparación para entender los efectos, sobre el calentamiento global, de diferentes GEI con respecto a un mismo volumen de CO₂. Así, por ejemplo, si se compara una tonelada de metano con respecto a una tonelada de dióxido de carbono se evidencia que el metano posee un potencial de calentamiento que es 25 veces mayor que el del dióxido de carbono (Frohmann et al, 2013). De igual forma, en esta figura, se pueden observar algunas de las principales fuentes que originan cada tipo de GEI.

PRINCIPALES GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)			
Nombre	Fórmula química	Fuentes de emisión	Potencial de calentamiento global a 100 años
Dióxido de carbono	CO ₂	Combustibles fósiles (CF), deforestación, cemento	1
Metano	CH ₄	Rellenos sanitarios, fermentación entérica, arroz, CF	25
Óxido nitroso	N ₂ O	CF, fertilizantes, fibras sintéticas, estiércol	298
Hidrofluorocarbonos	HFC	Gases refrigerantes, fundición de aluminio, producción de semiconductores	1 300- 11 700
Perfluorocarbonos	PFC	Producción de aluminio, producción de semiconductores	6 500-9 200
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	Transmisión y distribución de electricidad, disyuntores, producción de magnesio	22 800

Figura 4. Potencial de calentamiento global para algunos GEI
Fuente: (Frohmann et al, 2013)

Las fuentes presentadas en la Figura 4, evidencian que una numerosa cantidad de acciones humanas generan emisiones de gases de efecto invernadero. En términos específicos del sector construcción, se puede realizar un análisis de la cantidad de carbono incorporado, el cual, hace referencia a la cantidad de CO_{2eq} asociado a la fase no operativa del proyecto, es decir, a aquellas acciones relacionadas a la extracción, fabricación, transporte, montaje, mantenimiento, reemplazo, deconstrucción, eliminación y final de la vida útil de los materiales y sistemas que conforman la obra y, a la vez, calcular la cantidad de carbono equivalente asociado con la operación de la estructura, es decir, sus consumos de energía, sistemas de calefacción, enfriamiento, suministro de agua, entre otros (ENKEL Group, 2020).

Con respecto a lo anterior, se han creado diversas normativas donde se expresan las formas correctas de abordar el cálculo de Huella de Carbono para diferentes categorías, siendo de particular interés para esta investigación, las categorías productos y organizaciones. A nivel internacional, el ente rector en materia de generación de normativas es la Organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés), quien genera estándares y guías relacionados a diversos temas. En el medio nacional, el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO) se encarga de desarrollar la normativa técnica requerida en el país, basado en la normativa internacional, pero asegurando que la norma sea aplicable en el país, esto en todos sus sentidos para obtener la mejor calidad (INTECO, 2017).

En términos de gases de efecto invernadero se cuenta con la familia de normas ISO 14060. Según (INTECO, 2019) este conjunto de normas "brindan claridad y coherencia para cuantificar, realizar seguimiento, informar y validar las emisiones y remociones de GEI para apoyar el desarrollo sostenible a través de una economía baja en carbono". En la Figura 5, se muestra, de manera esquemática, la relación entre las normas pertenecientes a esta familia.

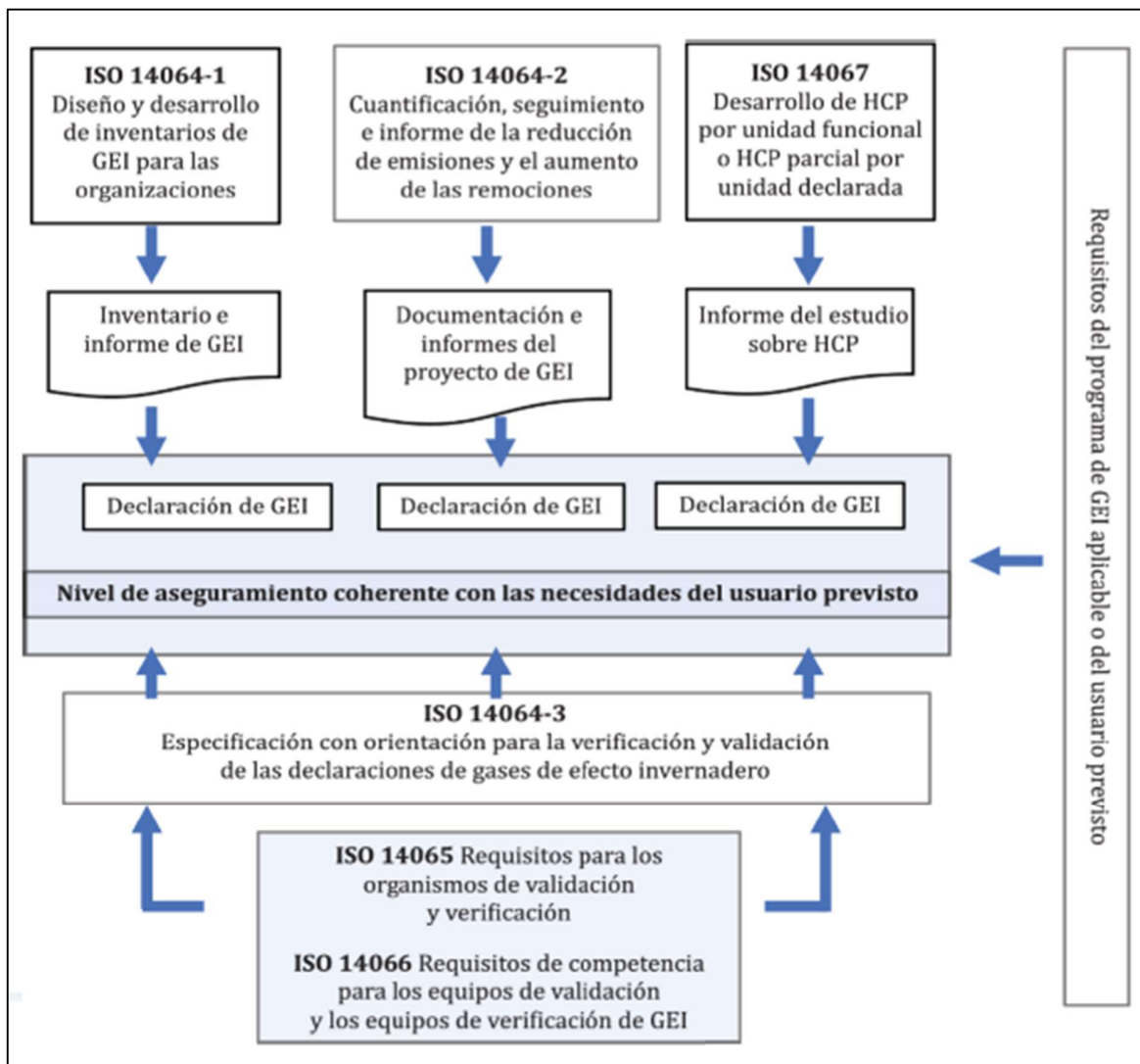


Figura 5. Esquema de relación entre las normas de la familia ISO 14060
Fuente: (Vindas, 2021)

Para el cálculo de Huella de Carbono, en las categorías de interés, se utilizan como base las normas INTE/ISO 14064-1 e INTE/ISO 14067. La primera de estas normas detalla las exigencias para la elaboración de inventarios de GEI y su debida gestión con respecto a las emisiones generadas por organizaciones. De esta manera, uno de principales requisitos es la determinación de los límites tanto del inventario como del informe, es decir, definir cuáles de sus instalaciones y fuentes de emisiones y/o remociones serán consideradas para el cálculo del inventario (INTECO, 2019). En la Tabla 1, se muestra un resumen de los criterios solicitados.

Tabla 1. Resumen de lineamientos para determinación de límites según INTE/ISO 14064-1

Límites de la organización	Límites del informe
<p><u>Enfoque de control:</u> se consideran todas las emisiones y/o remociones de GEI en las instalaciones sobre la cuales se tiene control operacional o financiero.</p>	<p>Definir cuales emisiones y/o remociones directas de los diferentes GEI se contabilizarán. Estos deben ser reportados en tonCO_{2eq}.</p>
<p><u>Enfoque de participación en el capital:</u> la organización contabiliza y justifica únicamente su parte de las emisiones y/o remociones</p>	<p>Definir cuales emisiones y/o remociones indirectas se contabilizarán y justificar los criterios para seleccionar las más significativas, con base en: la magnitud/volumen, el nivel de influencia en fuentes/sumideros, el acceso a la información y el nivel de exactitud de los datos.</p>

Fuente: (INTECO, 2019)

Una vez definidos estos límites, se procede a la cuantificación de las fuentes y sumideros de GEI, cabe destacar que, fuentes hace referencia a aquellos procesos que se encargan de liberar GEI a la atmósfera, mientras que sumideros se refiere a aquellos procesos que se encargan de remover un GEI de la atmósfera, por ejemplo, la forestación y la reforestación. Así, en primer lugar, se deben identificar dichas fuentes y sumideros, entre estos, se pueden considerar tanto las emisiones directas como las indirectas, estas últimas provenientes de: energía importada, transporte, uso de productos, entre otros. Si se omite alguna fuente o sumidero se debe justificar la razón (INTECO, 2019).

Adicionalmente, se debe determinar un enfoque de cuantificación que permita minimizar la incertidumbre para obtener resultados confiables al realizar el cálculo de la Huella de Carbono. En este caso, con base en la información recolectada en la etapa de identificación, se procede a determinar las cantidades correspondientes a la generación de emisiones, por ejemplo, Litros de combustible o Kilowatts de energía. Con base en esta nueva información, es posible aplicar la ecuación [1], recordando que el resultado debe expresarse en unidades de masa de CO₂ equivalente, en caso contrario deberá multiplicarse el resultado por el potencial de calentamiento global del GEI considerado y, finalmente, la Huella de Carbono total será la suma de cada HC_i (Estrada, 2014).

$$HC_i = (Dato_{actividad}) \times (Factor\ de\ emisión) \quad [1]$$

Donde:

- HC_i : Huella de Carbono de cada fuente
- $Dato_{actividad}$: Cantidad correspondiente a la actividad de generación (sus unidades dependen del tipo de actividad, p.e, Litros, Kilowatts, entre otros)
- Factor de emisión: factor de conversión a masa de CO_2 equivalente

Por otra parte, para la categoría productos, el cálculo se realiza con base en la norma INTE/ISO 14067, cuya finalidad es cuantificar la Huella de Carbono asociada al Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de un producto, enfocada en el impacto hacia el cambio climático. En relación con este tipo de análisis, se debe considerar que el mismo hace referencia a un sistema de recopilación y evaluación de las entradas, salidas e impactos ambientales en un sistema producto a través de su ciclo de vida, es decir, desde la adquisición de materias primas, el diseño, la producción, el transporte, el uso y hasta el tratamiento al final de la vida útil (INTECO, 2019).

La norma hace referencia a un término de importancia que tiene que ver con la unidad funcional o unidad declarada que, en analogía a lo presentado para la categoría organizacional, se puede entender como la cantidad de dicho producto, por ejemplo, 1 kg de acero o $1m^3$ de petróleo (INTECO, 2019). La importancia de tener claridad con este término radica en la necesidad de contabilizar adecuadamente las cantidades de producto para posteriormente realizar la correspondiente conversión a masa de CO_{2eq} . Según INTECO (2019), el cálculo de la Huella de Carbono en esta categoría debe incluir las siguiente cuatro fases del ACV:

1. Definición de objetivos y alcances: En términos generales, el objetivo es cuantificar la cantidad de emisiones en términos de CO_{2eq} , no obstante, se deben dar detalles sobre las aplicaciones del análisis, las razones de realizarlo y el público al cual va dirigido. Por otra parte, el alcance debe dejar claridad, entre otros aspectos, sobre el sistema estudiado, la unidad funcional, los límites del sistema, su alcance geográfico, el límite temporal y los supuestos considerados.
2. Análisis del inventario del ciclo de vida: Esta etapa involucra la recopilación, cuantificación, validación y modificaciones de los datos relacionados a las entradas y salidas para un producto a lo largo de su ciclo de vida, cabe resaltar que las entradas

hacen referencia a aspectos como el consumo de recursos y materiales, mientras que las salidas tienen que ver con emisiones y generación de residuos.

3. Evaluación del impacto de la Huella de Carbono: En esta etapa se realiza el cálculo del potencial de cambio climático de cada GEI considerado, esto se obtiene aplicando la ecuación [1], de manera similar al caso organizacional.
4. Interpretación del ciclo de vida: Se realiza un análisis de la consistencia de los resultados y se da paso a la formulación de conclusiones, limitaciones y recomendaciones.

Como se ha podido notar, un rubro importante en el cálculo de la Huella de Carbono es la obtención de factores que permitan conocer la cantidad de CO_{2eq} asociado, tanto a una actividad operativa como al ciclo de vida de un producto. Con respecto a esta última consideración, la norma ISO 14025 presenta lineamientos que permiten recolectar información ambiental cuantificada y demostrable sobre el ciclo de vida de un producto, mediante un sistema de etiquetado ambiental denominado Declaración Ambiental de Producto (EPD, por sus siglas en inglés).

2.3.1 Declaración Ambiental de Producto

La Declaración Ambiental de Productos corresponde al tercer tipo de un conjunto de tres etiquetas ambientales, esta se desarrolla basado en un ACV y se caracteriza por presentar información cuantificada sobre los impactos ambientales ocasionados durante el ciclo de vida de los productos, cuyo objetivo primordial es permitir las comparaciones entre productos de manera informada y promover la mejora en el desempeño ambiental. Es relevante que este tipo de etiqueta requiere de una verificación independiente de los datos, lo cual contribuye a asegurar la confiabilidad de estos (Arvizu, 2017).

Arvizu (2017), también menciona la existencia de tres tipos de EPD, que dependen de las etapas del ciclo de vida consideradas. El primer tipo es denominado "De la cuna a la puerta" y considera los módulos del ciclo de vida A1, A2 y A3. El segundo se denomina "De la cuna a la puerta con opciones", quien además de la etapa del producto, considera otras etapas adicionales y debe incluir el módulo D. Finalmente, el último tipo corresponde la EPD "De la cuna a la tumba" que incluye todas las etapas del ciclo de vida. Estas etapas se pueden visualizar en la Figura 6. Finalmente, Mora (2022) indica que las EPD declaran distintas categorías y parámetros, entre los cuales, menciona la categoría de Impacto ambiental

potencial, esta categoría proporciona un parámetro denominado potencial de calentamiento global (GWP), el cual, puede ser empleado para cuantificar las emisiones de CO_{2eq}.

Módulo	Etapa del producto			Etapa del proceso de construcción		Etapa de uso							Etapa de fin de vida				Etapa de recuperación de recursos
	Suministro de materia prima	Transporte	Fabricación	Transporte	Instalación de construcción	Uso	Mantenimiento	Reparación	Sustitución	Rehabilitación	Uso de energía en servicio	Uso de agua en servicio	Deconstrucción - demolición	Transporte	Tratamiento de residuos	Disposición - eliminación	Potencial de Reutilización-Recuperación-Reciclaje
	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D

Figura 6. etapas y módulos del ciclo de vida de un producto
Fuente: (Plycem, 2020)

2.4 Carbono neutralidad

Dirección de Cambio Climático (2018) hace referencia al concepto de carbono neutralidad como aquel proceso de medición que permite obtener como resultado del cálculo neto de las emisiones y remociones, menos las reducciones y compensaciones un valor igual a cero, esta relación se representa matemáticamente mediante la ecuación [2]. En otras palabras, ser carbono neutral significa compensar y reducir la totalidad de emisiones de carbono que se liberan a la atmósfera, es decir, obtener un balance igual a cero en cuanto a la Huella de Carbono y, así, no contribuir al calentamiento global.

$$\sum E - \sum R - \sum C = 0 \quad [2]$$

Donde:

- E: medición o estimación de las emisiones totales.
- R: mecanismos de reducción de emisiones
- C: mecanismos de compensación de emisiones

Las reducciones y compensaciones de carbono son dos términos de relevancia contenidos en el desarrollo de la carbono neutralidad. Así, la noción del primer concepto se basa en la cantidad de CO_{2eq} que logra disminuir una organización mediante la implementación de acciones internas para limitar las cantidades liberadas, por ejemplo, cambios y mejoras en la tecnología de transporte y energía, mecanismos de producción más limpia (P+L), sustitución de productos,

entre otros. Cabe destacar que este proceso de disminución de emisiones puede darse de manera natural mediante la captura realizada en el proceso de fotosíntesis, por lo que proyectos de forestación son una alternativa viable para reducir las emisiones (Mejías, 2018).

También, es posible dar relevancia a la conceptualización de la producción más limpia. Varela (s.f) define la producción más limpia como "una estrategia integrada y continua de prevención, aplicada a los procesos, productos y servicios, con el fin de lograr un uso más eficiente de los recursos". De esta manera, algunas opciones para alcanzar los objetivos de esta estrategia son: mejorar el desempeño ambiental, minimizar la generación de desechos, prevenir la contaminación en la fuente, la ecoeficiencia y la producción verde.

De igual forma, se menciona que el término de P+L reconoce que ni los productos ni los procesos son totalmente limpios, pero que al seguir un esquema cíclico de análisis e implementación de mejoras es posible obtener avances progresivos. Asimismo, se debe jerarquizar las acciones que permitan alcanzar estos objetivos, donde la prioridad se centra en evitar la generación de desechos antes de producirlos y la acción última debe basarse en disponer los desechos, considerando que las metodologías de disposición deben ser adecuadas y seguras (Ver Figura 7) (Varela, s.f).

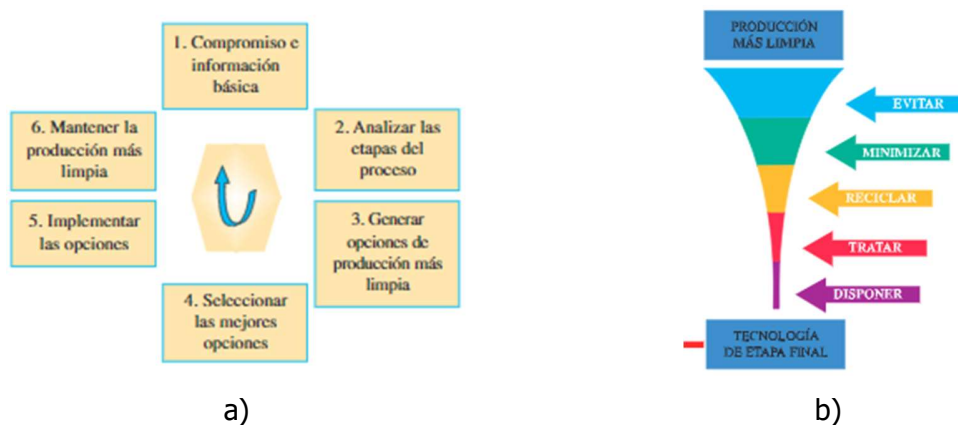


Figura 7. a) ciclo de implementación de la P+L. b) jerarquía de acciones de la P+L
Fuente: (Varela, s.f)

Por otra parte, se denomina compensación de emisiones a aquellas metodologías que permiten remover o prevenir el CO₂ presente en la atmósfera, mediante acciones externas a la organización, con el fin de subsanar aquellas emisiones que se generan dentro del proceso de producción o el uso de ese proceso y que no pueden ser removidas a partir de acciones internas (DCC, 2018). Esto se puede lograr, por ejemplo, mediante la participación en proyectos

ambientales del tipo de generación de energías limpias y el apoyo a organizaciones que se encargan de proteger bosques.

En Costa Rica, estos sistemas de compensación son voluntarios y la norma vigente (INTE B5: 2021) reconoce mecanismos como: las Reducciones Certificadas de Emisiones (CER), Reducciones voluntarias de emisiones (VER) y la Unidad Costarricense de Compensación (UCC); los cuales, se basan en sistemas que tiene como objetivo limitar, reducir e informar acerca de las emisiones GEI mediante un sistema de comercialización que brinda un valor a cada certificado, por ejemplo, equivalente a una tonelada de dióxido de carbono (Enel Energía, 2021).

Así, en materia de gestión de la Carbono Neutralidad, la norma INTE B5 (en su versión más actualizada) brinda los lineamientos y requisitos que debe cumplir una organización, de cualquier índole para demostrar la carbono neutralidad. En esta norma, se mencionan aspectos relacionados a los requisitos para realizar el inventario de emisiones y remociones, haciendo referencia a la norma presentada anteriormente. Adicionalmente, solicita la demostración de acciones tanto de reducción como de compensación mediante planes de reducción y la documentación referente a los esquemas de compensación. Finalmente, requiere del desarrollo de un sistema de gestión que permita controlar cualquier cambio realizado en el proceso de demostración de esta condición de cero emisiones en el tiempo (INTECO, 2021).

Adicionalmente, en Costa Rica se cuenta con el Programa País Carbono Neutralidad (PPCN), el cual, pertenece a la Dirección de Cambio Climático (DCC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Este programa representa un mecanismo voluntario que les permite a las organizaciones, fabricantes de productos, comunidades, centros educativos y organizadores de eventos llevar a cabo todo el proceso de demostración de la Carbono Neutralidad, es decir, medir sus emisiones, demostrar sus reducciones y alcanzar la certificación de una manera verificada, basado en las normativas mencionadas tanto en esta como en secciones anteriores (DCC, s.f).

El programa surge de una serie de iniciativas y procesos de mejora continua, que iniciaron con el compromiso voluntario adquirido por Costa Rica en 2007 de alcanzar la Carbono Neutralidad en el año 2021, posteriormente, ratificados con la firma del acuerdo de París, con lo cual el programa se oficializó en 2018. Esta herramienta permite generar registros de emisiones tanto del sector público como del privado y brinda incentivos para generar un mayor número de

empresas alineadas con sus objetivos y según el nivel de esfuerzos de acción climática (Rona et al, 2019). Para el interés de esta investigación, resulta conveniente resaltar los reconocimientos en la categoría organizaciones, específicamente, la subcategoría de centros educativos y la categoría de productos.

De esta manera, el PPCN Categoría Productos pretende brindar un mecanismo oficial y avalado por el gobierno de Costa Rica para reconocer la adecuada gestión de las emisiones de GEI en estudios de Huella de Carbono bajo un enfoque de ACV (Reyes et al, s.f). Mientras que el PPCN subcategoría centros educativos posee lineamientos para la implementación y reconocimiento del inventario de emisiones, remociones, reducciones y compensaciones de GEI asociados a organizaciones de este tipo (De León, s.f). En ambos casos se otorgan alguna de las siguientes certificaciones:

Tabla 2. Categorías de reconocimiento de Carbono Neutralidad por el PPCN

Categoría	Descripción
Carbono Inventario	La organización realiza el inventario de sus emisiones GEI de acuerdo con lo especificado en las normativas de procesos y estándares de calidad del PPCN 2.0.
Carbono Reducción	La organización, además de realizar su inventario, gestiona y cuantifica acciones de reducción de emisiones GEI asociadas a sus fuentes de emisión
Carbono Reducción Plus	La organización, además de gestionar y cuantificar acciones de reducción, establece objetivos adicionales determinados por el Ministerio de Ambiente y Energía.
Carbono Neutral	La organización realiza acciones de mitigación y compensa aquellas no ha podido reducir a través de los Mecanismos de Compensación Permitidos.
Carbono Neutral Plus	La organización, además de compensar sus emisiones, establece objetivos adicionales determinados por el Ministerio de Ambiente y Energía.

Fuente: (Rona et al, 2019)

2.5 Sistema constructivo DIE. 2016

El sistema constructivo DIE, que es el que se analizará en este informe, se basa en plano tipo, los cuales son planos constructivos y estructurales estandarizados, para la construcción de espacios físicos, según el requerimiento de las diferentes instituciones y áreas del país. Los modelos tipo, que se utilizarán para la contabilización de Huella de Carbono (aula académica, batería sanitaria y comedor) se basan en un sistema estandarizado de construcción diseñado

por el Departamento de la Dirección de Infraestructura Educativa (DIE) del MEP. Estos modelos, se caracterizan por estar constituidos, a nivel estructural, por elementos tipo columnas y baldosas, las cuales, son obtenidas a partir de un proceso de prefabricación.

Haciendo referencia a la DIE, la manera de operar este tipo de obras se basa, en primer lugar, en la recepción de una solicitud que expresa la necesidad de desarrollar un proyecto con ciertas características particulares. En este sentido, existen diversas posibilidades en la formulación de dicho proyecto, por ejemplo, el proyecto puede o no incluir alguna de las obras acá analizadas; puede incluir la construcción de más de una estructura del mismo tipo; se pueden presentar combinaciones entre estas obras e incluso combinaciones con otras de las muchas posibilidades de diseños con los que cuenta esta institución.

Así, una vez definida la configuración del centro educativo a desarrollar se procede a utilizar una serie de presupuestos base (desarrollados por los diseñadores de cada obra), con el fin de establecer un marco de referencia económico al poner en licitación la obra. De esta manera, empresas constructoras interesadas pueden hacer sus ofertas y la DIE procede a analizar la base de información presentada, a comparar contra el presupuesto oficial y a definir un margen de seguridad en cuanto a los costos para determinar a quien adjudicar la obra. Posteriormente, la DIE toma un rol de fiscalización para asegurar que la ejecución de la obra se lleve a cabo de una manera correcta.

Por otra parte, este sistema constructivo con planos tipo se basa en el uso predominante de sistemas prefabricados. Los prefabricados se caracterizan por ser sistemas modulares con elementos estructurales elaborados a partir de concreto reforzado en una fábrica y transportados posteriormente al sitio de la obra para su respectivo montaje. Estos sistemas, permiten ejecutar los trabajos de campo con una disponibilidad reducida de mano de obra y sin la necesidad de operaciones con equipo especial. Para Costa Rica, es importante considerar que los elementos prefabricados deben cumplir con las normativas vigentes en materia de construcción y con el Código Sísmico (Holcim, 2014).

Este sistema incluye diversos elementos, principalmente, las baldosas diseñadas para cumplir funciones de pared estándar, de vigas (banquina y cargador) y de muros, cuyas dimensiones son ajustables a las necesidades del diseñador. Con respecto a las columnas, estas se construyen con un área de sección transversal estándar, por lo general, de 12 cm x 12 cm, con ranuras que permiten integrar las baldosas al sistema, sus longitudes típicas van de los 2.94

m a los 3.78 m, de igual forma, dentro de estas columnas se pueden instalar los elementos correspondientes al sistema eléctrico y mecánico, ya que las mismas se fabrican con previstas para este fin, en la Figura 8, se muestran algunas de las secciones típicas en las que se fabrican las columnas de este sistema constructivo (Holcim, 2014).

Por lo general, el sistema prefabricado es montado sobre una fundación tipo placas aisladas unidas mediante una viga de amarre y con sustituciones de suelo en caso de que las características no sean adecuadas para el soporte. Con respecto a los elementos constituyentes el sistema prefabricado es versátil y permite adaptar diversos tipos materiales, según las necesidades de la construcción (Holcim, 2014).










SIMBOLOGÍA DE COLUMNAS		
	A	COLUMNA PARA CORREDORES Y PASILLOS
	B	COLUMNA PARA BUQUES DE PUERTA
	B - A / T	COLUMNA B CON APAGADOR O TOMACORRIENTE
	C	COLUMNA PARA PARED CONTINUA
	C - A	COLUMNA C CON APAGADOR
	C - T	COLUMNA C CON TOMACORRIENTE
	D	COLUMNA ESQUINERA
	E	COLUMNA PARA PAREDES PERPENDICULARES
	F	COLUMNA MULTIPARED

Figura 8. Secciones típicas para columnas prefabricadas

Fuente: (DIE, s.f)

CAPÍTULO 3. Metodología

La metodología para la elaboración del trabajo final de graduación descrito en el presente documento se muestra en Figura 9.

Cabe destacar que, debido a inconvenientes fuera del alcance de la investigación, se tuvieron que considerar y evaluar aspectos que en primera instancia no fueron estimados, por ejemplo, la falta de registros documentales por parte de la sección del MEP colaboradora en la investigación, además, en el periodo de la investigación se dio la indisponibilidad de proyectos, lo cual, no permitió abordar de manera gráfica la representación de procesos constructivos y la indisponibilidad, por falta de tiempo y otras razones por parte de centros educativos pertenecientes al MEP para abordar los temas tratados en la presente investigación.

Así que, los resultados de algunas de las secciones servirán únicamente a manera de ejemplificación. Sin embargo es importante recalcar que , el tema tratado es relevante para nuestra sociedad y todas las otras civilizaciones a nivel global, por lo que, se recomienda que, anticipadamente se establezca una metodología de trabajo en cooperación que permita reconocer y establecer parámetros con relevancias numéricas y cualitativas para las instituciones involucradas y, en general, para el establecimiento de estrategias dirigidas hacia la eliminación o subsecuentemente disminución de emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera que nos mantiene con vida a todos los seres humanos, animales, plantas y otros seres que habitamos este planeta.

Con base en lo anterior, para la presente investigación, se presenta una descripción del desarrollo llevado a cabo y las etapas necesarias para concluir con el tema tratado.

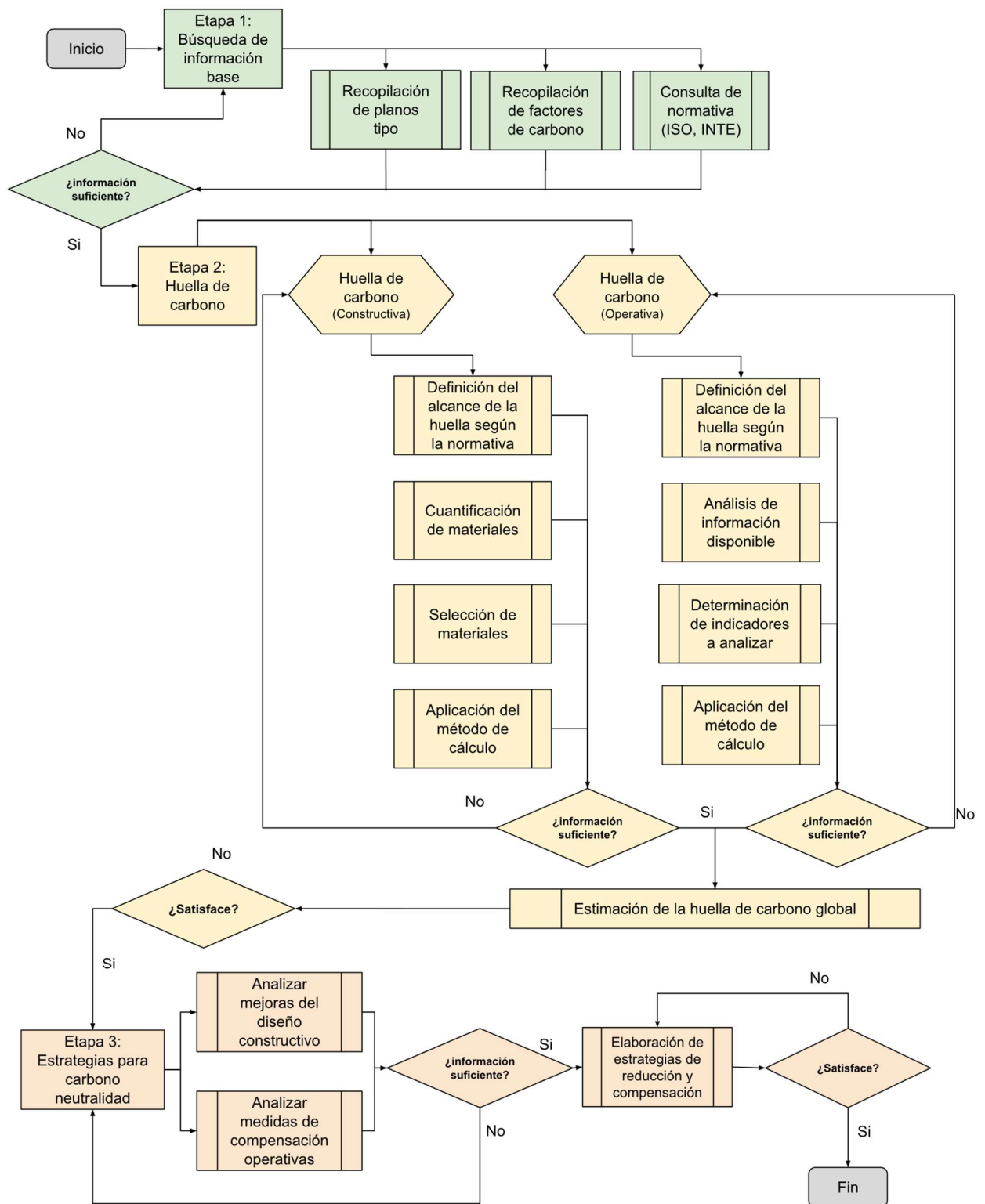


Figura 9. Diagrama de flujo de la metodología a seguir

Etapa 1: Búsqueda de información base

El objetivo principal de esta etapa fue obtener toda aquella información que se consideró necesaria para el desarrollo del trabajo. En esta etapa se recopilaron y analizaron los planos constructivos de las edificaciones modelo a analizar y se analizaron los consumos operativos en estas edificaciones, esta información fue brindada por el MEP, a pesar de los inconvenientes involucrados. Además, se realizaron revisiones a dichos planos para identificar aspectos generales relacionados al proceso constructivo. De igual forma, se revisaron fuentes bibliográficas y bases de datos que exponen metodologías de cálculo de huella de carbono en edificaciones y los factores de carbono equivalente utilizados, con el fin de determinar cuáles de los documentos se adaptan de mejor manera al proyecto.

Para finalizar con esta etapa, se revisaron las normativas vigentes en materia relacionada a la huella de carbono, particularmente, las del Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica INTECO basadas en las normas Propuestas por el International Standardization Organization (ISO) y adaptadas a la cultura y el comportamiento costarricense, para conocer los lineamientos que se deben cumplir tanto a nivel nacional como internacional y así lograr que las medidas y procedimientos que se establezcan en este proyecto tengan validez.

3.1 Etapa 2: Huella de Carbono

Con base en la información recopilada en la etapa 1, se inició la etapa 2 que consistió en el cálculo de la huella de carbono de las edificaciones consideradas en la investigación. Para esto, se inició con la definición del alcance de la huella de carbono, ya que la normativa solicita que se realice este proceso antes de iniciar el cálculo, cabe destacar que, para la huella constructiva se dejó fuera del alcance el transporte local de los materiales, ya que el cálculo generado se buscó que fuera aplicable en zonas del país indistintas de su localidad, por lo que el aporte de la actividad de transporte, deberá ser considerada al momento de llevar a cabo un proyecto por parte del MEP en un lugar definido estratégicamente para desarrollar este tipo de obras.

Luego, se ejecutó el cálculo de la huella de carbono constructiva, en primer lugar, reconociendo y analizando cada uno de los materiales involucrados en el proceso de construcción. Así, al enlistar todos estos materiales, se seleccionaron aquellos que, según su aporte y disponibilidad de información, se consideraron más significativos para el análisis, y así, posteriormente se aplicó la metodología de cálculo definida para este estudio que, consistió en obtener factores de carbono equivalentes para cada uno de los materiales según su disponibilidad en la librería

Internacional de Declaraciones Ambientales de Productos y su respectiva multiplicación con la cantidad utilizada en cada una de las obras para así calcular la huella de carbono. Una vez encontrada la huella de carbono constructiva, se estudiaron las actividades operativas típicas de cada edificación, con base en las respuestas obtenidas por parte de los centros educativos que cooperaron con la investigación y se procedió a definir el carbono equivalente de las actividades con mayor importancia según los factores de carbono establecidos por el Instituto Metrológico Nacional que, aunque conservadores, representan la fuente de mayor investigación en el ámbito nacional. Esto se realizó con el fin de encontrar la huella de carbono asociada a la operación de cada una de las estructuras analizadas. La etapa 2 finalizó cuando se analizaron cada una de las edificaciones y se obtuvieron los valores correspondientes a la huella de carbono global correspondiente a cada caso.

Se aclara que no se incluyó agua usada en la construcción, electricidad y combustibles. Así, como la demolición de la obra después de su vida útil.

3.2 Etapa 3: Estrategias para el carbono neutralidad

Esta etapa se enfocó en encontrar soluciones que permitan disminuir o compensar la huella de carbono en este tipo de construcciones. Para tratar la huella constructiva se buscaron posibles medidas aplicables al diseño, basándose en documentos oficiales de información ambiental cómo lo son las Declaraciones ambientales de producto, las cuales fueron evaluadas para determinar su factibilidad y comparar el efecto de dichos cambios; además, se utilizaron dichos documentos para enfatizar en la importancia de incentivar el desarrollo en el país, ya que inicialmente se planteó la posibilidad de consultar con empresas nacionales relevantes en cada ámbito, para conocer de ellos los datos buscados en la presente investigación, y sin embargo, las consultas no fueron fructuosas, ya que las fuentes de consulta no contaban con un estudio ambiental de este tipo.

De esta manera, para tratar la huella constructiva se buscaron posibles medidas aplicables al diseño, basándose en dichos documentos oficiales de información ambiental. Por otra parte, se reconoce de antemano que, en primera instancia, la huella constructiva no puede ser eliminada completamente, por lo cual, se definen estrategias de mitigación aplicables a la operación de las estructuras y así buscar que estas y otras medidas de carácter más local permitan que las edificaciones puedan alcanzar una categoría de carbono neutralidad, esto se debe a que al no contar con un emplazamiento específico, las medidas definidas tienen un

carácter general y se pueden aplicar mejoras más específicas para aprovechar los recursos disponibles y así, reducir aquellos casos en los que los niveles de emisiones no pueden alcanzar el cero o menos en emisiones de carbono.

CAPÍTULO 4. Descripción de las edificaciones modelo de la DIE.2016 utilizadas en el análisis

4.1 Descripción de las edificaciones modelo

Como se ha mencionado anteriormente, el sistema empleado para la construcción de las obras prototipo denominadas: Aula académica 72 m², Batería Sanitaria tipo 1 72 m² y Comedor 72 m², se basan en un sistema prefabricado del tipo columnas y baldosas de concreto con una vida útil de 50 años, no obstante, en esta sección se presentará una descripción más detallada que permita entender la distribución y composición de estas tres obras.

4.1.1 Descripción del aula académica

Según los planos constructivos facilitados por el Departamento de Infraestructura Educativa del MEP (DIE), el aula académica que posee un área de 72 m² es una estructura desarrollada en el año 2016. Posee un frente de 6 m y una profundidad de 12 m, dimensiones que pueden ser verificadas en la Figura 11, Figura 12 y Figura 13. Esta obra, cuenta con un espacio interior de concepto abierto destinado a la impartición de lecciones, principalmente, para centros educativos con grados académicos de primaria y secundaria. La estructura posee la capacidad de albergar al menos 35 personas, según se extrae de la información en los planos constructivos (ver Figura 10 y Figura 11).

La composición estructural de esta obra se basa en un sistema sismorresistente aprobado por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, el mismo posee un sistema de soporte del tipo fundación de placa aislada, ubicadas según la distribución de columnas, estas placas se integran al sistema mediante una viga de amarre elaborada en concreto reforzado. Los elementos de soporte vertical y horizontal son prefabricados, es decir, elaborados en una planta a medida y transportados al sitio para su montaje.

Esta obra posee columnas de tipo B, C (tanto sólidas como con previstas electromecánicas), D y E (según se presentó en la Figura 8). Además, cuenta con baldosas con una altura de 42 cm y 50 cm cuyas longitudes que van de los 30 cm a los 150 cm. En cuanto al contrapiso, se emplea concreto reforzado y se mejora el suelo mediante una capa de lastre compactado.

Asimismo, bordeando tres de sus caras principales, se construye una acera en este mismo material.

La parte estructural de sus techos se construye mediante perfilería de acero laminado en frío, integrada mediante uniones de soldadura, mientras que, la hojalatería emplea diversos grados de hierro esmaltado. Por otra parte, para el manejo de aguas, en general, se cuenta con un sistema pluvial, donde la mayoría de sus componentes se emplean en Policloruro de Vinilo (PVC) y se integra a un sistema de cuneta construido mediante concreto reforzado.

Las instalaciones eléctricas cuentan con un sistema de iluminación y tomacorrientes convencional, con conductores del tipo THHN #12, canalizaciones en PVC Conduit de 12 mm y demás componentes en materiales plásticos y metálicos. Finalmente, para abordar los acabados, se emplea mortero de la marca Repemax, impermeabilizante y pintura para las paredes; para los pisos se emplean lozas de Terrazo pulidas y se genera un rodapié en concreto; y para los cielos se utiliza Gypsum con una capa de pintura. Por último, se cuenta con los cuatro tipos de ventanas, todas ellas fabricadas con virio de 3 mm y con sus respectivas rejas de seguridad, así como, con puertas fabricadas a base de perfiles y láminas de acero.

Como se puede observar en la Figura 11 y Figura 12, el sistema presenta previstas, consideradas en el diseño, para que este tipo de obras puedan ser integradas en un complejo que utilice un sistema constructivo similar, ya sea con el mismo tipo de aula académica u otras de las estructuras prototipo del DIE.



Figura 10. vista interior del aula académica 72 m²

Fuente: (DIE, 2018)

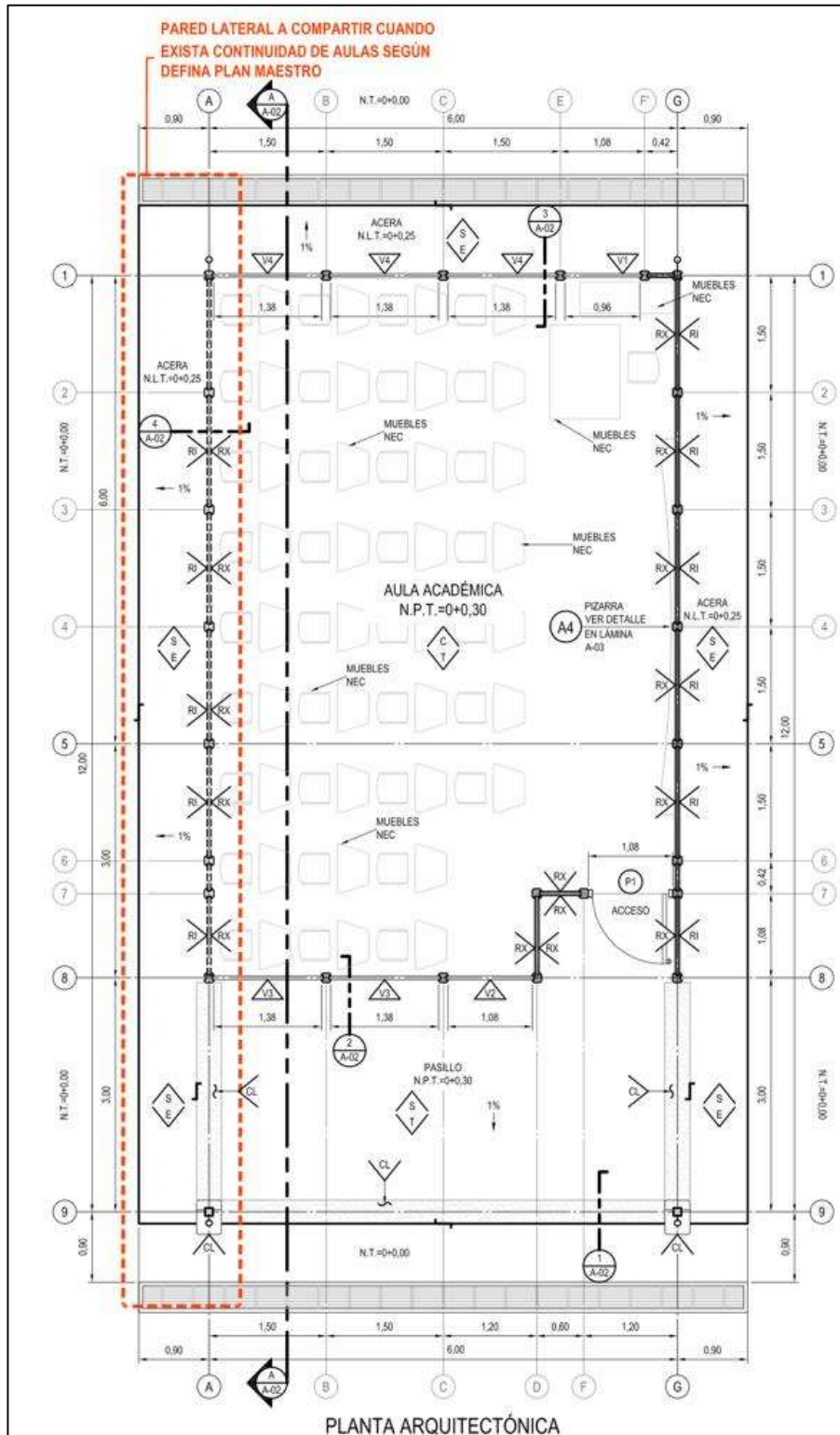


Figura 11. Vista en planta del aula académica 72 m²

Fuente: (DIE, s.f)

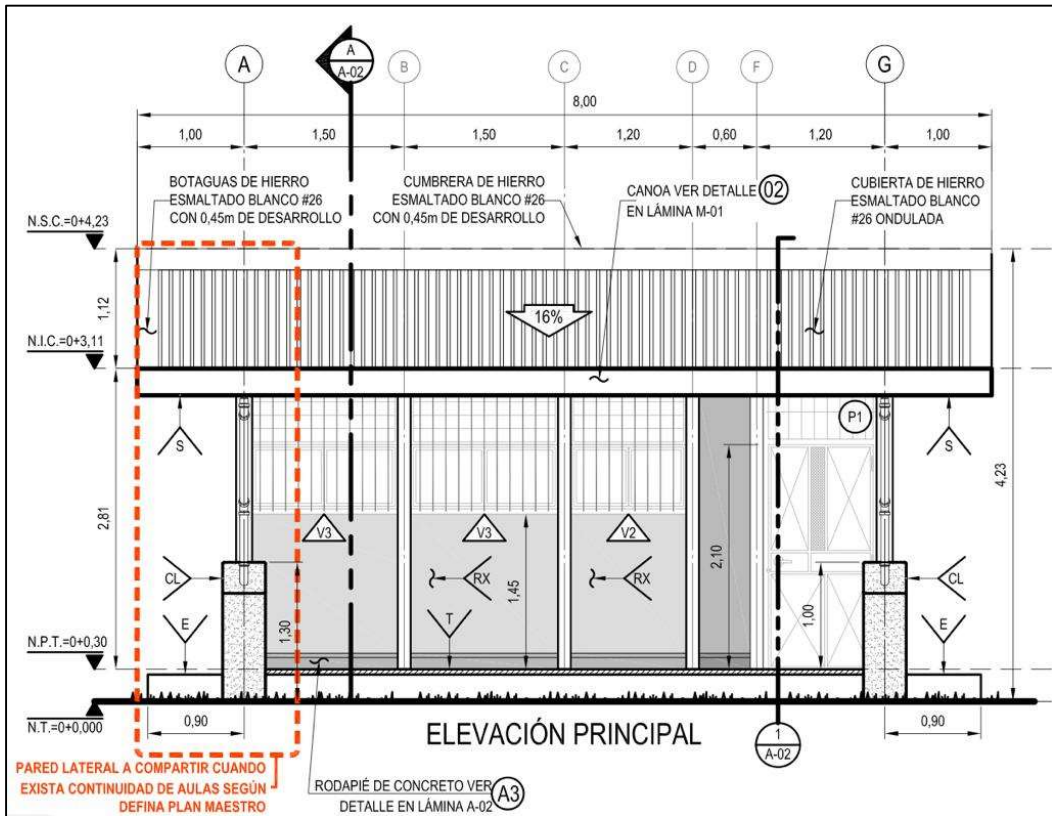


Figura 12. Vista frontal del aula académica 72 m²

Fuente: (DIE, s.f)

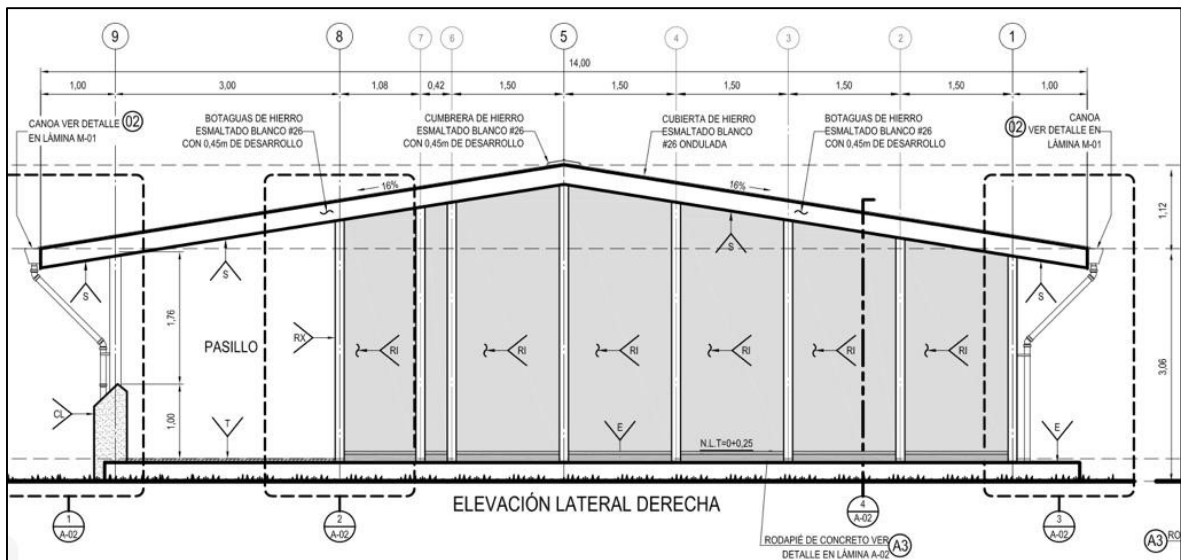


Figura 13. Vista lateral derecha del aula académica 72 m²

Fuente: (DIE, s.f)

4.1.2 Descripción de la batería Sanitaria

Como batería sanitaria entendemos a "cualquier grupo de piezas sanitarias similares y adyacentes, que tienen una misma tubería de abastecimiento de agua y descargan en el mismo ramal de desagüe" (Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones, 2017). La obra analizada, cuenta con un área de 72 m² que, similar al caso anterior, presenta un frente de 6 m y una profundidad de 12 m, no obstante, con una distribución arquitectónica distinta, en la Figura 14, se logra apreciar una vista renderizada de esta obra. Cabe destacar que, para esta estructura se mantiene el concepto de modularidad con la pared prevista para integrar otras estructuras (ver Figura 15 y Figura 16).

En su interior, la Batería Sanitaria cuenta con una serie de subdivisiones, llevadas a cabo mediante el sistema prefabricado de baldosas y columnas, que permite habilitar una serie de espacios destinados a servir como servicios sanitarios regulares, servicios sanitarios acordes con la ley 7600 (sobre la igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad), bodegas, duchas y piletas, según se observa en la Figura 15. Específicamente, se cuenta con:

- 8 servicios sanitarios individuales
- 3 espacios con bidés
- 2 servicios sanitarios acordes con la ley 7600
- 1 bodega
- 1 ducha
- 1 espacio de pileta y bebedero

Estructuralmente, esta obra es similar al aula académica de 72 m². De esta manera, emplea la misma metodología para la construcción de sus fundaciones, contrapiso, acera, estructura de techo, hojalatería e instalaciones eléctricas. Por otra parte, presenta columnas con secciones transversales del tipo A, B, C, D, E y F, esto en diferentes alturas para cumplir con el diseño arquitectónico (ver Figura 16 y Figura 17), asimismo, cuenta con baldosas de 50 cm de alto y longitudes entre los 30 cm y 150 cm.

Sus instalaciones mecánicas presentan un mayor grado de complejidad en comparación con el caso anterior, ya que además de la instalación para el manejo de aguas pluviales, se cuenta con sistemas para el abastecimiento de agua potable y el tratamiento de aguas negras. Para el sistema de agua potable se construye de la manera convencional con tuberías a presión en

PVC a diferentes grados de resistencia según los requerimientos, además se emplean accesorios en este mismo material, cromados y en hierro galvanizados. Para las aguas negras, se emplean tuberías y accesorios en PVC destinadas a actividades sanitarias, también, se emplean accesorios en hierro galvanizado y cromados, en esta instalación mecánica, es importante el sistema de ventilación y, mencionar que, el sistema de tratamiento depende, en gran medida, de las condiciones del sitio donde se vaya a construir la obra, por lo que esta parte se determina para cada emplazamiento particular.

Para los acabados, se emplean enchapes de azulejo, repellos de Repemax, pisos de Terrazo con rodapié de concreto, cielos de Gypsum y pintura, según corresponda. Cuenta únicamente con dos tipos de ventanería, ambas con el mismo espesor de vidrio de 3 mm y sus respectivas rejas de seguridad. Las puertas se construyen de manera similar al caso anterior mediante perfiles y láminas de acero.



Figura 14. Batería Sanitaria Tipo 1 72 m²

Fuente: (DIE, 2018)

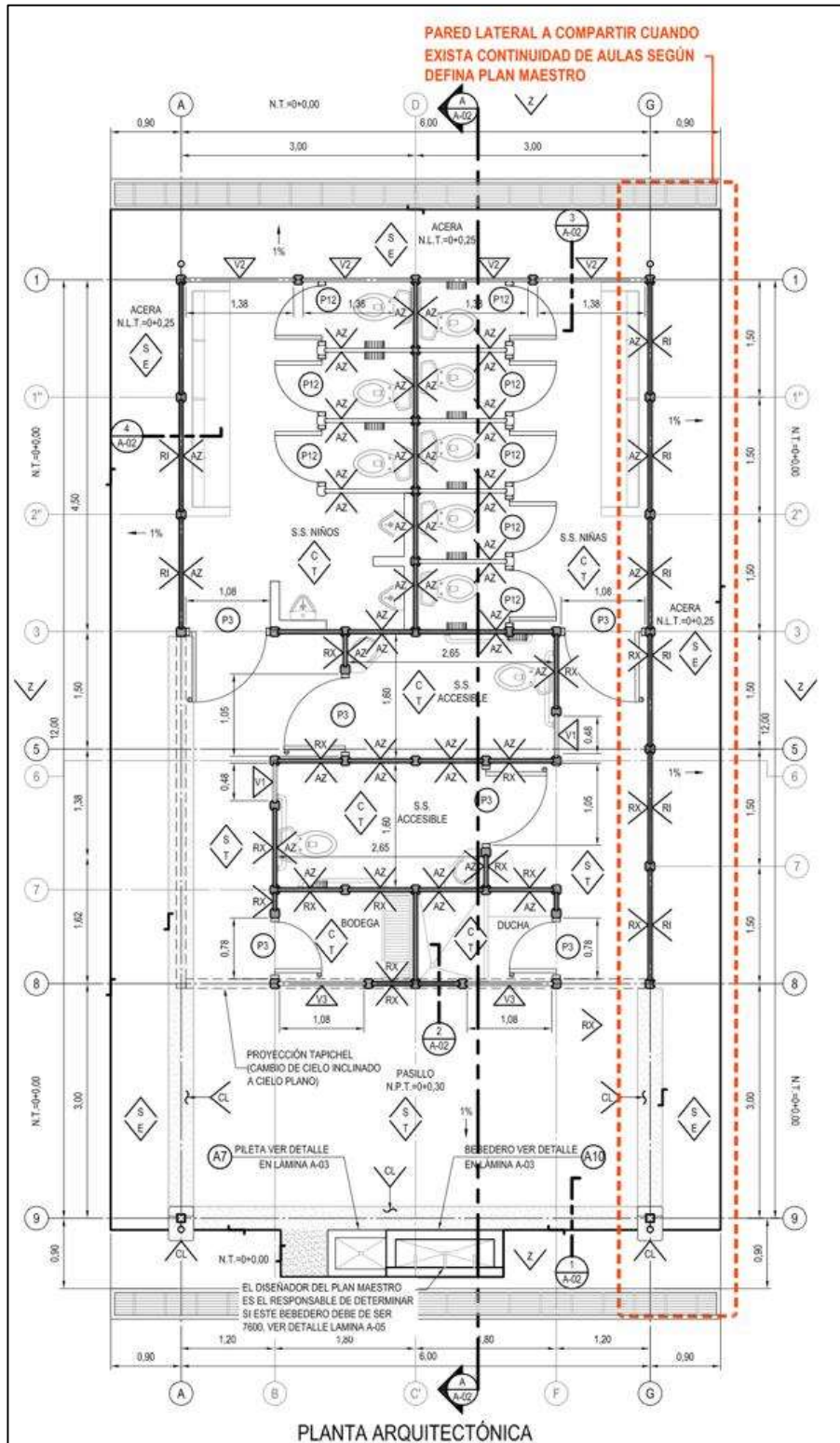


Figura 15. Vista en planta de la Batería Sanitaria Tipo 1 72 m²

Fuente: (DIE, s.f)

4.1.3 Descripción del comedor

El comedor analizado, es otra de las obras prototipo desarrolladas por el Departamento de Infraestructura Educativa del MEP mediante el sistema constructivo prefabricado, denominado baldosas y columnas. Su área efectiva de construcción es de 72 m², manteniendo el frente de 6 m, la profundidad de 12 m y una acera que bordea tres de sus caras principales, como en los casos anteriores (ver Figura 18). En cuanto a su distribución arquitectónica, la obra cuenta con una bodega, un servicio sanitario compatible con la ley 7600, un espacio de cocina con su respectivo equipamiento, un espacio para albergar a los usuarios y un espacio de piletas. Asimismo, en la Figura 19 y Figura 20, se pueden observar la vista frontal y lateral derecha para un mejor entendimiento de la obra.

El sistema de soporte estructural se basa en los mismos principios mencionados para las dos obras anteriores, en este caso se puede resaltar que cuenta con columnas tipo A, B, C, D y E y baldosas con altura de 0.5 m y longitudes de los 0.42 m a los 1.5 m. El sistema electromecánico es igualmente similar, no obstante, algunos de los detalles diferenciadores de esta obra se encuentran en el sistema de instalaciones mecánicas, ya que cuenta con la instalación de agua caliente, por lo que se requiere de un calentador de agua y tuberías y accesorios que resistan las altas temperaturas, en este caso la mayoría emplean Policloruro de Vinilo Clorado (CPVC).

El sistema mecánico también debe propiciar un correcto funcionamiento de sus desagües, para lo cual cuenta con los elementos que permiten evacuar, dar mantenimiento y evitar malos olores en la obra. Además, se cuenta con una instalación de Gas LP para el procesamiento de alimentos y una instalación de extintores para salvaguardar la vida humana ante posibles incidentes relacionados al fuego.

En este caso, se presenta una variación en cuanto a los acabados, específicamente, en los pisos, ya que los mismos utilizan piezas antideslizantes como enchapes. Cuenta con 11 ventanas en tres tipos diferentes y con 6 diferentes tipos de puertas. Finalmente, se adiciona una obra exterior para el almacenamiento del gas, la cual, cuenta con una estructura en mampostería, una losa de concreto para el techo y puertas con láminas de acero para dar protección a los tanques de almacenamiento.

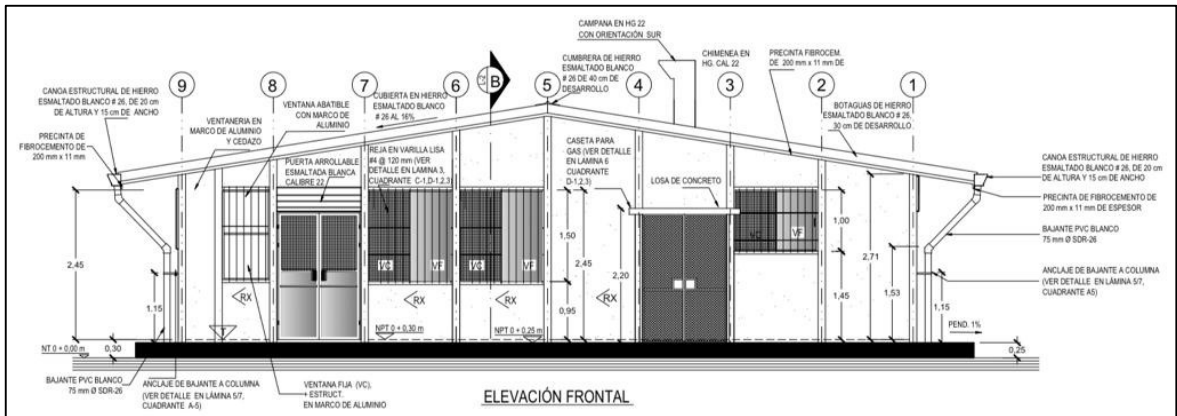


Figura 19. Vista frontal del comedor de 72 m²

Fuente: (DIE, s.f)

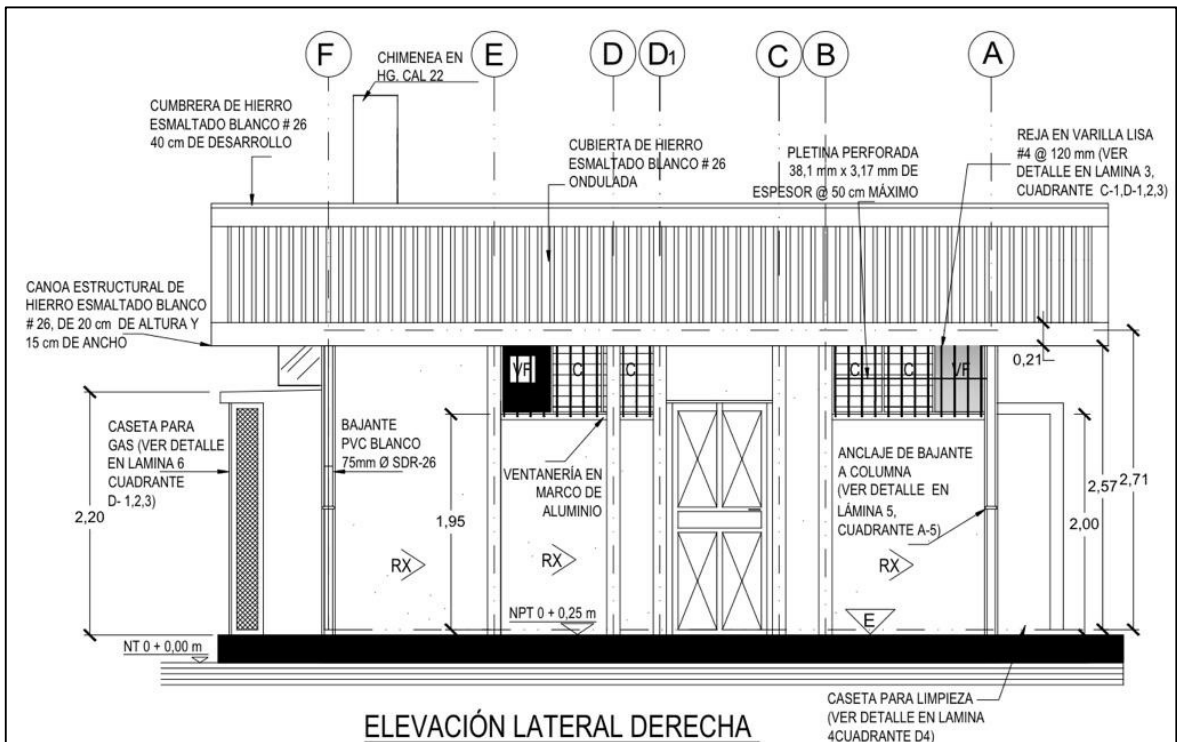


Figura 20. Vista lateral derecha del comedor de 72 m²

Fuente: (DIE, s.f)

4.2 Cuantificación de materiales para el cálculo de Huella de Carbono en la fase constructiva

El Departamento de Infraestructura Educativa del MEP cuenta con una serie de presupuestos oficiales que pueden ser consultados en el Anexo 9.1 Presupuestos. Estos se emplean como herramienta para la estimación de costos económicos de las obras que ellos construyen. Así, en esta sección, empleando como base estos presupuestos, se presentan los materiales necesarios para construir las obras analizadas que, además, son los materiales que se considerarán para el cálculo de la Huella de Carbono.

4.2.1 Cuantificación de materiales para el aula académica

A continuación, se presentan los materiales empleados para la construcción del aula académica de 72 m², la lista de estos materiales se obtiene del análisis del presupuesto oficial de esta obra, en dicho análisis se identifican los materiales de construcción, tal cual se ofrecen en el mercado, y se identifica aquel componente base del que están fabricados para así agruparlos y se obtener un total global.

Las cantidades son presentadas en una unidad de referencia que permita realizar el posterior cálculo de Huella de Carbono para lo cual se emplean conversiones que permitan obtener el resultado deseado, de esta manera, se identifican, mediante proveedores nacionales los pesos y densidades correspondientes para poder efectuar el cálculo.

Asimismo, cabe destacar algunas particularidades como el hecho de que para el acero de refuerzo se toma el total, sin embargo, previamente se consideró su grado de resistencia y su diámetro, se identifican diversos materiales que poseen una misma base, por ejemplo, el aluminio, no obstante, su proceso de fabricación es distinto por lo cual se presentan por separado para hacer representativo el posterior análisis de ciclo de vida. Situación similar sucede con otros materiales como los derivados del acero.

Asimismo, un material fundamental para la estructuración de estas obras son los elementos prefabricados de concreto, así en el rubro "concreto prefabricado" (ver Tabla 3) se toma en consideración la masa tanto de las columnas como de las baldosas utilizadas en el proceso de construcción.

Tabla 3. Cantidad de materiales utilizados en el aula académica

Material	Unidad	Cantidad
Acero de refuerzo	Ton	2.135
Aislante de aluminio	m ²	106.909
Alambre	Kg	30.714
Arena	Ton	15.502
Cable THHN	m	210.000
Cable TPG	m	6.000
Cemento	Ton	7.975
Clavos	Kg	22.640
EMT	Kg	16.209
Fibrolit	m ²	13.176
Fragua	Kg	127.440
Gypsum	m ²	59.536
Gypsum con revestimiento vinílico	m ²	145.000
Impermeabilizante para concreto	Kg	1.257
Lámina acrílica	m ³	0.004
Lámina hierro pulido	kg	14.020
Lámina Jodomex	kg	1.500
Lámina punta diamante	kg	88.840
Láminas de Hierro Galvanizado	Kg	572.657
Lastre	Ton	48.505
Madera Semidura	m ³	1.198
Mortero de repello	Ton	1.583
Nylon	kg	0.001
Perfiles de Acero laminado en caliente	Ton	1.498
perfiles HG para cielo suspendido	Kg	136.740
Piedra	Ton	27.013
Pintura anticorrosiva	Kg	0.023
Pintura de aceite	Kg	2.925
Pintura esmaltada	Kg	0.009
Pintura fast dry	Kg	0.677
Polietileno	m ²	94.400
Productos de Aluminio	Kg	48.803
PVC a presión	Kg	39.700
PVC sin presión	Kg	9.760
Sellador de concreto	Kg	5.450
Sistema prefabricado	Ton	8.347
Terrazo	m ²	71.200
Tornillería de acero	Kg	47.391
Vidrio	m ²	17.802

4.2.2 *Cuantificación de materiales para la batería Sanitaria*

En la Tabla 4, se presentan los materiales empleados en la construcción de la Batería Sanitaria analizada. En este caso, debido a que el sistema mecánico introduce mayor complejidad a la obra la cantidad de materiales identificados aumenta a un valor de 47 en comparación a los 39 materiales identificados para el aula académica, esto sucede, en tanto que se consideran materiales derivados del Policloruro de Vinilo (PVC) como las tuberías y demás accesorios que permiten elaborar dicha instalación.

Asimismo, en términos de masa, es posible identificar como el acero de refuerzo y los perfiles estructurales; los agregados para concreto y para mejoramiento de suelo; el cemento, el mortero de repello y los elementos prefabricados representan los materiales mayormente demandados para la construcción de esta y de las otras dos obras estudiadas.

Tabla 4. Cantidad de materiales utilizados en la batería sanitaria

Material	Unidad	Cantidad
Acero de refuerzo	Ton	2.136
Aislante de aluminio	m ²	106.909
Alambre	Kg	21.077
Arena	Ton	15.651
Bloque de concreto	m ³	0.685
Bronce	Kg	6.500
Cable THHN	m	317.000
Cable TPG	m	12.000
Cemento	Ton	7.987
Clavos	Kg	13.740
Elementos de concreto prefabricado	Kg	123.033
EMT	Kg	36.486
Fibrolit	m ²	13.176
Fragua	Kg	147.550
Gypsum	m ²	59.536
Gypsum con revestimiento vinílico	m ²	145.000
Impermeabilizante para concreto	Kg	1.892
Lámina acrílica	m ³	0.018
Lámina hierro pulido	kg	616.880
Lámina Jodomex	kg	7.500
Lámina punta diamante	kg	355.360
Láminas de Hierro Galvanizado	Kg	572.657
Lastre	Ton	49.516

Tabla 4. Cantidad de materiales utilizados en la batería sanitaria (cont.)

Material	Unidad	Cantidad
Madera Semidura	m ³	0.927
Mortero adhesivo	Kg	52.921
Mortero de pega	Kg	285.600
Mortero de repello	Ton	2.403
Nylon	kg	0.001
Perfiles de Acero laminado en caliente	Ton	2.153
perfiles HG para cielo suspendido	Kg	136.740
Piedra	Ton	27.177
Piezas cerámicas	m ²	41.720
Pintura anticorrosiva	Kg	0.323
Pintura de aceite	Kg	5.038
Pintura esmaltada	Kg	0.162
Pintura fast dry	Kg	0.586
Polietileno	m ²	94.400
Productos de Aluminio	Kg	194.954
PVC a presión	Kg	249.661
PVC sin presión	Kg	5.980
Sellador de concreto	Kg	10.900
Sistema prefabricado	Ton	12.659
Terrazo	m ²	70.200
Tornillería de acero	Kg	48.573
Tubería de Hierro Galvanizado	Kg	6.440
Tubo de abasto	Kg	1.600
Vidrio	m ²	46.296

4.2.3 *Cuantificación de materiales para el comedor*

Análogo a las secciones anteriores, la Tabla 5, presenta los principales materiales empleados en la construcción del comedor tipo de 72 m². Como se ha podido notar, la concepción de las tres obras es muy similar, presentando los mismos materiales en la mayoría de sus ítems, con diferencias en las cantidades empleadas y en algunos materiales que no se emplean en todas ellas, por ejemplo, el piso Terrazo que, se utiliza tanto en el aula académica como en la batería sanitaria, mas no en el presente comedor.

Otro aspecto por resaltar, debido a la importancia en el sistema constructivo, son los elementos prefabricados del tipo columnas y baldosas, para este aspecto, se puede notar de la Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 que, en todas las obras se superan las 8 toneladas y que la batería sanitaria

alcanza alrededor de las 12 Ton, este componente depende de la distribución arquitectónica de cada obra.

Tabla 5. Cantidad de materiales utilizados en el comedor

Material	Unidad	Cantidad
Acero de refuerzo	Ton	3.836
Aislante de aluminio	m ²	106.909
Alambre	Kg	21.052
Arena	Ton	12.298
Bloque de concreto	m ³	3.270
Bronce	Kg	2.700
Cable THHN	m	523.000
Cable TPG	m	14.000
Cemento	Ton	7.595
Clavos	Kg	26.260
Concreto premezclado	m ³	7.300
Elementos de concreto prefabricado	Kg	601.693
EMT	Kg	27.837
Fibrolit	m ²	13.176
Fragua	Kg	50.220
Gypsum	m ²	44.652
Gypsum con revestimiento vinílico	m ²	195.000
Impermeabilizante para concreto	Kg	2.146
Lamina acrílica	m ³	0.018
Lamina Hierro negro	Kg	54.064
Lamina hierro pulido	kg	64.492
Lamina Jodomex	kg	6.000
Lamina punta diamante	kg	533.040
Láminas de Hierro Galvanizado	Kg	583.721
Lastre	Ton	52.731
Madera Semidura	m ³	0.926
Mortero adhesivo	Kg	173.842
Mortero de pega	Kg	840.000
Mortero de repello	Ton	2.182
Nylon	kg	0.014
Perfiles de Acero laminado en caliente	Ton	2.178
perfiles HG para cielo suspendido	Kg	78.310
Piedra	Ton	27.976
Piezas cerámicas	m ²	87.792
Pintura anticorrosiva	Kg	0.115
Pintura de aceite	Kg	3.250

Tabla 5. Cantidad de materiales utilizados en el comedor (cont.)

Material	Unidad	Cantidad
Pintura esmaltada	Kg	0.047
Pintura fast dry	Kg	1.337
Polietileno	m ²	90.000
Productos de Aluminio	Kg	207.154
PVC a presión	Kg	139.332
PVC sin presión	Kg	48.402
Sellador de concreto	Kg	10.900
Sistema prefabricado	Ton	8.121
Tornillería de acero	Kg	28.320
Tubería de Hierro Galvanizado	Kg	10.017
Tubo de abasto	Kg	0.600
Vidrio	m ²	59.387

4.2.4 *Cuantificación de uso de equipos para las tres obras*

El sistema constructivo utilizado, es decir, el sistema prefabricado de columnas y baldosas se basa en un método constructivo que permite el uso de elementos modulares que son relativamente ligeros, cómodos de transportar y fácilmente manipulables, por lo cual, no presenta una demanda significativa de equipos especializados.

En su presupuesto de referencia (DIE, s.f), la DIE menciona el requerimiento de equipos de acarreo, batidoras de concreto, máquinas de soldar y un equipo de compactación que ellos denominan "Zapo-Lastre". No obstante, no se brindan especificaciones técnicas que permitan caracterizar estos equipos. Además, según conversaciones mantenidas con algunos de los miembros de este departamento del MEP, se menciona que dicha información presenta un alto grado de variabilidad, ya que no es un parámetro controlado por ellos y depende únicamente de la empresa a la cual sea adjudicada la obra.

No obstante, este presupuesto brinda valores que permiten entender la cantidad de uso proyectada para cada uno de estos equipos, información que es presentada en Tabla 6. De esta manera, se pueden notar los kilómetros que se proyecta sean recorridos por vehículos de acarreo, y la cantidad de horas de uso de batidoras, máquinas de soldar y compactadoras. Por la naturaleza de la similitud entre las obras se puede notar que el aula académica presenta menor cantidad de kilómetros recorridos y horas de uso de la máquina de soldar; por otra parte, el uso de la batidora y del compactador es muy homogéneo para los tres casos.

Tabla 6. Cantidad de kilómetros u horas de uso de equipos en las obras analizadas

Tipo de obra/equipo	Aula académica 72 m ²	Batería Sanitaria 72 m ²	Comedor 72 m ²
Acarreos (Km)	548	806	823
Batidora (h)	40	44	33
Máquina de soldar (h)	40	142	114
Compactador (h)	8	8	8

Ahora bien, para determinar cuál equipo seleccionar en el análisis, se investiga sobre bibliografía relacionada a construcción de pequeña escala, por ejemplo, viviendas del tipo unifamiliar y construcciones similares para entender cuales equipos son de uso común en estos casos y generar un promedio de consumo de energía entre aquellos que se encuentren disponibles en el medio nacional debido a que la DIE no cuenta con un inventario de esta índole, ya que se utiliza el equipo que cuente la empresa contrata en llevar acabo la construcción; con esto, se llega a la conclusión de tomar como referencia las siguientes características:

- Acarreos: Vehículos de combustión interna que utilicen combustible del tipo diésel, con tracción 4x2 y que se mantengan dentro de la categoría de vehículo de carga liviana según los rangos de peso del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, es decir con un peso máximo autorizado menor a 8000 kg (MOPT, 2003) (Ver Figura 21).



Figura 21. Equipo de ejemplificación para la actividad de acarreos

Fuente: (Grupo Q, s.f)

- Batidoras: Equipos que permitan realizar la mezcla de concreto a partir de 2 sacos de cemento y, en este caso, se analizaran equipos que presenten motores tanto eléctricos como impulsados por combustibles del tipo diésel y gasolina (Ver Figura 22).



Figura 22. Equipo de ejemplificación para la batidora de concreto

Fuente: (Cipsa, sf)

- Máquinas de soldar: Equipos que utilicen como fuente de alimentación la electricidad a baja tensión, esto con el fin de asegurar que puedan ser utilizado en instalaciones eléctricas típicas de 110 V o 220 V, además, el método de soldadura será mediante electrodos convencionales (Ver Figura 23).



Figura 23. Equipo de ejemplificación para la máquina de soldar

Fuente: (TOTAL TOOLS, s.f)

- Compactadores: equipo de compactación del tipo "sapo". Es un equipo alimentado por combustión de gasolina, que funciona de manera manual y vertical, dando golpes uniformes al suelo que se requiere mejorar, entre otras características, se buscó un promedio de 400 a 600 saltos por minuto. (Ver Figura 24).



Figura 24. Equipo de ejemplificación para el compactador tipo sapo

Fuente: (TOTAL TOOLS, s.f)

Con base en lo anterior y promediando los consumos de energía de equipos con similitudes en dichas características, se obtiene la información presentada en la Tabla 7, referente al consumo unitario de energía para cada tipo de equipo. De igual forma, en la Tabla 8, se presenta el total de energía promedio por hora consumida en cada tipo de obra.

Tabla 7. Promedio de consumo energético de equipos típicos en construcciones de pequeña escala

Tipo de obra/equipo	Consumo diésel (L/km)		
Acarreos	0.2		
Tipo de obra/equipo	Consumo eléctrico (kW/h)	Consumo diésel (L/h)	Consumo gasolina (L/h)
Batidora	1.3	3.1	3.2
Máquina de soldar	6.4	-	-
Compactador	-	-	1.8

Tabla 8. Consumo total de energía para los equipos utilizados

Equipo	Aula académica	Batería sanitaria	Comedor
Acarreos diésel (L)	86.9	128.0	130.6
Batidora eléctrica (kW)	50.2	55.2	41.4
Batidora diésel (L)	124.0	136.4	102.3
Batidora gasolina (L)	128.2	141.0	105.8
Máquina de soldar (kW)	257.8	915.3	734.8
Compactador gasolina (L)	14.2	14.7	14.2

4.3 Caracterización de actividades y cuantificación de datos para el cálculo de Huella de Carbono en la fase operativa

Para abordar el cálculo de la Huella de Carbono generada por la operación de las tres obras analizadas, se consideran las siguientes fuentes de emisión, directas e indirectas, que según Chavarría et al (2016) son los que más contribuyen a las emisiones de GEI en esta etapa de la edificación.

- Consumo de gas licuado (GLP): fuente de emisión directa. En este caso, la información registrada se obtiene a partir del consumo mensual de litros de este tipo de gas por parte de los comedores.
- Recarga de extintores: fuente de emisión directa. Para el registro de esta información se identifican aquellos extintores a base de CO₂ con su respectiva capacidad y, según Salazar (2015), un parámetro aceptable para la estimación de su consumo se basa en el hecho de que la norma indica que se debe realizar la recarga de estos elementos anualmente.
- Consumo de energía eléctrica: fuente de emisión indirecta, cuyos datos se obtienen a partir de la revisión del historial de consumo en unidades de Kilowatts Hora (kWh) ante la empresa encargada de brindar el suministro de este servicio en la respectiva ubicación y considerando todos los medidores que presente el centro educativo para un periodo no menor a cuatro facturaciones.
- Generación de residuos sólidos: Basados en la respectiva norma ISO 14064-1, este aspecto se puede considerar dentro de una visión integral de afectación, ya que sobre dichas emisiones no se tiene control operativo ni financiero (Chavarría et al, 2016). En este caso, se registra el estimado de kilogramos de residuos generados por la población

estudiantil y administrativa bajo el supuesto de que la totalidad de residuos generados van a un sitio de disposición final.

- Producción de aguas residuales: En este caso, basados en la cantidad de estudiantes y funcionarios del centro educativo, se estima la producción de aguas residuales y se emplea el factor de emisión correspondiente al uso de tanques sépticos brindado por el IMN.

De esta manera, para el cálculo de huella de carbono operativa, presentado en secciones posteriores, se emplean datos obtenidos de tres centros educativos pertenecientes al Gran Área Metropolitana de Costa Rica, los cuales son tratados para establecer un parámetro estándar que sirva como referencia y establezca un precedente para el cálculo de este tipo de índice ambiental.

Así, los centros educativos que sirvieron de referencia para esta investigación son los siguientes:

1. Escuela Miguel Picado Barquero: Centro educativo público, ubicado en la provincia de Cartago, específicamente, en el distrito de Santiago del cantón de Paraíso. Pertenece al circuito 05 de la regional de Cartago y aporta datos aplicables para el análisis del Aula Académica de 72 m² y Comedor de 72 m².
2. Escuela Enrique Riba Morella: Centro educativo público, ubicado en la provincia de Alajuela, específicamente, en el distrito de San Isidro del cantón de Alajuela. Pertenece al circuito 03 de la regional de Alajuela y aporta datos aplicables para el análisis del Comedor de 72 m².
3. Colegio Técnico Profesional Santa Ana: Centro educativo público, ubicado en la provincia de San José, específicamente, en el distrito de Pozos del cantón de Santa Ana. Pertenece al circuito 04 de la regional de San José Oeste y aporta datos aplicables para el análisis de la Batería Sanitaria de 72 m² y el Aula Académica de 72 m².

En la Figura 25 se presentan un mapa de ubicación de estos tres centros educativos. Cabe destacar que la ubicación, el clima, las condiciones sociales y económicas, son factores muy determinantes en los resultados, razón por la cual, los resultados obtenidos de esta cuantificación pueden ser conservadores.

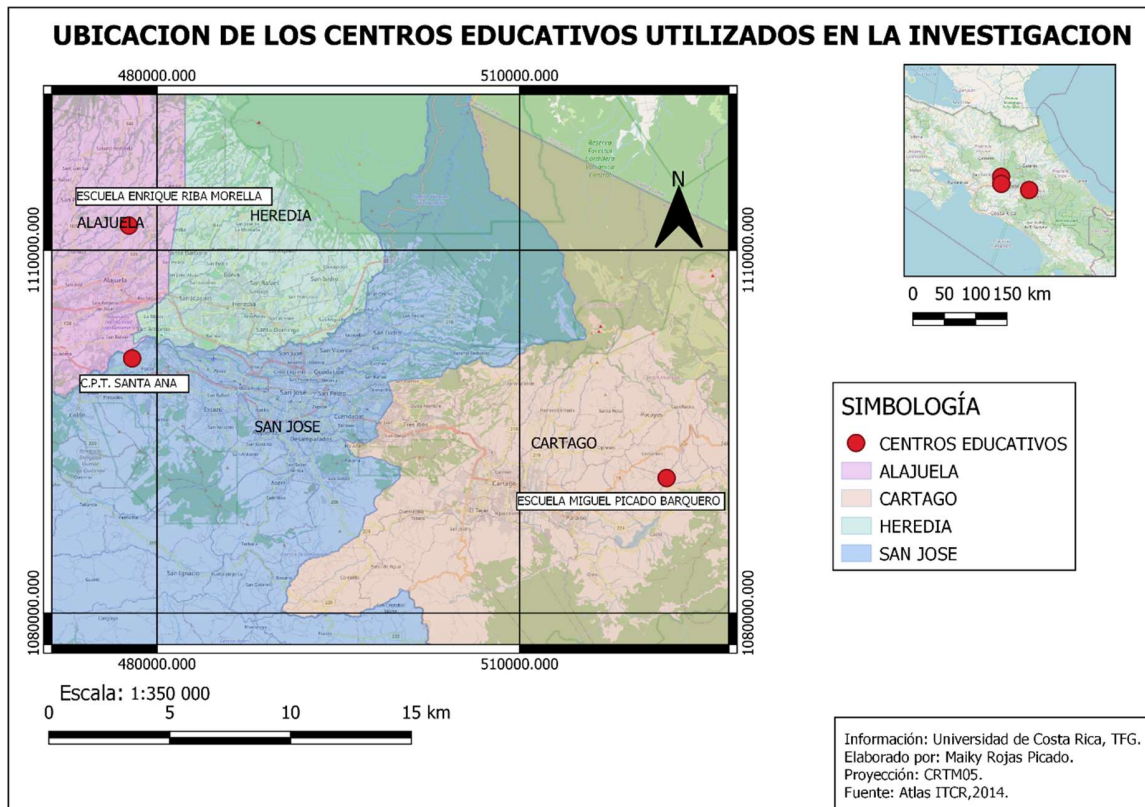


Figura 25. Mapa sobre la ubicación de los centros educativos de referencia utilizados en la investigación

4.4 Cuantificación de datos para la estimación de la huella de carbono operativa

Una vez establecidos los criterios anteriores, en esta sección se presentan los registros obtenidos de los tres centros educativos (ver 9.2 Respuestas al formulario), los cuales, sirven de base para el cálculo de la huella de carbono operativa que, similar al cálculo de productos y equipos, se obtiene como el resultado de la multiplicación de los datos acá presentados y el respectivo factor de emisión de GEI obtenido del documento oficial del IMN.

Debido a la naturaleza de las operaciones llevadas a cabo en cada una de las obras analizadas y a las diferentes estructuras organizativas de los centros educativos alrededor de país, no todas las variables presentadas en la sección anterior son pertinentes para el análisis particular de cada una de las obras estudiadas. Por esta razón, se registran aquellas que son más representativas en cada obra con el fin de brindar un valor que permita entender y cuantificar por separado las emisiones generadas en cada obra individualmente. No obstante, cabe señalar

que, para algunos de los valores registrados, la medición es a nivel general del centro educativo y por esta razón la estimación debe ser verificada por los interesados en aplicar dicho los cálculos y resultados presentados a lo largo de esta investigación, con la finalidad de establecer las mejores medidas de reducción y mitigación de emisiones.

Así, en la Tabla 9 se presentan los valores correspondientes al análisis del aula académica, donde es posible notar que, para este caso, se registran datos para las variables de consumo de electricidad y recarga de extintores, en este caso, se debe recordar que únicamente se registran aquellos que sean de tipo de dióxido de carbono. De esta manera, se encuentra que el aula académica consume mensualmente un total de 117 Kwh y por la recarga anual de extintores se consumen 0.2 Kg de CO₂ por mes.

Tabla 9. Estimación del promedio de consumo de recursos en el aula académica por mes

Aula Académica				
Fuente de generación	Registro de consumo			
Electricidad	Centro educativo	Área total de construcción (m ²)	Consumo total de electricidad (kWh)	Consumo de electricidad (kWh)
	Escuela Miguel Picado Barquero	1250	2301,25	132,6
	Colegio Técnico Profesional Santa Ana	1617	2276	101,3
	Promedio			116,9
Extintores	Centro educativo	Área total de construcción	Cantidad de extintores de CO ₂ de 10lb	Cantidad de CO ₂ (Kg)
	Colegio Técnico Profesional Santa Ana	1617	12	0,2
	Promedio			0,2

Para la obra de batería sanitaria se consideran los consumos de electricidad y la producción de aguas residuales como las variables que toman mayor relevancia, así, se encuentra que la batería sanitaria consume en promedio un total de 102.5 kWh de electricidad y genera un total de 80625 L de aguas residuales, ambas mediciones a nivel mensual. Hay que destacar que para el cálculo de la generación de aguas residuales se utiliza un factor de 25 l/día el cual es un parámetro empleado por (Mora, D et al ,2019) para estimar este valor en centros educativos del país.

Tabla 10. Estimación del promedio de consumo de recursos en la batería sanitaria

Batería Sanitaria				
Fuente de generación	Registro de consumo			
Electricidad	Centro educativo	Área Total Construcción	Consumo total de electricidad	Consumo electricidad (kWh)
	Colegio Técnico Profesional Santa Ana	1617	2301,25	102,5
	Promedio			102,5
AGUAS RESIDUALES (TANQUE SEPTICO)	Centro educativo	Total personas	Cantidad de baterías sanitarias	Personas por batería sanitaria
	Colegio Técnico Profesional Santa Ana	430	1	430
	Promedio			430

De igual forma, se presentan los valores correspondientes al comedor en el cual se registran datos para las variables de consumo de energía eléctrica, gas licuado de petróleo (GLP) y generación de residuos sólidos, donde, se obtiene valores de 87.2 kWh, 45.4 L y 100 kg, respectivamente. En términos generales, se puede notar que la variable en común para las tres obras prototipo analizadas es el consumo de electricidad donde se puede notar que las que presenta mayor consumo es el aula académica, seguida de la batería sanitaria y por último el comedor, intuitivamente este comportamiento nos hace pensar en la cantidad de horas que opera cada obra y su respectivo uso.

Tabla 11. Estimación del promedio de consumo de recursos en el comedor

Comedor				
Fuente de generación	Registro de consumo			
Electricidad	Centro educativo	Área total de construcción (m ²)	Consumo total de electricidad (kWh)	Consumo de electricidad (kWh)
	Escuela Miguel Picado Barquero	1250	2301,25	132,6
	Escuela Enrique Riba Morella	2047	1189,2	41,8
	Promedio			87,2

Tabla 11. Estimación del promedio de consumo de recursos en el comedor (cont.)

Gas LGP	Centro educativo	Cantidad de cilindros de 100lb	Cantidad de cilindros por mes	Consumo de Gas GLP (L)
	Escuela Miguel Picado Barquero	1	1	45,4
	Escuela Enrique Riba Morella	1	1	45,4
	Promedio			45,4
Manejo de residuos (Relleno Sanitario)	Centro educativo	Cantidad de comedores	Cantidad de residuos (Kg) por mes	Cantidad de residuos solidos (Kg)
	Escuela Miguel Picado Barquero	1	100	100
	Promedio			100,0

CAPÍTULO 5. Desarrollo del método para el cálculo de Huella de Carbono

Como se ha mencionado anteriormente, el cálculo de Huella de Carbono busca obtener un valor representativo para la cantidad de gases de efecto invernadero que se emiten producto de una determinada actividad antropogénica en términos de la masa del gas más característico entre los definidos por el protocolo de Kioto, es decir, del Dióxido de Carbono. Así, la contabilización e informe de la Huella de Carbono se realiza en términos de TonCO_{2eq} que representa las toneladas de dióxido de carbono equivalente emitidas por una actividad o producto.

De esta manera, en este capítulo se pretende dar claridad a las consideraciones tomadas para el cálculo de la Huella de Carbono tanto en la fase constructiva como en la fase operativa de las obras analizadas, así como, dar una interpretación a los resultados con el fin de utilizar dicha información como insumo para abordar recomendaciones que permitan disminuir o compensar las emisiones generadas.

5.1 Factores de carbono equivalente utilizados para el cálculo

Basado en el análisis de las declaraciones ambientales de productos de diversos materiales que se pueden encontrar en la librería digital EPD Global u otras instituciones certificadas las cuales se buscaron los materiales más parecidos a los que venden a nivel nacional y que tuvieran igualdad respecto sus propiedades físicas y mecánicas; y de la duodécima edición de los factores de emisión presentados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN, 2022), en esta sección se presentarán los factores de carbono equivalente más apropiados para los productos

y actividades mencionadas en secciones anteriores que permiten realizar el cálculo de la Huella de Carbono tanto constructiva como operativa de las obras estudiadas.

5.1.1 Factores de carbono equivalente utilizados para el cálculo de la Huella de Carbono Constructiva

Para generar la base de datos con factores de carbono equivalente para cada uno de los materiales presentados en la Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5 se realiza un análisis de las declaraciones ambientales de productos con el fin de determinar, ya sea, la existencia de un producto completamente idéntico al analizado o uno que cumpla ciertas características que permitan definir que el material es similar al empleado en los casos de estudio. En este análisis cabe la posibilidad de encontrar que no se cuenta con una EPD congruente con el material analizado en cuyo caso el material será descartado del análisis.

Para abordar lo anterior, Mora (2021) presentó un diagrama de flujo que permite seleccionar las EPDs idóneas para encontrar el factor de emisión equivalente y realizar el cálculo de la Huella, en su caso para la Huella Hídrica Azul y Verde. Este diagrama ha sido tomado como referencia y modificado para seleccionar el factor de Carbono equivalente según el parámetro de potencial de calentamiento global (GWP) para calcular la Huella de Carbono. Así, en la Figura 26 se presenta esquemáticamente la ruta a seguir.

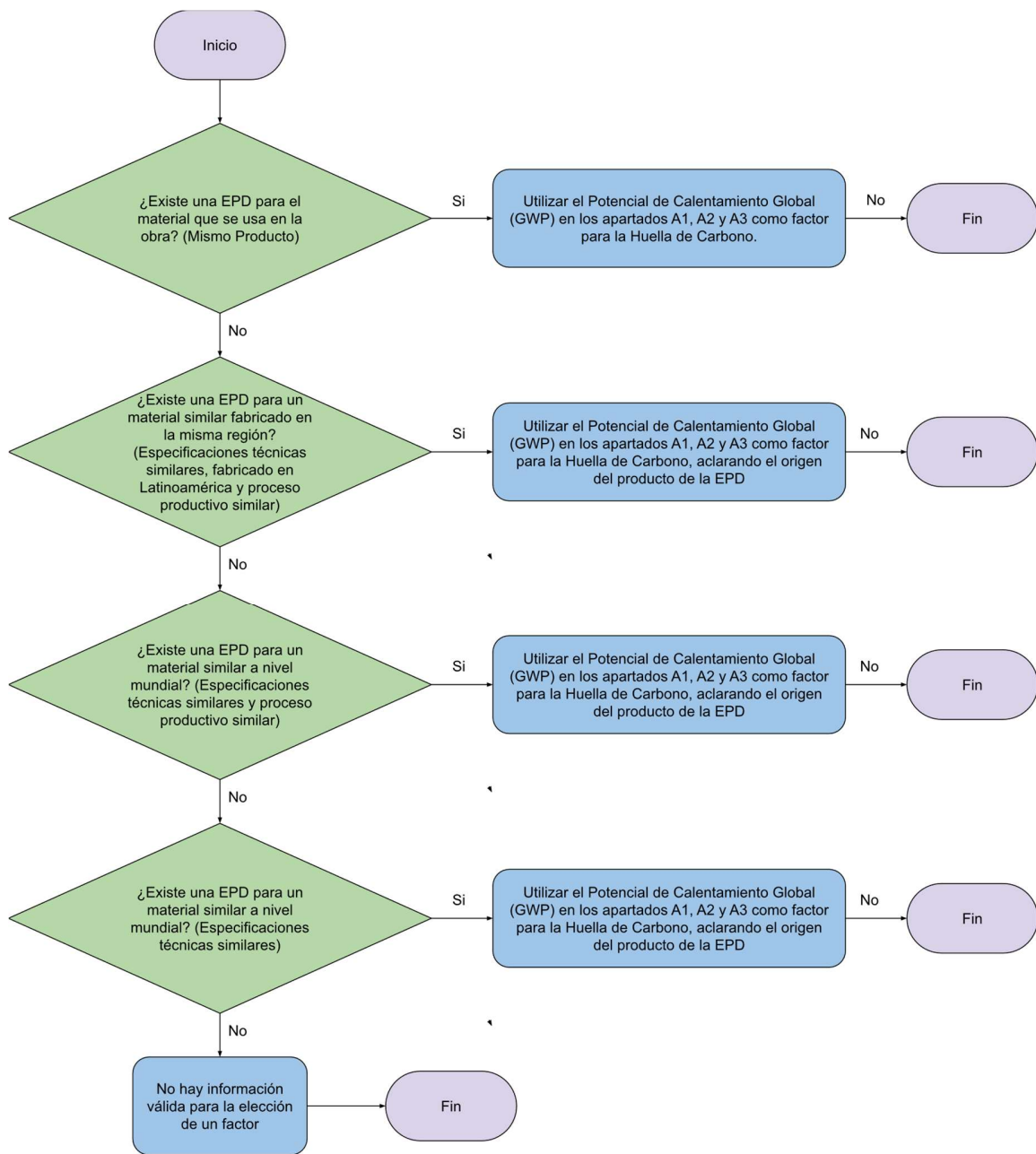


Figura 26. Diagrama de flujo para elección del factor de carbono equivalente de diversos materiales.

Nota. Adaptado de A. Mora, 2021, Universidad de Costa Rica, San José.

Con base en lo anterior, en la Tabla 12 se presentan los materiales utilizados en la construcción de las tres obras prototipo, su factor de carbono equivalente (expresado en términos de la unidad funcional declarada en la EPD), su correspondiente referencia y su país de origen para contextualizar la procedencia del material.

Tabla 12. Factores de carbono equivalentes para el cálculo de Huella de Carbono de los materiales

Material	Factor					Referencia	Origen
Acero de refuerzo	1430	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(CAP ACERO, 2020)	Chile
Aislante de aluminio	5.5	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(Bur2000 SAU, 2022)	España
Alambre	1430	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(CAP ACERO, 2020)	Chile
Arena	1.83	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Holcim, 2020)	Romania
Bloque de concreto	260	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ³	(ASTM International, 2016)	Canadá
Bronce	7.17	Kg/CO ₂ eq	por	1	kg	(Cimberio Valve, 2020)	Estados Unidos
Cable THHN	120	Kg/CO ₂ eq	por	1000	m	(Amo Instalationkabel AB, 2021)	Suecia
Cable TPG	5350	Kg/CO ₂ eq	por	1000	m	(Hellenic Cables, 2022)	Grecia
Cemento	585	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Holcim, 2019)	Costa Rica
Clavos	1430	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(CAP ACERO, 2020)	Chile
Concreto premezclado	201	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ³	(Holcim, 2020)	Romania
Elementos de concreto prefabricado	271	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Dubai Precast, 2018)	Emiratos Árabes Unidos
EMT	214	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Wheatland tube, 2019)	Estados Unidos
Fibrolit	6.79	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(Plycem, 2020)	Costa Rica
Fragua	0.634	Kg/CO ₂ eq	por	1	kg	(ISOMAT, 2022)	Suecia
Gypsum	2.1	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(USG, 2019)	México
Gypsum con revestimiento vinílico	5.4	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(Placo, 2018)	España
Impermeabilizante para concreto	6.39	Kg/CO ₂ eq	por	1	kg	(Montó professional, 2022)	España
Lámina acrílica	1430	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ³	(Madreperla, 2021)	Italia
Lámina Hierro negro	1053	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Ternium, 2019)	México
Lámina hierro pulido	2400	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(STENA STÅL AB, 2017)	Suecia
Lámina Jodomex	1053	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Ternium, 2019)	México

Tabla 12. Factores de carbono equivalentes para el cálculo de Huella de Carbono de los materiales (cont)

Material	Factor					Referencia	Origen de estudio del material
Lámina punta diamante	1053	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Ternium, 2019)	México
Láminas de Hierro Galvanizado	1881	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Ternium, 2019)	México
Lastre	1.83	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Holcim, 2020)	Romanía
Madera Semidura	-764	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ³	(Wood Solutions, 2022)	Australia
Mortero adhesivo	0.253	Kg/CO ₂ eq	por	1	kg	(Weber, 2019)	Turquía
Mortero de pega	155	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(CPI mortars, 2022)	Reino Unido
Mortero de repello	0.575	Kg/CO ₂ eq	por	1	kg	(ISOMAT, 2022)	Suecia
Nylon	2.45	Kg/CO ₂ eq	por	1	kg	(Nurel, 2021)	Chile
Perfiles de Acero laminado en caliente	820	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(AHMSA, 2019)	México
Perfiles HG para cielo suspendido	2.09	Kg/CO ₂ eq	por	1	kg	(British Gypsum, 2021)	Reino Unido
Piedra	1.83	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Holcim, 2020)	Romanía
Piezas cerámicas	9.98	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(Keraben Grupo, 2022)	Suecia
Pintura anticorrosiva	1.87	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(Pintura Macy, 2022)	España
Pintura de aceite	0.499	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(Juno, 2020)	España
Pintura esmaltada	1.23	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(Pintura Macy, 2022)	España
Pintura fast dry	1.23	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(Pintura Macy, 2022)	España
Polietileno	0.773	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(Beaulieu Technical Textiles, 2007)	Bélgica
Productos de Aluminio	8.06	Kg/CO ₂ eq	por	1	kg	(Press Metal, 2022)	Malasia
PVC a presión	3.588	Kg/CO ₂ eq	por	1	kg	(IPLEX Pipelines, 2017)	Australia
PVC sin presión	3.523	Kg/CO ₂ eq	por	1	kg	(IPLEX Pipelines, 2017)	Australia
Sellador de concreto	0.949	Kg/CO ₂ eq	por	1	kg	(Pintura Macy, 2022)	España
Sistema prefabricado	137	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Kprefab, 2019)	Suecia
Terrazo	18.1	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(Compac, 2022)	España
Tornillería de acero	1430	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(CAP ACERO, 2020)	Chile
Tubería de Hierro Galvanizado	2706	Kg/CO ₂ eq	por	1000	kg	(Goodluck India Limited, 2019)	India
Tubo de abasto	0.594	Kg/CO ₂ eq	por	0.374	kg	(Hansgrohe Group, 2022)	Alemania
Vidrio	19.88384	Kg/CO ₂ eq	por	1	m ²	(Saint Gobain, 2022)	Egipto

Adicionalmente, para contemplar los aportes de carbono a la atmósfera por parte de los equipos considerados en las construcciones, se utilizan como base los factores de emisión del IMN (2022). Ahora bien, la elección de dicho factor involucra una menor cantidad de variables, en comparación con el análisis de los materiales, razón por la cual, la elección se realiza mediante un análisis del contexto sobre el cual se busca trazar un resultado.

De esta manera y como se mencionó anteriormente, el documento presentado por el IMN clasifica los factores en cuatro sectores, de los cuales, para el presente análisis se considera el primero de ellos, es decir, el sector energía. En esta subdivisión, se logran encontrar ítems relacionados directamente al uso de diferentes fuentes de energía y, además, se presentan los aportes de otros de los gases de efecto invernaderos como lo es el caso del metano y el óxido nitroso.

Para estos dos últimos casos, se lograron encontrar datos directamente relacionados a consumos por parte del sector construcción y, en adición, se presentan los valores de potencial de calentamiento global que se deben emplear para realizar la correspondiente conversión a masa de dióxido de carbono equivalente. De esta manera, mediante la realización del análisis previamente descrito, se seleccionan los factores presentados en la Tabla 13.

Ahora, considerando un valor de potencial de calentamiento global de 21 para el metano y de 310 para el óxido nitroso, se encuentran los factores de CO_{2eq} para cada una de las fuentes de emisión, estos valores se presentan en la Tabla 14.

Tabla 13. Factores de emisión para diversas fuentes

Fuente de emisión	Factor de emisión-dióxido de Carbono CO_2		Factor de emisión-Metano		Factor de emisión-Óxido Nitroso	
Uso de electricidad (año 2021)	0.040	Kg CO_{2eq} /KWh	-	-	-	-
Combustible diésel	2.613	Kg CO_{2eq} /L	-	-	-	-
Manufactura y construcción/diésel	-	-	0.122	g CH_4 /L	0.024	g N_2O /L
Combustible gasolina	2.231	Kg CO_{2eq} /L	-	-	-	-
Manufactura y construcción/gasolina	-	-	0.111	g CH_4 /L	0.022	g N_2O /L

Fuente: (IMN, 2022)

Tabla 14. Factor de carbono equivalente para cada fuente de emisión

Fuente de emisión	Factor de carbono	
Uso de electricidad (año 2021)	0.040	KgCO _{2eq} /KWh
Combustible diésel	2.623	KgCO _{2eq} /L
Combustible gasolina	2.240	KgCO _{2eq} /L

5.1.2 Factores de carbono equivalente utilizados para el cálculo de la Huella de Carbono Operativa

Similar al proceso de elección de factores para los aportes de carbono por parte de los equipos empleados en el proceso constructivo de las obras prototipo, se emplean como base la duodécima edición del documento presentado por el Instituto Metrológico Nacional para el registro de emisiones asociadas a la operación de las estructuras analizadas en esta investigación.

Así, al analizar la información presentada en dicho documento, se definen para el análisis las siguientes cuatro actividades para estimar su aporte de carbono.

- Consumo de energía eléctrica
- Consumo de gas licuado (GLP)
- Generación de residuos sólidos
- Producción de aguas residuales (en caso de utilizar como sistema de tratamiento un tanque séptico)

Asimismo, en aquellos casos donde el valor sea presentado en términos de un GEI distinto al dióxido de carbono, se emplea el respectivo factor de potencial de calentamiento global para encontrar su equivalente. Adicionalmente, en caso de que el centro educativo cuente con extintores de dióxido de carbono, se empleará la capacidad de dichos extintores como valor para la estimación de sus emisiones.

De esta manera, en la Tabla 15 se muestran desglosados los factores de carbono equivalente a utilizar para el Cálculo de Huella de Carbono operativa según el gas de efecto invernadero que lo produce, mientras que en la Tabla 16 se presentan los valores en términos de masa de dióxido de carbono equivalente al aplicar el respectivo factor de potencial de calentamiento global.

Tabla 15. Factores de emisión para diversas fuentes

Fuente de emisión	Factor de emisión-dióxido de Carbono CO ₂		Factor de emisión-Metano		Factor de emisión-Óxido Nitroso	
Uso de electricidad (año 2021)	0.040	KgCO _{2eq} /KWh	-	-	-	-
Combustible GLP	1.611	KgCO ₂ /L	-	-	-	-
Comercial e Institucional/ GLP	-	-	0.139	gCH ₄ /L	0.003	gN ₂ O/L
Residuos sólidos/ Relleno Sanitario	-	-	0.0519	KgCH ₄ /kg	-	-
Aguas residuales domésticas/Tanques sépticos	-	-	4.38	KgCH ₄ /p er/año	-	-
Extintores de CO ₂ /Medición directa	-	-	-	-	-	-

Tabla 16. Factor de carbono equivalente para cada fuente operativa de emisión por año

Fuente de emisión	Factor de carbono	
Uso de electricidad (año 2021)	0.040	KgCO _{2eq} /KWh
Combustible glp	1.611	KgCO _{2eq} /L
Residuos sólidos/ Relleno Sanitario	0.0519	KgCO _{2eq} /Kg
Aguas residuales domesticas/Tanques sépticos	4.38	KgCO _{2eq} /L
Extintores de CO ₂ /Medición directa	Medición directa	KgCO _{2eq} /L

5.2 Procedimiento para el cálculo de la Huella de Carbono constructiva

La norma INTE/ISO 14067:2019 sobre los Gases de efecto invernadero – Huella de carbono de productos – Requisitos y directrices para cuantificación, expone la metodología oficial para la cuantificación, análisis e informe de las emisiones generadas por la categoría productos. Así, en esta sección se abordarán, de manera general, los principios presentados en esta norma con el fin de estructurar el procedimiento del cálculo de la huella de carbono y que a la vez pueda servir como base para futuras formalidades por parte de la institución interesada.

5.2.1 *Objetivo de la huella estimada*

El objetivo de realizar el cálculo de la huella de carbono en las obras definidas para esta investigación radica en la necesidad y compromiso adquirido por la población e instituciones costarricenses, particularmente del MEP, de generar insumos para cumplir con la visión de descarbonizar nuestra sociedad y contribuir a los objetivos y compromisos planteados en las diferentes cumbres ambientales que se han desarrollado a lo largo de la historia, además de

generar datos que puedan ser extrapolables a obras similares a las aquí analizadas para cuantificar la contribución potencial de sus materiales al calentamiento global .

5.2.2 Alcances de la huella estimada

- El cálculo de la Huella de Carbono abordado en la presente sección trata las obras prototipo desarrolladas por la DIE del MEP denominadas aula académica 72 m², batería sanitaria tipo 1 72 m² y comedor 72 m², basado en el presupuesto oficial de cada obra.
- El cálculo de la Huella de Carbono se enfocó en el estudio de aquellos materiales que resultan pertinentes del análisis descrito en la Figura 26.
- Se tomó como unidad funcional o declarada, para cada producto, la presentada en las EPDs y se efectuó la conversión oportuna, en términos de masa, densidad, área, volumen, entre otros; para la contabilización de los materiales.
- En este caso, se tomó en consideración las etapas A1, A2 y A3 del análisis de ciclo de vida del producto, es decir, suministro de materia prima, transporte y fabricación. Quedando por fuera los aportes por la actividad de movimiento de tierras y uso de maquinarias especializadas debido a que no se cuenta con un emplazamiento específico para las obras a analizar.
- Para los equipos, se utilizaron como base las cantidades presentadas en el presupuesto y se analizaron los equipos del mercado nacional para determinar el aporte de carbono de estos.
- En el cálculo de Huella de Carbono no se consideró la influencia de la mano de obra durante la fase de construcción.
- Se reconoce que existe, mas no se calcula, la incertidumbre dentro de los cálculos, ya que la procedencia de los materiales puede no ser la acertada para la importación al mercado nacional.

5.2.3 Supuestos

- Se consideran como correctas las cantidades presentadas en el presupuesto oficial de las obras y a partir de ahí se realiza el cálculo de la Huella de Carbono.
- La masa, la densidad, el volumen, el área y demás factores de conversión empleados provienen de fichas técnicas elaboradas por proveedores y se pueden considerar aproximados.

- Se considera que el cálculo puede ser extrapolable a cualquier región dentro del país, no obstante, para esto se deben verificar las condiciones del sitio donde se vaya a desarrollar la obra por considerar aspectos que quedan fuera del presente análisis como el transporte, el clima, maquinaria especializada, mano de obra, entre otros.
- Según indicaciones de los funcionarios de la DIE, en la construcción de este tipo de obras el uso de equipos en actividades como: el colado de concreto, compactación, soldadura, entre otros; es muy variable y depende de la empresa a la que se adjudique cada proyecto. Por esto, no fue posible recibir información de esta índole por parte de la DIE, así que se consideran equipos estándar y se señala el hecho de la importancia de verificar la información acá presentada cuando se vaya a ejecutar una obra.

5.2.4 Cálculo de la Huella de Carbono en la etapa constructiva

La ecuación [1] indica que el cálculo de la Huella de Carbono se obtiene como el producto de la cantidad del material utilizado por el factor de carbono equivalente, además, se considera como la Huella de Carbono total al resultado de sumar el aporte individual de cada uno de los componentes. Así, con base en los datos presentados en secciones de Cuantificación de materiales para el aula académica, Cuantificación de materiales para la batería Sanitaria y Cuantificación de materiales para el comedor, en la Tabla 17, se presentan los resultados de la Huella de Carbono correspondiente a los materiales empleados en la construcción de las obras, respectivamente.

Tabla 17. Cálculo de Huella de Carbono para los materiales utilizados en las obras analizadas

Material	Aula académica Huella de carbono (KgCO2eq)	Batería Sanitaria Huella de carbono (KgCO2eq)	Comedor Huella de carbono (KgCO2eq)
Acero de refuerzo	3053.58	3054.04	5485.69
Aislante de aluminio	588.00	588.00	588.00
Alambre	43.92	30.14	30.10
Arena	28.37	28.64	22.51
Bloque de concreto	-	178.21	850.20
Bronce	-	46.61	19.36
Cable THHN	25.20	38.04	62.76
Cable TPG	32.10	64.20	74.90
Cemento	4665.57	4672.25	4442.84
Clavos	32.38	19.65	37.55
Concreto premezclado	-	-	1467.30
Elementos de concreto prefabricado	-	33.34	163.06
EMT	3.47	7.81	5.96
Fibrolit	89.47	89.47	89.47
Fragua	80.80	93.55	31.84
Gypsum	125.03	125.03	93.77
Gypsum con revestimiento vinílico	783.00	783.00	1053.00
Impermeabilizante para concreto	8.03	12.09	13.71
Lámina acrílica	6.39	25.54	25.54
Lámina Hierro negro	-	-	56.93
Lámina hierro pulido	33.65	1480.51	154.78
Lámina Jodomex	1.58	7.90	6.32
Lámina punta diamante	93.55	374.19	561.29
Láminas de Hierro Galvanizado	1077.17	1077.17	1097.98
Lastre	88.76	90.62	96.50
Madera Semidura	-915.41	-708.45	-707.36

Tabla 17. Cálculo de Huella de Carbono para los materiales utilizados en las obras analizadas (cont.)

Material	Aula académica Huella de carbono (KgCO2eq/vida útil)	Batería Sanitaria Huella de carbono (KgCO2eq/vida útil)	Comedor Huella de carbono (KgCO2eq/vida útil)
Mortero adhesivo	-	13.39	43.98
Mortero de pega	-	44.27	130.20
Mortero de repello	910.42	1381.92	1254.65
Nylon	0.0034	0.0034	0.0343
Perfiles de Acero laminado en caliente	1228.34	1765.83	1785.80
perfiles HG para cielo suspendido	285.79	285.79	163.67
Piedra	49.43	49.73	51.20
Piezas cerámicas	-	416.37	823.81
Pintura anticorrosiva	0.04	0.60	0.22
Pintura de aceite	1.46	2.51	1.62
Pintura esmaltada	0.01	0.20	0.06
Pintura fast dry	0.83	0.72	1.64
Polietileno	72.97	72.97	69.57
Productos de Aluminio	393.35	1571.33	1669.66
PVC a presión	142.44	895.78	499.92
PVC sin presión	34.38	21.07	170.52
Sellador de concreto	5.17	10.34	10.34
Sistema prefabricado	1143.57	1734.29	1112.61
Terrazo	1288.72	1270.62	-
Tornillería de acero	67.77	69.59	40.50
Tubería de Hierro Galvanizado	-	17.43	27.11
Tubo de abasto	-	2.54	0.95
Vidrio	353.96	920.55	1180.85
Total vida útil TonCO ₂ equivalente /m ²	15923.26 0.221	22759.37 0.316	24862.90 0.345

Con el fin de dar un mejor entendimiento de los resultados, se presentan en la Figura 27, Figura 28 y Figura 29 los valores correspondientes de la Huella de Carbono para cada material y para cada obra en forma gráfica. De esta manera, al analizar dichas figuras, se puede notar que en los tres casos se cuenta con un material compensatorio o de remoción de GEI que corresponde a la madera semidura, la cual es producida para compensar emisiones de GEI. Esto sucede, principalmente, porque dicho material proviene de los árboles y estos poseen alta capacidad de retener CO_2 , contribuyendo a disminuir los efectos del calentamiento global, en adición, este material también requiere pocas cantidades de energía para su producción, transporte e instalación (Lop, 2020). Para estas obras, se logran retener entre 7 y 10 toneladas de Dióxido de Carbono gracias al uso de este producto.

Por otra parte, se puede notar como el cemento es el producto que genera el mayor aporte de Dióxido de Carbono hacia la atmósfera, tomando valores de 4.67 $\text{tonCO}_{2\text{eq}}$ para el aula académica y la batería sanitaria; y 4.44 $\text{tonCO}_{2\text{eq}}$ para el comedor. Rodgers (2018) comenta que, el cemento es la fuente de aproximadamente el 8% del total de emisiones en el planeta, las principales razones de esta situación son: el requerimiento de grandes cantidades de energía para la producción de este material, desde la extracción de componentes en canteras hasta el uso de enormes hornos de combustión térmica. Además, las reacciones químicas que se generan durante el procesado del Clinker (base para la producción del cemento) generan gases contaminantes que son liberados a la atmósfera y que contribuyen a agravar la situación; en tal sentido, libera hasta un 90% del CO_2 generado en este proceso de producción.

También, se debe notar el hecho de que se presenta más de una categoría de producto a base del concreto, por ejemplo, el sistema prefabricado que da un valor para las columnas y baldosas; los elementos de concreto prefabricado que hace alusión a componentes del sistema electromecánico como cajas de registro; y otros elementos como los bloques de concreto, el concreto premezclado y los morteros, lo cual pone en evidencia que una de las principales fuentes de emisión es este material.

Por otra parte, el acero se posiciona como otra de las fuentes con mayor importancia en la generación de gases. En Tabla 17, los derivados del acero se presentan en categorías tales como el acero de refuerzo del concreto, láminas y perfiles estructurales. Este producto al igual que el cemento son base fundamental en la industria de la construcción debido a la relación entre sus características mecánicas y su costo económico, no obstante, a nivel de

sostenibilidad, este producto también demanda grandes cantidades de energía en su proceso de producción que se basa en el uso de un horno de fundición que al requerir carbón libera grandes cantidades de CO₂. Este proceso productivo representa alrededor del 7% de las emisiones totales en el planeta (Parra, 2021).

Los resultados obtenidos muestran que las tres obras son comparables entre sí y que sus diferencias radican principalmente en la cantidad de materiales empleados. Por ejemplo, se puede notar que, de las tres, el aula académica genera menos emisiones (0.221 tonCO_{2eq}/m²), esto se puede deber principalmente a que esta obra presenta menor cantidad de materiales, de igual forma, no requiere de obras adicionales o especiales que permitan instalar u operar componentes que forman parte del sistema electromecánico.

Ahora bien, tomando al aula académica como base, se puede observar que su Huella de Carbono es un 42.9% menor que la de la batería sanitaria (0.316 tonCO_{2eq}/m²) y un 56.1% menor que la del comedor (0.345 tonCO_{2eq}/m²) debido a que utiliza menos material, además, de que este no posee divisiones, lo cual se utiliza menos prefabricado, por ejemplo. No obstante, la diferencia entre estas dos últimas obras es de aproximadamente un 9%, lo cual, al analizar la información presentada, se puede notar que estas comparten una mayor cantidad similitudes en cual a los materiales de construcción, difiriendo en ítems como el concreto premezclado, la lámina de hierro negro y el piso del tipo terrazo, así como la incertidumbre asociada.

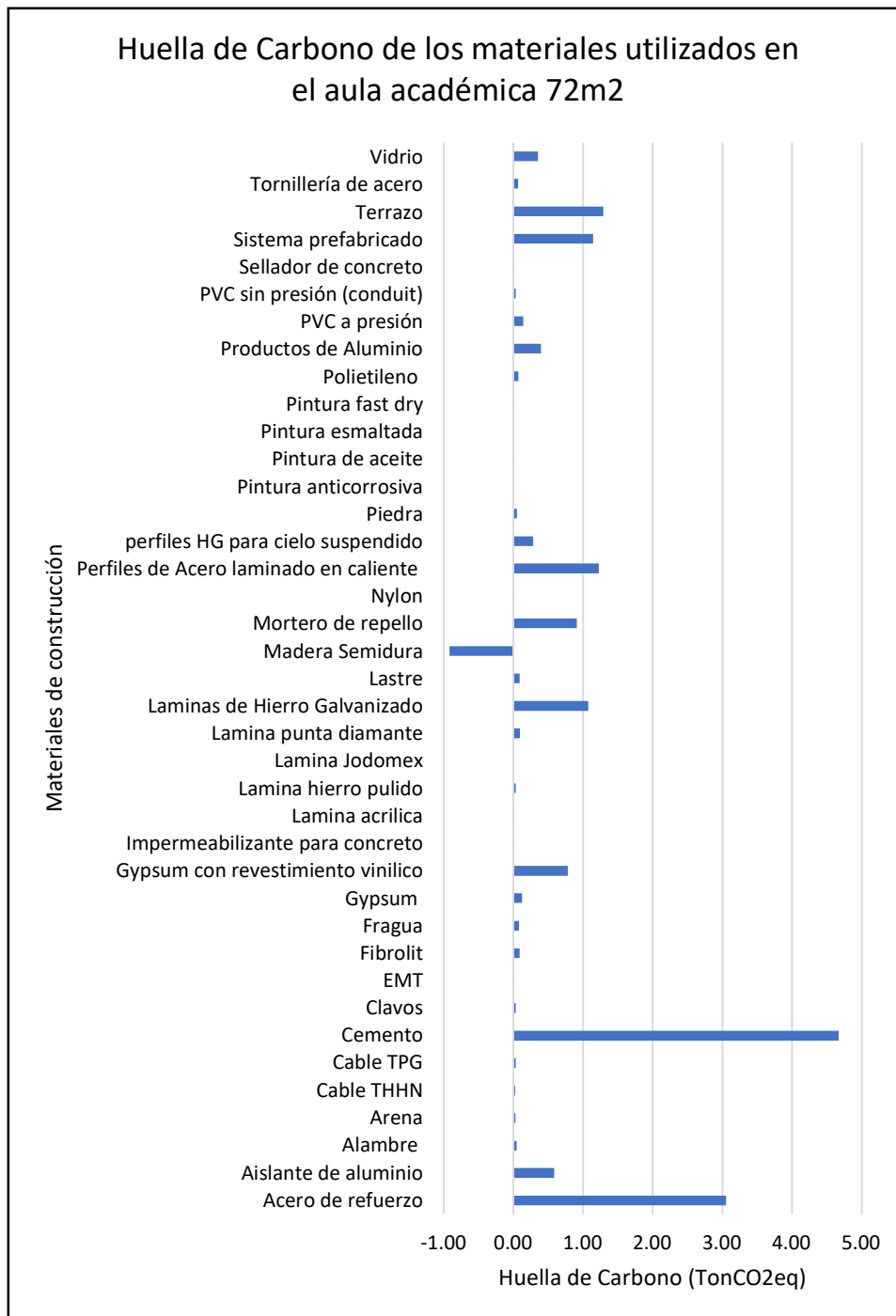


Figura 27. Huella de Carbono de los materiales utilizados en el aula académica

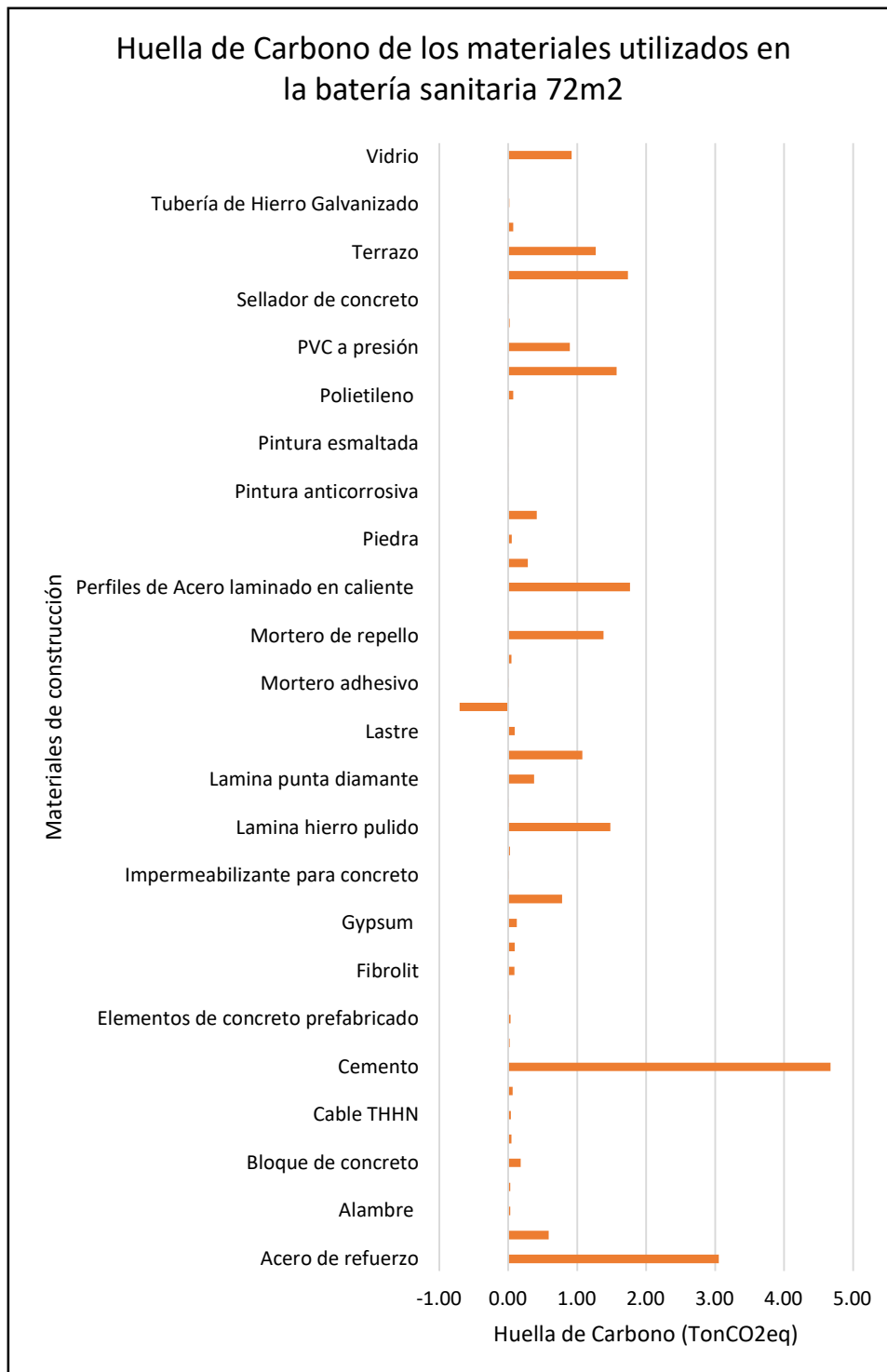


Figura 28. Huella de Carbono de los materiales utilizados en la Batería Sanitaria

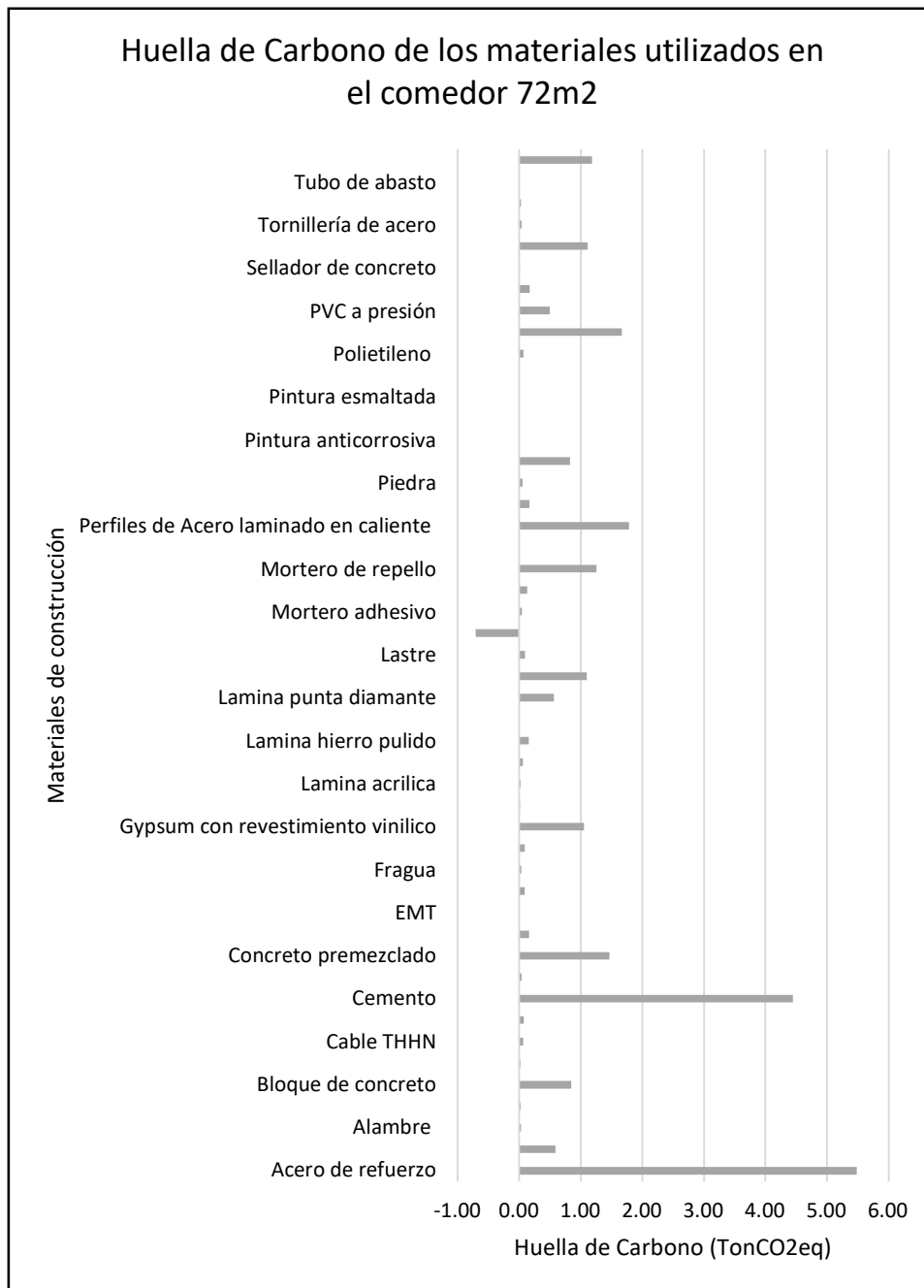


Figura 29. Huella de Carbono de los materiales utilizados en el Comedor

Gracias a la información obtenida del presupuesto oficial de cada obra, es posible contabilizar la Huella de Carbono de los materiales, de manera que se pueda entender la cantidad de emisiones que se generarían en cada actividad del proceso constructivo. Así, en la Ya en el análisis de un centro educativo completo lo que si hay que contemplar es que el módulo aulas se va a repetir más veces que los otro dos, debido a que el caso del comedor da un servicio y

por lo general tienen mucho menor presencia en el complejo educativo como tal, caso similar que la batería sanitaria donde puede haber más presencia que el comedor, pero menor a aulas. Así, cada detalle según diseños debería ser analizado de forma particular.

Tabla 18, se muestran los resultados correspondientes a este análisis, allí se puede notar que las tres presentan etapas muy similares para su construcción y, que nuevamente, es el aula académica la que presenta mayores diferencias, principalmente, porque su naturaleza de su fin de uso le permite establecerse como la obra de menor complejidad entre las tres.

Ahora bien, la Figura 31, Figura 32, Figura 33 y Figura 32, presentan de manera gráfica el comportamiento de la Huella de Carbono para las tres obras según la actividad del proceso constructivo que se analice, correspondientemente se presentan para el aula académica, la batería sanitaria y el comedor. Así, se puede notar que, una vez más, las actividades que involucran el uso de productos derivados del cemento y del acero son los que más contribuyen en la liberación de dióxido de carbono hacia la atmósfera.

Por ejemplo, se nota como toman relevancia actividades como en la construcción del contrapiso, instalación de ventanería junto con sus rejas y lo relacionado a la hojalatería. No obstante, también es notorio que actividades como trazo, las conexiones mecánicas y los acabados en pintura son las etapas en las que se generan menos emisiones, esto bajo los supuestos establecidos anteriormente. Asimismo, resulta relevante notar que los materiales de paredes y columnas prefabricadas no es la principal fuente de emisiones en estas obras, esto puede resultar del hecho de que estos elementos se fabrican en plantas automatizadas que disminuyen las demandas de energía y calculando con precisión las cantidades de material requeridos para elaborar cada elemento, lo que reduce los desperdicios.

Finalizando con este análisis, es posible notar la estandarización de las obras al identificar que comparten muchas de sus etapas constructivas y que presentan similitudes incluso en las cantidades de materiales empleados. Cabe destacar que, que en la batería sanitaria y el comedor ven un aumento en su Huella de Carbono al requerir instalaciones electromecánicas que no son necesarias en el aula académica, inclusive, se puede hacer referencia a que el comedor además requiere adecuar espacios como la caseta del gas LP, que en este caso se construye a base de mampostería lo que incrementa sus emisiones.

Ya en el análisis de un centro educativo completo lo que si hay que contemplar es que el módulo aulas se va a repetir más veces que los otros dos, debido a que el caso del comedor da un servicio y por lo general tienen mucho menor presencia en el complejo educativo como tal, caso similar que la batería sanitaria donde puede haber más presencia que el comedor, pero menor a aulas. Así, cada detalle según diseños debería ser analizado de forma particular.

Tabla 18. Huella de Carbono generada por cada obra en cada actividad del proceso constructivo

Actividad	Aula- Huella de Carbono (Ton/CO _{2eq})	Batería Sanitaria- Huella de Carbono (Ton/ CO _{2eq})	Comedor- Huella de Carbono (Ton/ CO _{2eq})
Trazo	0.001	0.001	0.001
Placas y cimientos	0.73	1.22	1.03
Paredes y columnas prefabricado	1.08	1.64	1.02
Contrapiso	2.28	2.28	1.83
Acera	0.79	0.86	1.76
Bordillo para previstas	-	-	0.29
Estructura de techo	1.18	1.22	1.30
Cubierta y hojalatería	2.05	2.05	2.08
Conexión pluvial	0.14	0.16	0.14
Cuneta	0.57	0.45	0.37
Instalación agua potable	-	0.18	0.08
Instalación aguas negras y grises	-	0.66	0.47
Instalación iluminación	0.06	0.12	0.18
Instalación tomas	0.04	0.01	0.05
Instalación gas lp	-	-	0.02
Enchapes	0.00	0.44	0.14
Repellos	0.94	1.42	1.39
Pisos	1.76	1.74	0.76
Rodapié	-0.03	0.04	0.04
Ventanas	0.75	2.48	2.84
Rejas de ventana	0.93	1.40	4.09
Cielo raso	1.25	1.24	1.36
Puertas	0.17	2.45	0.99
Pintura	0.01	0.01	0.02
Caseta de gas (mampostería)	-	-	2.53
Caseta de gas (losa de techo)	-	-	0.07
viga de amarre	1.23	0.34	-
Mampostería	-	0.35	-
Total	15.92	22.76	24.86
Total por m ²	0.221	0.316	0.345

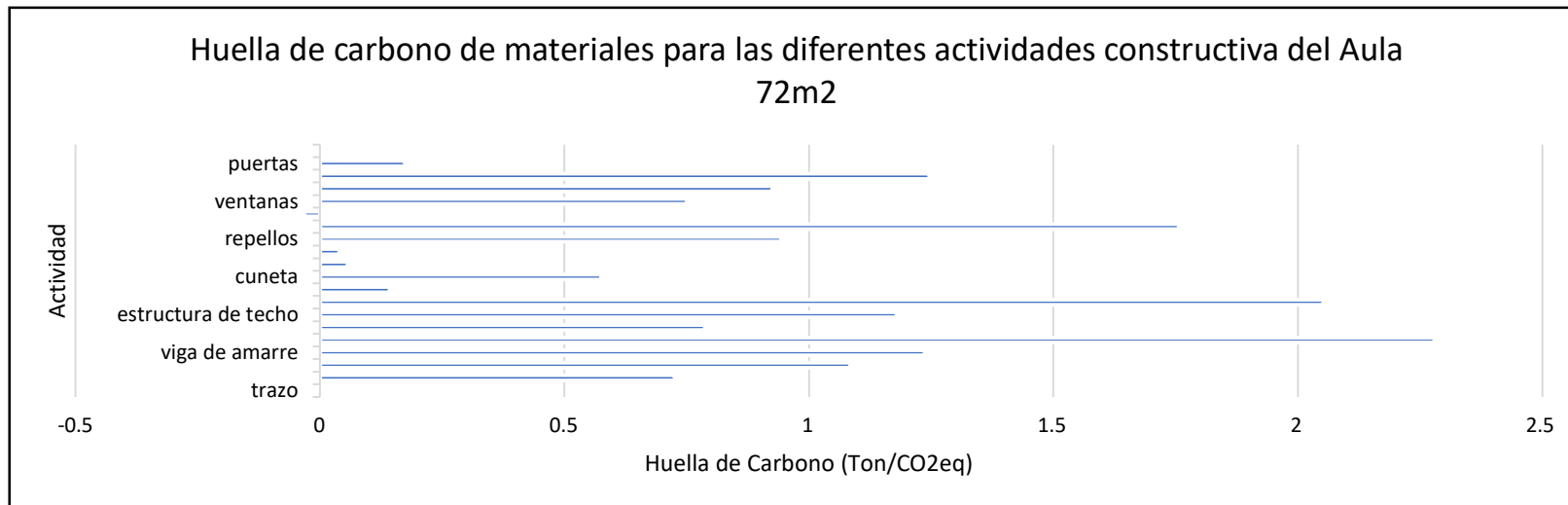


Figura 30. Huella de Carbono de los materiales utilizados en el aula académica en las diferentes actividades del proceso constructivo

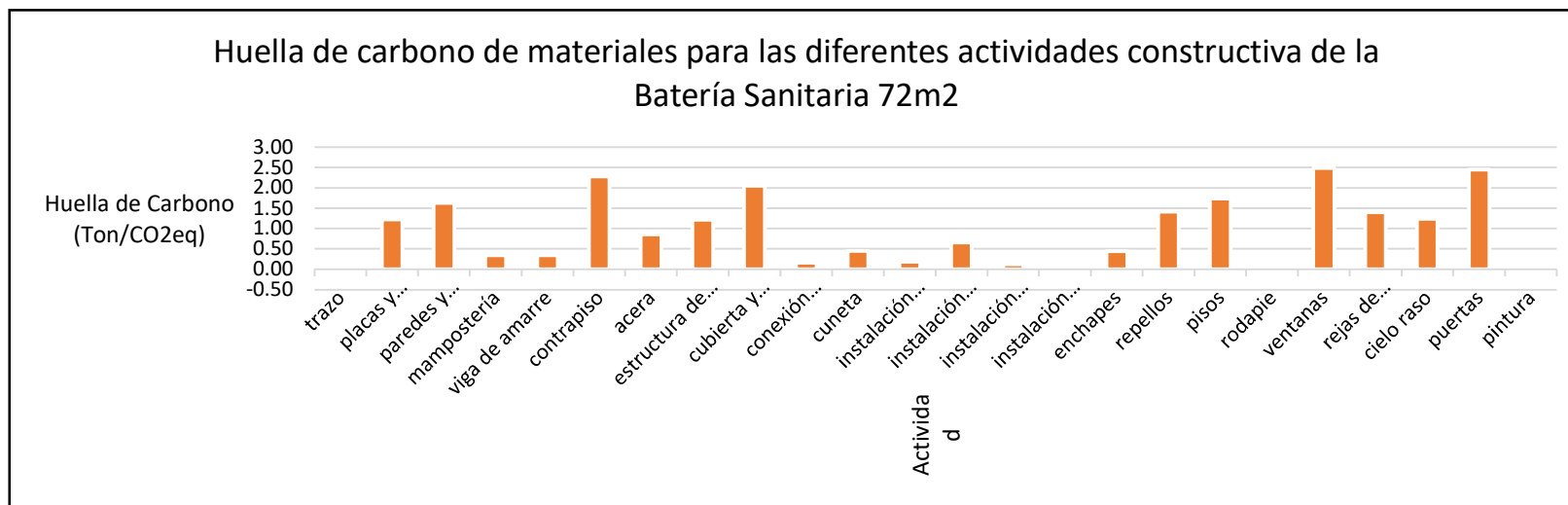


Figura 31. Huella de Carbono de los materiales utilizados en la Batería Sanitaria en las diferentes actividades del proceso constructivo

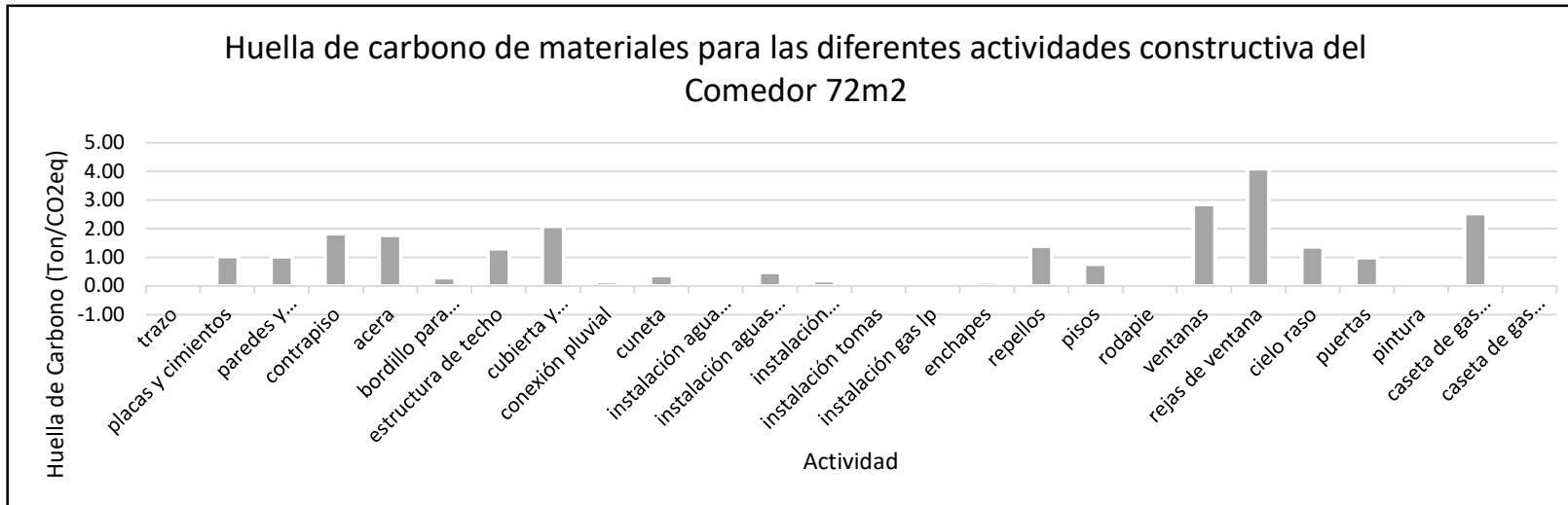


Figura 32. Huella de Carbono de los materiales utilizados en el Comedor en las diferentes actividades del proceso constructivo

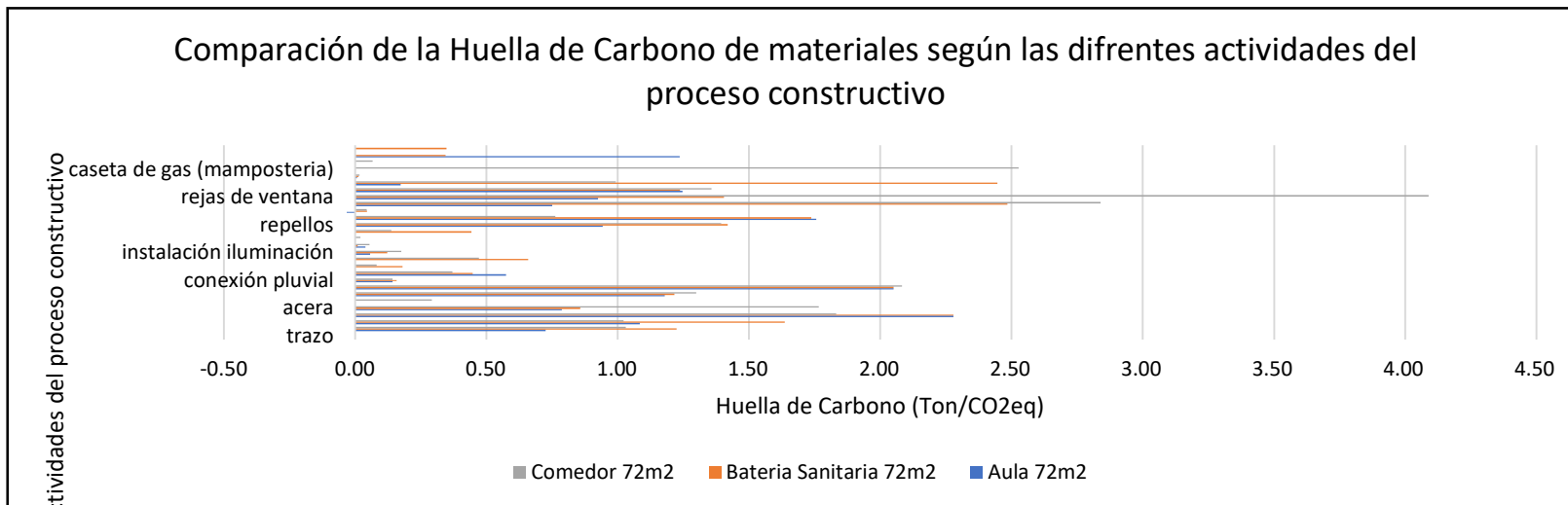


Figura 33. Comparación de la Huella de Carbono de los materiales según las diferentes actividades del proceso constructivo

Con respecto a los equipos utilizados, anteriormente, se han presentado tanto las cantidades consumidas como los factores de carbono equivalente (ver Tabla 8 y Tabla 14, respectivamente). De esta manera, al aplicar nuevamente la ecuación [1] que dicta el cálculo de la Huella de Carbono, es posible determinar el aporte de cada uno de los equipos analizados, información que se detalla en la Tabla 19.

Tabla 19. Huella de Carbono generada por el uso de equipos típicos de construcción

Equipo	Aula académica Huella de Carbono (Kg CO _{2eq})	Batería sanitaria Huella de Carbono (Kg CO _{2eq})	Comedor Huella de Carbono (Kg CO _{2eq})
Acarreos diésel	227.9	335.6	342.5
Batidora eléctrica	2.0	2.2	1.7
Batidora diésel	325.3	357.8	268.3
Batidora gasolina	287.2	315.9	237.0
Máquina de soldar	10.3	36.6	29.4
Compactador gasolina	31.9	32.9	31.7

Cabe destacar el hecho de que no se conoce con certeza el tipo de equipo que puede ser utilizado por una empresa constructora al ejecutar una determinada obra, razón por la cual, en la Tabla 19, se presenta el resultado para diversas posibilidades de equipos que podrían ser utilizados. No obstante, hay que considerar que en los presupuestos de las obras se menciona el uso únicamente de uno de los tipos presentados anteriormente, según la actividad que se esté realizando.

Con la salvedad de la falta de información complementaria, al analizar estos resultados, se puede comprobar que, los equipos que emplean combustible del tipo diésel son los que más Huella de Carbono generan. Esto se debe, según Fernández (2022), a que el diésel a pesar de generar un 11% menos de emisiones de dióxido de carbono en comparación con la gasolina, produce una mayor cantidad de óxidos de nitrógeno y otras sustancias tóxicas, como el dióxido de azufre y el hollín, provocando que, la cantidad de CO_{2eq} se ve afectada por estas sustancias y provocando que al contraponer ambos combustibles sea el diésel el que libera mayor cantidad de partículas contaminantes.

Por otra parte, se pueden notar los beneficios de sustituir equipos de combustión interna por equipos eléctricos, tal es el caso, donde se compara la Huella generada por la batidora eléctrica en comparación con este mismo equipo, pero empleando combustión ya sea a gasolina o a diésel, es este caso, se puede notar que tal Huella de Carbono resulta despreciable al hacer la

comparación. Esto también resalta al notar que, la máquina de soldar genera una huella baja en comparación a los equipos de combustión que se utilizan en cantidades de horas similares, esta misma razón es por la que no se puede inferir lo mismo del compactador, ya que, entre todas las posibilidades de equipos a emplear en las obras, este es el que menor cantidad de horas de uso presenta.

Además, la huella de carbono por m² según la obra realiza se encuentra similar a la obtenida en investigaciones sobre construcciones de obras en sistema prefabricado donde estos valores ronda entre los 200 a 400 Kg CO_{2eq} (Fontecha ,2023). Estas investigaciones determinan que la contaminación se da debido a la gran utilización de cemento que se necesita para la fabricación del método constructivo sistema prefabricado.

5.3 Procedimiento para el cálculo de la Huella de Carbono operativa

Similar al cálculo de la huella de carbono de productos; el cálculo de la huella de carbono operativa se basa en una estimación de la masa de los gases de efecto invernadero emitidos por ciertas fuentes que son posibles de encontrar en la etapa de uso de las edificaciones estudiadas, esto en términos de dióxido de carbono. El resultado se obtiene a partir de la multiplicación de la cantidad de gases emitidos (expresado en una unidad típica que sea representativa para cada fuente de emisión) por un factor de equivalencia, que en este caso se emplean los presentados por el IMN, presentados en secciones anteriores.

De esta manera, en esta sección se presentan los resultados obtenidos del análisis de la huella de carbono generada por la cuantificación de consumo de recursos y generación de residuos en su fase operativa para las tres obras analizadas aplicando los principios de la norma INTE-ISO 14064-1, con el fin de determinar medidas que permitan disminuir, eliminar o compensar dichas emisiones.

5.3.1 Alcances de la estimación de la huella operativa

- El cálculo de la Huella de Carbono abordado en la presente sección trata las obras prototipo desarrolladas por la DIE del MEP denominadas aula académica 72 m², batería sanitaria tipo 1 72 m² y comedor 72 m², basado en las respuestas obtenidas al aplicar el formulario presentado en el 9.2 Respuestas al formulario en centros educativos que ya están operando y que contemplan este tipo de obras..

- El cálculo de la Huella de Carbono se enfocó en el estudio de aquellas actividades que resultan pertinentes a la operación típica de cada una de las obras.
- Los factores de carbono equivalentes empleados en la metodología de cálculo son los presentados por el Instituto Meteorológico Nacional. Cabe destacar que estos valores pueden ser conservadores, sin embargo, es la principal fuente de consulta en estos tipos de análisis a nivel nacional.
- En este caso, se tomaron en consideración las actividades de consumo de energía eléctrica, recarga de extintores de CO₂, consumo de gas GLP, producción de aguas residuales y generación de residuos sólidos, los cuales se distribuirán según sean más representativos para la operación de cada obra de manera individual.
- En el cálculo de esta Huella de Carbono no se consideraron actividades tales como el consumo de energía por combustible en ninguna de sus variantes, por ejemplo, transporte local de estudiantes, de personal administrativo ni posibles viajes aéreos o marítimos.
- Se reconoce que existe, mas no se calculó, la incertidumbre dentro de los cálculos, ya que la estimación de los factores de emisión es conservadora y afecta al cálculo la reducida disposición de centros educativos a colaborar con la investigación.
- Dentro del cálculo, no se consideraron fuentes de remoción.

5.3.2 Supuestos requeridos por el estudio

- Debido a la poca disponibilidad de los centros educativos para colaborar con los beneficios de esta investigación, se considera pertinente tratar el presente calculo como un ejemplo, guía y precedente para la estimación de emisiones en esta etapa de las edificaciones.
- Se consideraron verídicos los datos brindados por los centros educativos que sirven de referencia para esta investigación y a partir de dichos valores se realizan promedios simples según se requiera para obtener unidades que sean compatibles con el factor de emisión.
- Se consideró que la metodología de cálculo puede ser extrapolable a cualquier región dentro del país, no obstante, para obtener resultados representativos se deben verificar las condiciones del sitio donde se vaya a desarrollar la obra para validar aspectos que quedan fuera del presente análisis como el transporte, el clima, condiciones sociales, entre otros.

- Se consideró que la totalidad de los residuos sólidos generados en los comedores van directamente a un relleno sanitario, ya que, según las respuestas obtenidas, no se contó con ningún sistema de valorización y en caso de que se cuente con uno, no se contabilizan las cantidades de residuos valorizados.

5.3.3 Cálculo de la Huella de Carbono operacional

En esta sección se presentan los resultados obtenidos para el cálculo de la Huella de Carbono organizacional, en este caso, enfocada al análisis de las operaciones típicas que se realizaron dentro de las estructuras estudiadas, esto, posterior a su construcción y hasta el final de su vida útil. Así, para dicho cálculo se tomaron los valores registrados para cada fuente de emisión en su respectiva unidad funcional, con el fin de generar su aporte equivalente, en términos de la masa de dióxido de carbono.

Los resultados obtenidos son presentados para un lapso de un año, esto se debe a que la mayoría de las actividades consideradas generan facturaciones o registros en este periodo, lo cual, permitió obtener un parámetro de referencia fácil de utilizar en la toma de decisiones dirigidas hacia el establecimiento de acciones que permitieron reducir los valores de carbono encontrados en esta investigación.

De esta manera, en la Tabla 20, Tabla 21 y Tabla 22 se presentan los resultados correspondientes a la huella de carbono estimada para la fase operativa del aula académica, la batería sanitaria y el comedor, respectivamente. Se debe considerar nuevamente que las estructuras presentan usos muy variados y distintos por lo que no es conveniente realizar una comparación directa a la hora de establecer mejoras, reducciones o compensaciones de carbono. No obstante, se pueden evidenciar aspectos tales como el hecho de que el aula académica genera un aporte de carbono casi insignificante comparado a las otras dos obras; acá, es posible pensar en el hecho de que esta obra será empleada únicamente para impartir lecciones, con pocas horas de consumo eléctrico por concepto de iluminación y pocos aparatos electrónicos consumiendo energía (Ver Figura 34).

Por otra parte, al analizar los resultados obtenidos para la batería sanitaria resalta la cantidad de carbono equivalente que se genera por el uso de tanques sépticos, como se muestra en la Figura 35; así, considerando el método de tratamiento empleado que, básicamente, dispone dichas aguas sin ningún aprovechamiento que compense sus emisiones provoca una alta

cantidad de partículas de CO₂ que quedan atrapadas directamente en la atmosfera, es importante mencionar que este método genera una mayor cantidad de emisiones en comparación a un método alternativo como biodigestores o similares que, permiten aprovechar parte de este residuo para generar energía. De igual manera, este valor resulta conservador ya que el IMN propone dicho valor para una operación de 24h y este no es el caso de un centro educativo típico de Costa Rica. Sin embargo, como se ha mencionado la metodología presentada en esta sección sirve como ejemplificación para ser aplicada a los centros educativos al momento de contar con una base de datos robusta y considerando aspectos particulares de cada obra.

Finalmente, se puede notar que el comedor, como unidad individual, genera un promedio de 981 kgCO_{2eq} ubicándose entre los valores obtenidos para las otras dos estructuras, pero encontrándose muy por debajo de las obtenidas para la batería sanitaria. En este tipo de estructura se lleva a cabo la labor principal del procesamiento de alimentos, razón por la cual se genera consumo de energía eléctrica, gas licuado de petróleo y, consecuentemente, es la principal fuente de generación de residuos sólidos en un centro educativo. Para esta obra se encontró que un 2% de las emisiones provienen del consumo de energía eléctrica, un 39% es provocado por el uso de gas licuado de petróleo y el restante 59% se debe a la generación de residuos sólidos, esta información se puede encontrar de manera grafica en la Figura 36.

Tabla 20. Huella de Carbono operativa para el aula académica

Aula académica				
Fuente de emisión	Registro mensual	Factor de carbono		Huella de Carbono 50 años KgCO _{2eq}
Consumo Electricidad (kWh)	116,9	0,04	KgCO _{2eq} /KWh	2805
Recarga de extintores (Kg)	0,2	Medición directa		10
Huella de Carbono mensual (Aula Académica) KgCO _{2eq}				2815

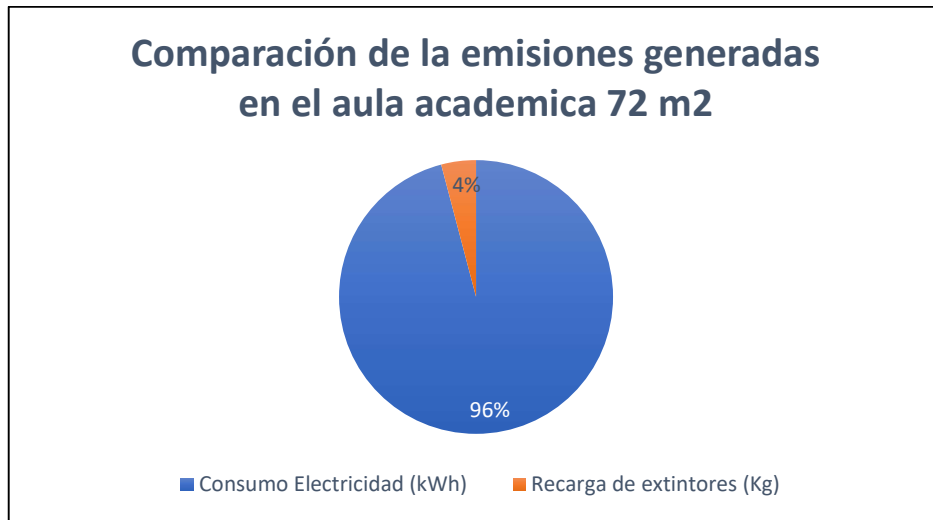


Figura 34. Huella de carbono generada por la operación del aula académica de 72 m²

Tabla 21. Huella de Carbono operativa para la batería sanitaria

Batería Sanitaria				
Fuente de emisión	Registro	Factor de carbono		Huella de Carbono A 50 años (KgCO ₂ eq)
Consumo Electricidad (kWh)	102,5	0,04	KgCO ₂ eq/ KWh	2460
Producción de aguas residuales (personas)	430,0	4.38	KgCO ₂ eq/L /mes	1130040
Huella de Carbono mensual (Batería Sanitaria) KgCO ₂ eq				1132500

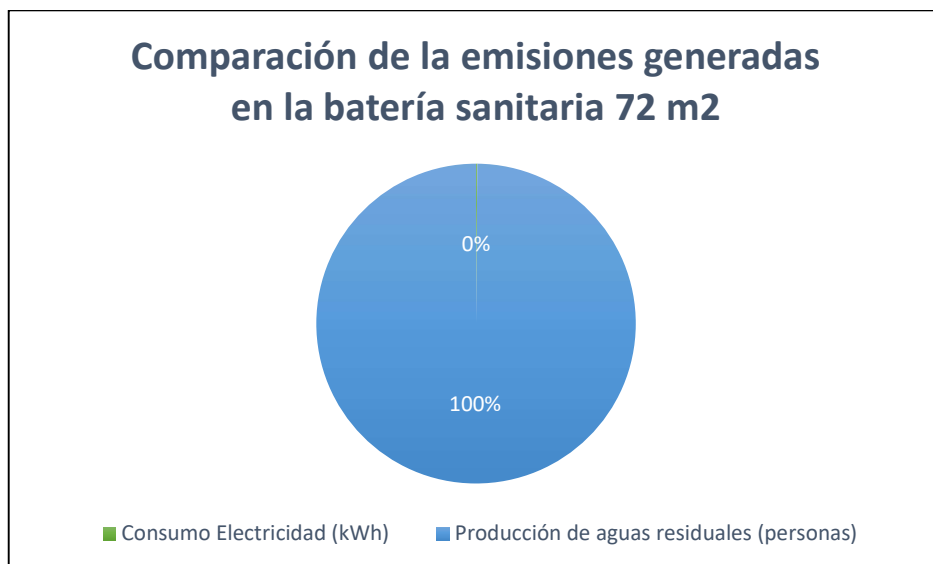


Figura 35. Huella de carbono generada por la operación de la batería sanitaria de 72 m²

Tabla 22. Huella de Carbono operativa para el comedor

Comedor				
Fuente de emisión	Registro	Factor de carbono		Huella de Carbono a 50 años KgCO ₂ eq)
Consumo Electricidad (kWh)	87,2	0,04	KgCO ₂ eq/ KWh	2100
Consumo de Gas LGP (L)	45,4	1,61	KgCO ₂ eq/ xL	48856.4
Generación de residuos sólidos (Kg)	100,0	0.05 19	KgCO ₂ eq/ Kg	3114
Huella de Carbono mensual (Comedor) KgCO ₂ eq				54070.4

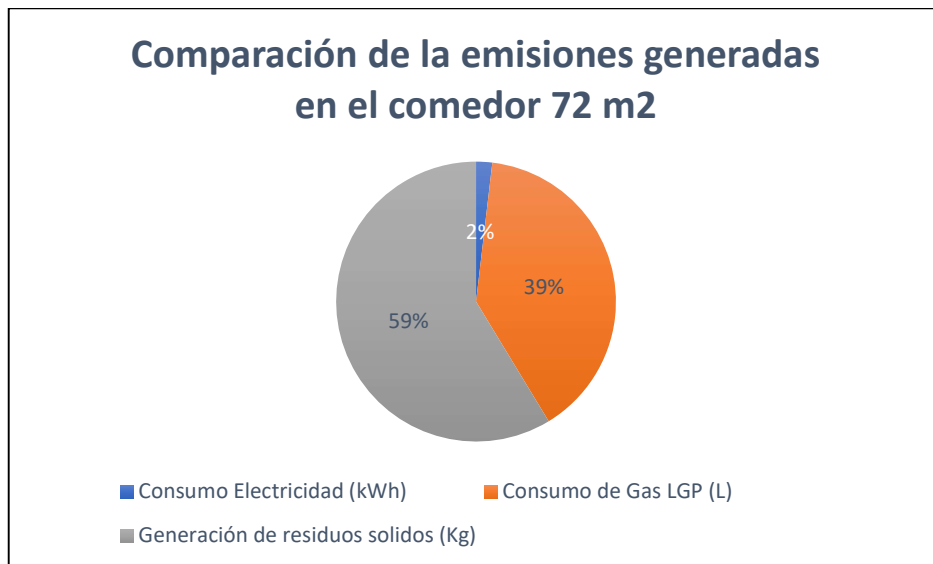


Figura 36. Huella de carbono generada por la operación del comedor de 72 m²

5.4 Estimación de la huella de carbono global

Ahora bien, considerando todos los aspectos mencionados en las secciones anteriores referentes al cálculo de la huella de carbono aportada por cada obra, según su proceso constructivo y operativo, de una manera individualizada, estas tablas muestra dichos aportes de carbono equivalente y adiciona un valor total de la cantidad de carbono que queda atrapado en la atmósfera y que es emitido por parte de los materiales, los equipos y las operaciones típicas de cada obra estudiada en una forma integral.

De esta manera, se realiza este cálculo con el fin de generar un valor global que permita evidenciar la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero producidos en las etapas constructiva y operacional de cada una de estas estructuras y así permitirle a la institución

interesada en la investigación una mayor facilidad al establecer un dato base de la cantidad de carbono que se libera a la atmósfera al momento de plantear, ya sea de manera individualizada o como parte de un complejo educativo, la posibilidad de utilizar el sistema constructivo tratado, además, estos valores permiten tener un punto de referencia para comparar los aportes de carbono con respecto a otros tipos de sistemas constructivos.

Tabla 23. Resumen de la Huella de Carbono según el tipo de obra

Tipo de obra	HC _{total} por materiales (KgCO _{2eq})	HC _{total} por operaciones (KgCO _{2eq} /50 años)	Huella de Carbono global (KgCO _{2eq} vida útil)
Aula académica 72 m ²	15912	2815	18727
Batería Sanitaria 72 m ²	22752	1132500	1155252
Comedor 72 m ²	24863	54070	78933

Además, en la Figura 37, se muestra gráficamente la comparación de las huellas de carbono generadas por cada tipo de obra con sus respectivos componentes. De este análisis, se logra mostrar que la obra que genera mayor cantidad de emisiones es la batería sanitaria con un valor de 1155252 kgCO_{2eq}, seguida por el comedor con 1436.32 kgCO_{2eq} y por último el aula académica con 18727kgCO_{2eq}.

Al analizar los planos constructivos, el presupuesto de cada obra y el resumen de datos es posible identificar la razón de este comportamiento, el cual, se debe a que la batería sanitaria y el comedor requieren de un mayor número de elementos prefabricados y otros materiales que no son necesarios para la construcción del aula académica, lo cual aumenta la cantidad de emisiones generadas. Por otra parte, se nota que las emisiones operacionales del aula son significativamente menores que las generadas en las otras dos obras provocando que la tendencia descrita no se vea afectada en gran medida.

Además, se puede evidenciar que las huellas obtenidas son similares y se comportan igual a otras edificaciones estudiadas a nivel nacional o internacional, como es el caso de la escuela técnica superior de ingenieros de montes de Madrid realizada por Marco Blanquer Rodríguez que posee para una construcción de sistema prefabricado con área construida de 72 m² una huella de 17541 KgCO_{2eq}.

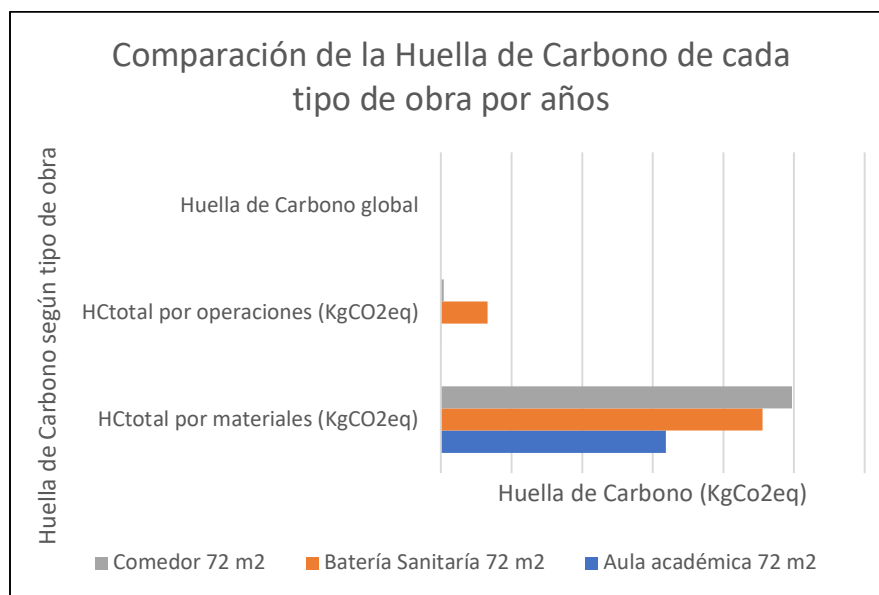


Figura 37. Comparación de la huella de carbono de cada tipo de obra

CAPÍTULO 6. Determinación de estrategias para la reducción y mitigación de la huella de carbono

El fin principal de realizar un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero debe estar orientado hacia la identificación de aquellas fuentes que puedan ser tratadas para determinar acciones que, encaminadas hacia la optimización, permitan mejorar el desempeño del sistema que ocasiona dichas emisiones o en dado caso que permitan identificar nuevos sistemas por los cuales optar con el fin de eliminar, reducir o compensar dichas emisiones.

De esta manera, al calcular los aportes de carbono que se obtienen por concepto de materiales de construcción, equipos de construcción y actividades operativas en las obras prototipo que se han tratado a lo largo de la presente investigación, resulta conveniente identificar y formular una serie de recomendaciones que permitan abordar la problemática ambiental que se vive en nuestra época y que, lamentablemente, afecta a todos los sectores sociales. Así, definir medidas de eliminación, reducción y compensación de emisiones de GEI, permite que instituciones como el MEP puedan ampliar su visión en el entendimiento del panorama y en las aplicaciones de acciones dirigidas hacia el mejoramiento de sus obras en términos de sostenibilidad.

Por lo anterior, en esta sección se brindan una serie de medidas con el fin de establecer una base de opciones que, a partir del análisis particular de cada obra que se construya a futuro,

se puedan identificar aquellas medidas aplicables y, así, orientar las nuevas obras hacia la búsqueda del carbono neutralidad. Por la naturaleza de las obras, se brindan recomendaciones tanto generales para la concepción de un centro educativo que incluya este tipo de obras como otras más específicas para cada una de ellas, en este último caso se aclarará cuando sea pertinente.

Para abordar dichas medidas, en primer lugar, se analizaron aquellos aspectos de diseño y constructivos que sean mejorables, identificando nuevas tecnologías de materiales y buenas prácticas que contribuyan en la disminución de emisiones de carbono. Posteriormente, se analizaron los aspectos operativos para optimizar el uso de los recursos y plantear posibles acciones que puedan ser implementadas con el fin de reducir y mitigar las emisiones de carbono que no puedan ser tratadas en la fase constructiva.

6.1 Medidas de reducción y compensación aplicables a la fase constructiva

La fase constructiva de una obra implica el uso de una numerosa cantidad de materiales que, como ya se ha mencionado en secciones anteriores, son tratados a lo largo de diferentes etapas de su ciclo de vida. Estas etapas a la vez involucran diferentes niveles de demanda de recursos para lograr su aprovechamiento. Asimismo, la fase de construcción conlleva el uso de grandes cantidades de energía necesarios para llevar a cabo todos los procesos involucrados en la ejecución de la obra.

En términos generales, la industria constructiva emplea mayoritariamente los denominados materiales tradicionales, práctica que se debe a situaciones tales como la costumbre de su uso, la falta de nuevas tecnologías, la confiabilidad en sus propiedades físicas y mecánicas, entre otras. Sin embargo, el proceso de fabricación de ciertos materiales tradicionales involucra la liberación de gases de efecto invernadero que quedan atrapados en la atmósfera generando aportes significativos al proceso del calentamiento global.

Ahora bien, la crisis ambiental actual demanda la necesidad de innovar con nuevas tecnologías que sean más sostenibles, esto con el fin de afrontar los niveles de temperatura experimentados en la actualidad y evitar que los mismos vayan en aumento. Así, los denominados materiales sostenibles vienen a contribuir con dicha problemática, estos materiales permiten generar menores impactos ambientales en una industria como la construcción que no permite detener sus operaciones. En términos generales, estos nuevos

materiales provienen tanto de la naturaleza como de procesos de reciclaje, reutilización y de procesos que involucran energías limpias (Ramírez, 2002).

De esta manera, en la presente sección se muestran alternativas a los materiales tradicionales empleados en el sistema prefabricado de columnas y baldosas, con el fin de generar opciones sostenibles que puedan ser aplicadas a las obras analizadas. Además, se identifican las actividades generales del proceso constructivo, los materiales involucrados en ellas y sus respectivas emisiones con el fin de estimar los beneficios de optar por materiales sostenibles. De igual forma, se brindan recomendaciones prácticas aplicables a la etapa de ejecución que, aunque no presentan un valor numérico para estimar sus emisiones, sirven de antemano para reducir los niveles de carbono. Cabe destacar, que a nivel nacional existen gran variedad de materiales sostenibles que son capaces de sustituir por los materiales convencionales.

6.1.1 Identificación de mejoras y recomendaciones para la reducción de la Huella de Carbono a nivel constructivo

El análisis de los resultados obtenidos para la estimación de la Huella de Carbono mostró que existen ciertos materiales tradicionales, tales como el cemento y el acero de refuerzo, que contribuyen mayormente a la generación de gases de efecto invernadero, esto debido a los volúmenes utilizados y a su proceso de producción. No obstante, en el mercado se ofrecen alternativas sostenibles a estos y otros materiales que pueden ser implementados en las obras de construcción.

Un aspecto importante a la hora de analizar y elegir opciones de materiales sostenibles consiste en verificar que se cumplan los requerimientos técnicos de dichos materiales para asegurar que sus propiedades físicas y mecánicas tengan un comportamiento similar al de los materiales tradicionales y así, evitar que se comprometa la integridad de la obra a construir.

De esta manera, se analizaron los materiales convencionales que componen las obras estudiadas y que se convierten en elementos perjudiciales para el ambiente, tomando en cuenta materiales como: el cemento y concreto, concreto prefabricado, acero, madera, enyesados y enlucidos, pinturas y barnices, y materiales cerámicos.

6.1.1.1 Alternativas para las etapas de obra gris

El concreto es un material de construcción hecho de cemento, arena y piedra. Una de sus principales características es su alta maleabilidad, buena consistencia, bajo costo y secado

rápido; sin embargo, su fabricación conlleva acciones que contribuyen negativamente al cambio climático, esto debido a que la elaboración del cemento se realiza mediante canteras, las cuales liberan gran cantidad de CO₂, especialmente el Clinker (Perles, 2003). Por esta razón, se han creado variedad de alternativas amigables con el ambiente, para poder disminuir el impacto de este material.

El sistema prefabricado de columnas y baldosas establece que para la elaboración de sus elementos tipo columna se debe cumplir una resistencia a los 28 días de 315 kg/cm² y para las baldosas una resistencia de 245 kg/cm². Partiendo de esta premisa, cualquier alternativa sostenible que se desee emplear, ya sea como cerramiento o soporte debe cumplir al menos con dicha especificación.

Así, una alternativa para sustituir el cemento es el producto Anhidrita ANI-MIC/AC (sulfato de calcio deshidratado) que se obtiene como un residuo 100% reciclado en la producción de fluoruro de hidrógeno (HF). Una de las principales características de este material es su capacidad de fraguar al entrar en contacto con el agua, permitiendo la elaboración de diversos productos que utilizan aglomerantes tradicionales como lo es el cemento.

Para este material es posible encontrar su Declaración Ambiental de Producto, la cual como ya se ha visto contribuye a establecer parámetros de referencia para comparar sus características ambientales, no obstante, en este mismo documento se menciona, entre otras propiedades, que sus resistencia a la compresión a los 28 días es superior a los 30 N/mm², lo cual es equivalente a 305.9 kg/cm² (Derivados del Flúor SAU, 2012), razón por la cual, este material, en términos técnicos, es ideal para la elaboración de los materiales prefabricados que se emplean en las obras de la DIE que utilizan este sistema constructivo.

Ahora bien, además de cumplir con la especificación de resistencia a la compresión, este producto contribuye a disminuir la huella de carbono debido a que su factor equivalente es de 0.0519 kgCO_{2eq} por cada 1.00 kg (Derivados del Flúor SAU, 2012), en comparación con el cemento que es de 0.59 kgCO_{2eq} por cada 1.00 kg. Esta diferencia genera que este material sea una buena opción de sostenibilidad ya que disminuiría alrededor de un 91% el impacto generado de este material en la construcción de estas obras.

Por otra parte, el cáñamo está revolucionando la construcción, debido a que la mezcla de cáñamo, agua y cal generan una pasta similar a la del concreto llamado "hempcrete" donde su

comportamiento es similar, pero la diferencia que existe es que es carbono neutro e incluso carbono positivo, puesto que captura más gases de efecto invernadero de los que emite al producirlo. De esta manera, analizando las propiedades mecánicas y comparándolas con la de concreto tradicional son similares, lo cual es una alternativa significativa para la disminución de la huella de carbono (Carvajal et al, 2016). Este producto se puede encontrar a nivel nacional por medio de la Coalición Costarricense de cáñamo, que es una organización sin fines de lucro dedicada a mejorar el medio ambiente de nuestro país y crear empresas rentables en torno al cáñamo industrial.

Por lo anterior, el concreto tradicional se compone principal del cemento donde este material genera 585 kgCO_{2eq} por cada 1000 kg, es decir, 0.59 kgCO_{2eq} por cada 1.00 kg. En cambio, la empresa Ekolution ha creado fibras de cáñamo que emiten -4.4 kgCO_{2eq} por cada m² que equivale a 3.5 kg/m², es decir, -1.26 kgCO_{2eq} por cada 1.00 kg (Ekolution, 2020) donde se evidencia que crear el hempcrete ayuda a la disminución del 314% del impacto que genera el cemento, asimismo, de la huella del carbono generada por el concreto, este producto se puede usar para sustituir 100% el cemento, o existe la alternativa de mezclar ambos en fracciones iguales.

Otra alternativa es el hormigón celular curado en autoclave Ytong. Así, haciendo un contraste, el concreto premezclado posee por cada m³ 201 kgCO_{2eq} y el hormigón celular curado en autoclave Ytong 167 kgCO_{2eq} para cada m³ (Xella Baustoffe GmbH, 2017), existiendo una diferencia de contaminación del 16%, por esto, es más aconsejable usar esta alternativa y ayudar a minimizar el impacto ambiental.

También, Vanguard y Creative desarrollado por la empresa ULMA representa una alternativa para sustituir los productos de cerramiento convencionales del sistema prefabricado, es decir, las baldosas. Este producto resulta de la combinación de áridos de sílice y cuarzo, los cuales se combinan mediante resinas de poliéster estable, que según ULMA (2018) adquiere propiedades mecánicas como la resistencia a la tracción, al choque y a la compresión que son hasta cuatro veces superiores a las del concreto convencional.

De esta manera, en secciones anteriores se evidenció que para la elaboración de los materiales prefabricados se genera una cantidad equivalente de 137 kgCO_{2eq} por cada 1000 kg empleados en su fabricación. Al analizar la alternativa propuesta por ULMA, se encuentra que para 1.00 m² de este tipo de paneles, se genera 26.96 kgCO_{2eq}, que es igual a 80.00 kgCO_{2eq} por cada

1000 kg (ULMA. 2017), impactando alrededor de un 43% menos en comparación con el sistema prefabricado convencional.

Otros beneficios de implementar productos prefabricados con esta tecnología es que permiten reducir considerablemente las cantidades de material empleados en la fabricación, esto gracias a los niveles de resistencia mencionados, lo cual también genera que sea factible el no colocar acero de refuerzo a los paneles, lo cual aguanta los esfuerzos de tensión, además debido a la composición del producto, el mismo se logra fabricar hasta en un 79% de materiales reciclados.

Asimismo, existen también materiales pétreos que son componentes del concreto y que pueden ser obtenidos gracias a un proceso de reciclaje. Este proceso consiste en un tratamiento dado a productos de concreto que han sido demolidos de construcciones existentes y de los cuales se pueden liberar ciertas cantidades de agregados en diferentes granulometrías que pueden ser incorporados nuevamente a la mezcla de concreto, ya sea con material convencional o una alternativa sostenible para generar nuevos elementos que cumplan con resistencia similares a las especificadas para el sistema constructivo.

Si bien es cierto que este tipo de elemento generan cierto recelo con respecto a la elaboración de elementos estructurales de gran envergadura, se debe notar el hecho de que el tipo de construcción abordada en esta investigación puede ser considerada como obra menor, la cual no demanda requerimientos técnicos de alto nivel, por lo cual las propiedades físicas y mecánicas de los agregados reciclados permiten que el sistema de columnas y baldos u algunos de sus componentes como contrapisos u otros que requieran de concreto no se vean comprometidos.

De esta manera, en términos ambientales, una tonelada de agregados reciclados genera una cantidad de carbono equivalente igual a 0.827 Kg (Green Vision Recycling, 2022), mientras que una tonelada de agregados extraídos y procesados con técnicas convencionales genera una cantidad de 1.83 kgCO_{2eq}. Con lo cual se logra identificar que el empleo de agregados reciclados disminuye en un 55% las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, esto manteniendo la calidad de los productos elaborados.

Continuando con lo anterior, aunque no posea EPD, en Costa Rica la empresa PEDREGAL y la empresa internacional CRDC Global, crearon el RESIN8 que es el único material procedente de residuos plásticos que mejora el rendimiento de los productos de hormigón estructural y gana

la aceptación de la industria de la construcción. Las aplicaciones de hormigón que utilizan RESIN8 superan las normas ASTM C33, que son el punto de referencia internacional para el rendimiento de los materiales. RESIN8 ha sido probado para demostrar un aumento en la resistencia a la compresión, flexibilidad, resistencia al fuego, resistencia térmica y propiedades acústicas. Se puede usar en aplicaciones de concreto estructural o no estructural y en concreto vertido en el lugar. Se debe tener en cuenta que también existe el agregado grueso proveniente del concreto reciclado para ser reutilizado en nuevos concretos que puede funcionar para mitigar este impacto, para mayor información de cómo funciona existe estudios realizados como la tesis de Daniela Ramírez Picado publicada en el 2021.

Por otra parte, a pesar de que el sistema constructivo no requiere de grandes cantidades de acero de refuerzo como otros sistemas tales como la mampostería o los pretensados de gran escala, es importante mencionar que existen elementos de refuerzo que también resultan de procesos de reciclaje y que, así como los agregados reciclados permiten obtener propiedades mecánicas que los convierten en alternativas sostenibles aprovechables en este tipo de obras.

Así, continuando con la línea de análisis llevada a cabo hasta el momento, se puede notar que para elementos de refuerzo del tipo varilla corrugada convencional se genera un promedio de 1430 kgCO_{2eq} por cada tonelada de acero fabricado, mientras que una alternativa desarrollada mediante un proceso que retorna al proceso de fabricación hasta un 70% de material reciclado y el uso de energía renovable, llevado a cabo por una empresa sueca genera una cantidad de 1020 kgCO_{2eq} por cada tonelada de producto fabricado (HJULSBRO Steel, 2022), cabe destacar que aunque no se menciona valores de resistencia de este tipo material, se aclara el hecho de que el mismo cumple la función para uso estructural en concreto prefabricado, losas de núcleo hueco, vigas y elementos postensados.

No hay que dejar de lado las láminas de hierro galvanizado utilizadas para la parte de cubiertas, ya que estas por cada m² tiene 1881 kgCO_{2eq}, es decir, 8.80 kgCO_{2eq} por cada m². Estos valores son debido a que las partículas de hierro generadas por su fabricación se disuelven en el aire y se vierten en el mar, lo que potencialmente aumenta la cantidad de gases de efecto invernadero que pueden absorber los océanos del planeta (Franco, 2002).

La opción más sostenible en este caso es el sistema de techo verde llamado Rock Mineral Wool Urbanscape de la empresa Knauf Insulation que es un sistema de reverdecimiento extensivo, liviano, de bajo espesor y con una alta capacidad de retención de agua, donde este tipo de

techo verde se define como techo verde instantáneo ya que la vegetación cubre al menos el 95 % del sustrato directamente en la instalación. Esta empresa logra generar 3.68 kgCO_{2eq} por cada m² de fabricación del producto (Knauf Insulation, 2022). De esta manera, utilizando este producto se consigue disminuir un 58% de las emisiones que afectan al calentamiento global.

En el contexto costarricense existen varios tipos de techos verdes, por ejemplo, la compañía GRON CR ha creado cubiertas verdes que transforman incipiente de conciencia en torno a la construcción y respeto por la naturaleza que ha traído el cambio climático. Esta cubierta está diseñada específicamente para crear un hábitat que atraiga a unas especies particulares de plantas, insectos y pájaros, creando un hábitat similar al que existía en el lugar antes de la edificación, estimulando la colonización natural de vegetación y pequeños animales y enfocándose en aumentar el valor de la biodiversidad. Por lo que la interacción humana en estos tejados es muy limitada, además de comparte el funcionamiento del material convencional y especificaciones mecánicas.

6.1.1.2 Alternativas para las actividades de acabados

Además de las alternativas a los productos de mayor volumen en la construcción como lo es el concreto para los prefabricados y sus componentes, es importante analizar y conocer opciones que sean aplicables en otras actividades de ejecución de la obra. En este sentido, se pudo notar que, para la actividad de pisos, se emplean básicamente piezas derivadas de productos cementicos como el terrazo y las piezas cerámicas, de las cuales se encontró que en promedio emiten 18.1 y 9.98 kgCO_{2eq} respectivamente para cada producto por cada metro cuadrado fabricado.

Adicional a esto se debe recordar que un sistema de acabado para pisos como los descritos anteriormente requieren de otros productos como el mortero adhesivo y la fragua para generar el acabado esperado, producto que también son derivados de mezclas cementantes. Así, se encontró que estos dos materiales mencionados emiten 0.634 kgCO_{2eq} y 0.16 kgCO_{2eq} por cada kilogramo de producto fabricado en las etapas del ciclo de vida consideradas. De esta manera, y considerando los rendimientos teóricos de ambos materiales se puede concluir que por cada metro cuadrado se requieren alrededor de 4 kg de fragua, es decir una emisión de 2.54 kgCO_{2eq} y 6 kg de mortero adhesivo, lo cual, equivale a 0.96 kgCO_{2eq}. Dando como resultado una emisión de 21.6 kgCO_{2eq} por metro cuadrado de terrazo colocado en sitio y 13.5 kgCO_{2eq} por metro cuadrado de cerámica colocada en sitio.

De esta manera, opciones como el suelo vinílico bioatribuido desarrollado por una empresa francesa llamada Tarkett, puede ser una opción más sostenible. Este sistema de piso se basa en la generación de cloruro de vinilo, material base de sus pisos, pero sustituyendo los materiales fósiles por materia prima de base biológica, presenta una cantidad de emisiones de $\text{CO}_{2\text{eq}}$ de 3.32 kg por cada metro cuadrado de este tipo de piso, lo cual reduce en promedio un 80% de la huella en comparación con los productos tradicionalmente utilizados en las tres obras. De igual forma cabe destacar que, en su EPD se menciona que, debido a la alta resistencia desarrollada por este producto, una de las aplicaciones recomendadas para este tipo de suelo es para zonas de alto tránsito tales como centros de salud y centro de educación (Tarkett, 2021).

Igual, si se desea mantener el estilo de los pisos cerámicos, existen alternativas que comparten especificaciones técnicas y propiedades físicas y mecánicas a los de los materiales cerámicos tradicionales, como es el caso de los productos cerámicos de la empresa Porcelanosa, específicamente, la categoría de los tráfico, los cuales son creados con revestimiento cerámico fabricado a partir de material reciclado, donde se compone, por materias recicladas procedentes de las bajas generadas en los procesos de producción cerámica, dando como resultado un revestimiento cerámico con un porcentaje de material reciclado superior al 95%, conservando la resistencia y versatilidad de una cerámica convencional. Para el caso de Costa Rica, la empresa Materia Prima creó diseños de porcelanato que es fabricado con un 40% a 80% de material reciclado, en varios tamaños, formas y variedad de diseños.

Cabe destacar, que esta alternativa tiene un factor equivalente de $0.067 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$ para cada m^2 de este producto, y si se pone en contraste con las piezas de cerámica analizadas anteriormente posee $9.98 \text{ kgCO}_{2\text{eq}}$ para cada m^2 , es decir, que se tiene un 99% de disminución en emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, conservando igualmente calidad y estética a la construcción (Porcelanosa, 2020).

Continuando con lo anterior, existen morteros adhesivos para pisos cerámicos que contribuyen a disminuir el impacto ambiental. Todos estos morteros son compatibles con los materiales y métodos de construcción tradicional desde el punto de vista químico, estructural y mecánico, adoptando un comportamiento armónico con materiales como la piedra, cerámica, hormigón, etc. En este caso, podemos nombrar los adhesivos minerales para baldosas cerámicas y piedra natural de la empresa Kerakoll, por ejemplo, el biofast tiene muy baja emisión de compuestos orgánicos volátiles, contienen materiales reciclados reduciendo así el daño al ambiente causado

por la extracción de materias primas. Además, son reciclables como material inerte al final de su vida útil, evitando costes de eliminación de residuos y el impacto al ambiente.

El factor es 0.0336 kgCO_{2eq} para cada kg de mortero biofast (Kerakoll,2020), en cambio el mortero adhesivo usado en estas obras tipo es de 0.253 KgCO_{2eq} para cada kg, donde existe una diferencia del 87% de impacto ambiental, es decir, que este mortero biofast es una alternativa considerable si se desea disminuir la huella de carbono.

Además, en la parte de acabados podemos mencionar a las pinturas ya sean anticorrosiva, de aceite, esmaltada o de fast dry. Estos productos tienen efecto negativo en el ambiente principalmente debido a que se trata de un producto elaborado con compuestos derivados del petróleo, por esta razón, su factor equivalente ya desde los 0.499 hasta 1.87 kgCO_{2eq} para cada m².

Por ello, se ha incentivado a crear opciones amigables con el ambiente y que, por ende, no perjudique la salud de ser humano. Graphenstone Ecosphere Premium es una pintura natural de la empresa IEDISA, que es creada con grafeno dando un acabado blanco mate o semi-mate. Se caracteriza por su elevada resistencia y flexibilidad, siendo una pintura mineral y libre de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) (IEDISA, 2017). Asimismo, garantiza la transpirabilidad y salubridad de la edificación, aumentando su beneficio en comparación con las pinturas convencionales. Por lo anterior, estas pinturas son una alternativa porque tienen un impacto ambiental potencial de 0.178 kgCO_{2eq} para cada m² (IEDISA, 2017), es decir, que poseen una disminución entre 64% a 85% de reduciendo la pintura a suplantarla, siendo efectiva para sustituirla por las pinturas convencionales y ayudar a reducir la huella de carbono.

De acuerdo con la alternativa anterior, en Costa Rica existe la pintura llamada biosur ecoadvance de la empresa Pinturas del Sur, esta es una pintura inorgánica a base de cal, transpirable, con un contenido bajo de VOC (componentes orgánicos volátiles). Además, sus componentes absorben el CO₂ de la atmósfera, contribuyendo a disminuir el efecto invernadero (porcentaje de fijación de CO₂ teórico= 9,5). Asimismo, contiene biocidas de amplio espectro enfocados a las especies de hongos y algas que atacan las superficies en clima tropical. Posee un buen cubrimiento sobre diferentes sustratos y una correcta nivelación final, lo que la hace ideal para la protección y decoración de edificios y construcciones, lo cual es accesible a nivel nacional.

Otro material por considerar es el gypsum, material utilizado para cerramientos o acabados de cielo raso. Este material tiene un factor equivalente de emisión de 5.4 kgCO_{2eq} para cada m², este producto es moldeable y de fácil instalación. A pesar de sus ventajas, existen opciones de cielo raso amigables con el ambiente, como el caso de Green E-Board que está diseñada para ser utilizada como terminación o acabado de pared, también como base para azulejos, cerámica, baldosas, piedras o cielos. Además, puede ser utilizado en áreas húmedas o secas o donde la resistencia al agua y al fuego es importante.

Este material utiliza reactivos de magnesio que se fabrican a mucha menor temperatura que el cemento Portland. Igualmente, incorpora hasta un 70% de materiales reciclados en la producción de manera que estos residuos post-consumo no llegan a los vertederos. Por esta razón, posee 1.44 kgCO_{2eq} para cada m², reduciendo un 73% del dióxido de carbono del impacto ambiental.

6.1.2 Evaluación y comparación del efecto de mejoras al diseño

Una vez identificados los factores de carbono equivalente tanto para los materiales convencionales como para los materiales sostenibles y comprobado que los materiales sostenibles son aptos para ser utilizados en las obras prototipo de la DIE estudiadas en esta investigación, ya que cumplen con especificaciones físicas y mecánicas similares o superiores a las de los materiales tradicionales se procede en esta sección a evaluar los aportes y beneficios de implementar dichas tecnologías en el diseño de las obras tipo aula académica, batería sanitaria y comedor con el fin de identificar si dichas estrategias permiten reducir significativamente la huella de carbono generada por cada una de las obras.

Tabla 24. Comparación de factores de carbono equivalente para materiales tradicionales y materiales sostenibles

Material convencional	Factor de carbono equivalente kgCO _{2eq}		Material sostenible alternativo	Factor de carbono equivalente kgCO _{2eq}		% de disminución de la huella de carbono basado en el aporte del material que se sustituye
Cemento	0.59	Por kg	Anhidrita ANI-MIC/AC	0.0519	Por kg	91.00%
Cemento	0.59	Por kg	Fibra de cáñamo	-1.26	Por kg	314.0%
Concreto premezclado	201	Por m ³	Hormigón celular curado con Ytong	167	Por m ³	16%
Sistema Prefabricado	0.14	Por kg	Vanguard y Creative	0.08	Por kg	43.00%
Agregados	0.00183	Por kg	Agregados reciclados	0.000827	Por kg	55%
Acero de refuerzo	1.43	Por kg	Acero de refuerzo reciclado	1.02	Por kg	29%
Terrazo, mortero adhesivo y fragua	21.6	Por m ²	Suelo vinílico bioatribuido	3.32	Por m ²	85%
Cerámica, mortero adhesivo y fragua	13.5	Por m ²	Suelo vinílico bioatribuido	3.32	Por m ²	75%
Pisos cerámicos	9.98	Por m ²	Trafic	0.067	Por m ²	99%
Morteros adhesivos, repello	0.253	Por kg	Biofast	0.0336	Por kg	87%
Lamina de hierro galvanizado	8.80	Por m ²	Rock Mineral Wool Urbanscape	3.68	Por m ²	58%
Pintura anticorrosiva	1.87	Por m ²	Graphenstone Ecosphere Premiumes	0.178	Por m ²	75%
Pintura de aceite	0.499	Por m ²	Graphenstone Ecosphere Premiumes	0.178	Por m ²	64%
Pintura esmaltada	1.23	Por m ²	Graphenstone Ecosphere Premiumes	0.178	Por m ²	85%
Pintura fast dry	1.23	Por m ²	Graphenstone Ecosphere Premiumes	0.178	Por m ²	85%
Gypsum	5.4	Por m ²	Green E-Board	1.44	Por m ²	73%

Con base a la Tabla 24, se puede calcular nuevamente la huella de carbono de cada obra tipo analizada. Se debe tomar en cuenta que hay materiales que no se pueden sustituir ya sea por su importancia en la estructura, o porque no se ha creado alguna alternativa que cumpla los requerimientos de cada material. Además, por la naturaleza del material encontrado se puede aplicar a otros materiales convencionales, ya que cumple con las mismas características.

Tabla 25. Huella de carbono según el material

Material	Aula académica Huella de carbono (KgCO2eq)	Batería Sanitaria Huella de carbono (KgCO2eq)	Comedor Huella de carbono (KgCO2eq)
Acero de refuerzo	2168.0418	2168.3684	3894.8399
Aislante de aluminio	588	588	588
Alambre	43.92	30.14	30.1
Arena	12.7665	12.888	10.1295
Bloque de concreto	-	149.6964	714.168
Bronce	-	46.61	19.36
Cable THHN	25.2	38.04	62.76
Cable TPG	32.1	64.2	74.9
Fibra de cañamo	-9984.3198	-9998.615	-9507.6776
Clavos	32.38	19.65	37.55
Concreto premezclado	-	-	1232.532
Elementos de concreto prefabricado	-	19.0038	92.9442
EMT	3.47	7.81	5.96
Fibrolit	89.47	89.47	89.47
Fragua	12.12	14.0325	4.776
Gypsum	33.7581	33.7581	25.3179
Gypsum con revestimiento vinílico	211.41	211.41	284.31
Impermeabilizante para concreto	8.03	12.09	13.71
Lamina acrílica	6.39	25.54	25.54
Lamina Hierro negro	-	-	56.93
Lamina hierro pulido	33.65	1480.51	154.78
Lamina Jodomex	1.58	7.9	6.32
Lamina punta diamante	93.55	374.19	561.29
Láminas de Hierro Galvanizado	452.4114	452.4114	461.1516
Lastre	39.942	40.779	43.425
Madera Semidura	-915.41	-708.45	-707.36
Mortero adhesivo	-	2.0085	6.597
Mortero de pega	-	6.6405	19.53

Tabla 25. Huella de carbono según el material (cont.)

Material	Aula académica Huella de carbono (KgCO2eq)	Batería Sanitaria Huella de carbono (KgCO2eq)	Comedor Huella de carbono (KgCO2eq)
Mortero de repello	136.563	207.288	188.1975
Nylon	0.0034	0.0034	0.0343
Perfiles de Acero laminado en caliente	872.1214	1253.7393	1267.918
perfiles HG para cielo suspendido	120.0318	120.0318	68.7414
Piedra	22.2435	22.3785	23.04
Piezas cerámicas	-	4.1637	8.2381
Pintura anticorrosiva	0.01	0.15	0.055
Pintura de aceite	0.5256	0.9036	0.5832
Pintura esmaltada	0.0015	0.03	0.009
Pintura fast dry	0.1245	0.108	0.246
Polietileno	72.97	72.97	69.57
Productos de Aluminio	393.35	1571.33	1669.66
PVC a presión	142.44	895.78	499.92
PVC sin presión	34.38	21.07	170.52
Sellador de concreto	5.17	10.34	10.34
Sistema prefabricado	651.8349	988.5453	634.1877
Terrazo	193.308	190.593	-
Tornillería de acero	48.1167	49.4089	28.755
Tubería de Hierro Galvanizado	-	17.43	27.11
Tubo de abasto	-	2.54	0.95
Vidrio	353.96	920.55	1180.85
Total vida útil	-3964.3857	1537.4351	4150.2787
Total por m ²	-55.06	21.35	57.64

Según la tabla anterior, se disminuyó la emisión total del aula académica, es más utilizar esos materiales ayudó a retener el CO₂ en esa obra. Es importante, tener en cuenta que, aunque no se eliminó totalmente el de la batería sanitaria y comedor se redujo más de 80% de la huella de carbono.

6.2 Medidas de reducción y compensación aplicables a la fase Operativa

Durante la fase operativa existen varias medidas de reducción y compensación de emisiones que se pueden aplicar para trabajar hacia la neutralidad de carbono. Además, se puede crear proyectos de captura de carbono, debido a que estos ayudan a absorber y almacenar carbono de la atmósfera, compensando las emisiones generadas por las actividades operativas.

Es importante tener en cuenta que la prioridad siempre debe ser reducir las emisiones en la medida de lo posible, y la compensación se utiliza para neutralizar las emisiones restantes. Cada centro educativo o actividad puede evaluar las medidas que mejor se adapten a su contexto y establecer metas y planes de acción específicos para avanzar hacia la neutralidad de carbono en la fase operativa.

6.2.1 Identificación de mejoras y recomendaciones para la reducción de la Huella de Carbono a nivel operativo

Con base en la información de los centros educativos, se realizó anteriormente la caracterización de los procesos más representativos para la fase operativa. Es importante ver qué aspectos se deben mejorar o que alternativas existen para poder contribuir con el cuidado del ambiente. Es importante conocer la huella de carbono ya que permite identificar rutas para controlar, reducir o mitigar las emisiones y su impacto, por esto, como ya se ha identificado anteriormente las categorías de la fase operativa, se ha buscado alternativas viables para que el MEP pueda aplicar y lograr esta meta de la carbono neutralidad.

Por consiguiente, se analizó el consumo energético y su huella de acuerdo con su factor de emisión, en estos casos se utiliza energía eléctrica brindada por alguna compañía; este posee un factor de $0.040 \text{ KgCO}_{2\text{eq}}/\text{KWh}$. En este caso, los paneles solares son una alternativa, ya que son el mediador que hace que la luz solar nos sirva de energía. Su diseño es simple, muy eficaz y permite el autoconsumo, lo que fomenta la sostenibilidad. Asimismo, convertir el sol en energía reduce las emisiones de gases de efecto invernadero nocivos que contaminan el ambiente. La energía solar es una fuente de energía limpia y renovable que reemplaza la necesidad de fuentes de energía comunes que producen emisiones nocivas.

En general, los paneles solares fotovoltaicos tienen un bajo impacto en comparación con las fuentes de energía convencionales, como los combustibles fósiles. Los paneles solares no emiten gases de efecto invernadero durante su funcionamiento, ya que no requieren la combustión de combustibles para generar electricidad. Sin embargo, durante su fabricación, puede haber emisiones asociadas a la extracción de materias primas, el transporte de los materiales y la energía necesaria para producir los paneles (Arencibia, 2016).

Sin embargo, es importante destacar que el impacto ambiental total de los paneles solares debe considerarse en conjunto con otros aspectos, como el ahorro de energía, la durabilidad y

el reciclaje al final de su vida útil. En general, los paneles solares son una opción favorable para reducir las emisiones de GEI y avanzar hacia una matriz energética más sostenible y baja en carbono.

Desde el punto de vista operativo del uso de paneles solares no tiene una fuente de emisión lo cual disminuiría un 100% de este impacto. Cabe destacar, que en Costa Rica el 99% de la energía eléctrica es renovable, por eso su factor de emisión es bajo. Por esta razón, utilizar la energía de Costa Rica es una buena opción para favorecer a la disminución de la huella de carbono. Además, es conveniente utilizar luminaria que consuma poca energía. Se debe evaluar el mantenimiento de estos paneles solares según su vida útil, es por ello que se debe de tomar en cuenta cuanta contaminación genera ese aspecto.

Para el caso de los extintores, existen variedad de tipos, pero los que tiene fuente de emisión son los que tiene CO₂, lo cual su sustitución puede ser por algún extintor que apague fuego de clase A, B y C, como es el extintor de polvo polivalente. Este tipo de compuesto es un agente extintor combinado por un fluido no tóxico, neutro, es decir no abrasivo ni corrosivo, y resistente al apelmazamiento. A su vez, este agente extintor no se ve afectado por las condiciones exteriores como la temperatura, la humedad o presencia de hielo. Se caracteriza por ser un agente extintor con gran poder de penetración en las llamas y que se puede utilizar en presencia de corriente eléctrica (Sánchez, 2020). Por ello, para lograr tener un 100% de disminución de gases de efecto invernadero es sustituir los extintores de CO₂.

Un aspecto importante es el manejo de los residuos sólidos orgánicos, estos en su proceso de descomposición, generan malos olores y gases, como metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂), que ayudan a incrementar el efecto invernadero en el planeta, aumentando la temperatura y generando deshielo en los polos, dicho esto, se tiene 0.0519 KgCO_{2eq}/Kg de factor de emisión de los residuos sólidos con disposición en rellenos sanitarios. Por esta razón, se han creado métodos de aprovechamiento de estos residuos, por ejemplo, el compostaje y aplicar las 3Rs.

Por lo tanto, el compostaje es un proceso de transformación natural de residuos orgánicos para mantener el compost, un fertilizante natural que sirve para suministrar nutrientes para la tierra. Si estos desechos se tratan por compostaje, tiene un factor de 0.004 KgCO_{2eq}/Kg, es decir, se generarían casi un 92% menos de emisiones de dióxido de carbono equivalentes (IMN, 2022).

Ahora los tres erres (3R) son una regla para cuidar el medio ambiente, en particular reduciendo el volumen de desechos o basura, es decir, ayudarlos a arrojar menos basura, ahorrar dinero y ser un consumidor más responsable, lo que significa que la reducción del dióxido de carbono se divide en (Barceló, 2006):

- Reduzca: reduzca el costo de las materias primas, el agua y los bienes de consumo, así como la contribución de CO₂ a la atmósfera y el consumo de energía.
- Reutilización: se refiere a la extensión de la vida útil de un producto, de modo que se repare un uso adicional u otro uso antes de que se haga el final de su vida útil antes de comenzar y reemplazar un nuevo producto.
- Reciclaje: consiste en la producción de nuevos productos que utilizan materiales derivados de otros materiales utilizados. Un proceso de transformación puede reciclar el papel, el cartón y los recipientes de vidrio y plástico sin ningún problema. Pero es muy importante separar cada descanso en los diferentes contenedores.

En otras palabras, realizar estas alternativas amigables con ambiente trae consigo una gran ventaja es que son emisiones biogénicas, lo cual son consideradas neutras y no contabilizan al total de la Huella de Carbono.

Ahora bien, para la parte de aguas residuales que son tratadas en tanque sépticos poseen un factor de carbono de 0.0519 KgCO_{2eq}/persona, esto contaminan tanto los cuerpos de agua superficiales tales como ríos, mares, quebradas y manantiales, así como los cuerpos de agua subterráneos que son de donde se extrae la mayor parte del agua para consumo. Por esta razón, se recomienda utilizar sistemas de tratamiento que incluyan más etapas o componentes que degraden en mayor porcentaje los contaminantes.

Por otra parte, la Casa del Tanque cuenta con un producto denominado EcoTabs, las cuales son una solución ecológica para las aguas residuales que tienen forma de pastilla. Estas se colocan en los sistemas sépticos y degradan la materia y grasas para que se libere una cantidad muy baja de residuos al ambiente. Los EcoTabs se vierten en el servicio sanitario, desagües o tuberías y pueden reducir hasta en un 70% la materia orgánica.

Para el caso del GLP, según Osinergmin propone reemplazar el uso del GLP con energía eléctrica sostenible, lo que generaría significativos beneficios económicos, en ese sentido, el organismo supervisor propone la implementación del "GLP Eléctrico" que permitiría la

masificación de las cocinas de inducción, las cuales son 100% más eficientes que las de GLP y funcionan solo con electricidad.

Se debe considerar el factor económico por parte del MEP a la hora de hacer la aplicación de estas medidas de mitigación, ya que en este estudio se dejó de lado este aspecto, ya que es un valor que no se cuenta.

6.2.2 *Evaluación y comparación del efecto de medidas de compensación operativa*

En base con lo anterior, se identificaron las alternativas para lograr el carbono neutralidad. Los centros educativos en la parte operativa, tiene la facilidad de poder incentivar y contribuir a la población estudiantil a lograr esta meta, ya que algunas de las alternativas, los alumnos pueden participar y así implementar la conciencia de la importancia de la disminución de la huella de carbono.

Tabla 26. Comparación de factores de carbono fase operativa

Fuente de emisión	Factor de carbono		Alternativa	Factor de carbono		Porcentaje de reducción
Uso de electricidad (año 2021)	0.040	KgCO _{2eq} /KWh	Panales solares	0	KgCO _{2eq} /KWh	100
Combustible LPG	1.611	KgCO _{2eq} /L	Energía eléctrica	0	KgCO _{2eq} /L	100
Residuos sólidos/ Relleno Sanitario	0.0519	KgCO _{2eq} /Kg	Compostaje, Tres R's	0.004	KgCO _{2eq} /Kg	92
Aguas residuales domesticas/Tanques sépticos	4.38	KgCO _{2eq} /L/mes	Ecotabs	0.438	KgCO _{2eq} /L/mes	90
Extintores de CO ₂ /Medición directa	Medición directa	KgCO _{2eq} /L	Extintor ABC	0	KgCO _{2eq} /L	100

Tabla 27. Huella de carbono fase operativa

Aula académica	
Fuente de emisión	Huella de Carbono 50 años (KgCO _{2eq})
Consumo Electricidad (kWh)	0
Recarga de extintores (Kg)	0
Huella de Carbono mensual (Aula Académica)	0
Batería Sanitaria	
Fuente de emisión	Huella de Carbono 50 años (KgCO _{2eq})
Consumo Electricidad (kWh)	0
Producción de aguas residuales	113004
Huella de Carbono mensual (Batería Sanitaria)	113004
Comedor	
Fuente de emisión	Huella de Carbono mensual (KgCO _{2eq})
Consumo Electricidad (kWh)	0
Consumo de Gas LGP (L)	0
Generación de residuos sólidos (Kg)	240
Huella de Carbono mensual (Comedor) KgCO _{2eq}	240

Utilizando estas alternativas se puede lograr el carbono neutralidad, porque por ejemplo el biogás producido se puede utilizar para cocinar, entonces acá se aprovecharía este producto, y dependiendo la cantidad se podría dar a otros centros y así invertiría en proyectos de captura del CO₂. Es importante tener en cuentas que estas alternativas son fáciles de realizar, y su impacto en el ambiente es significativo, es por ello por lo que incentivar a realizarlo es un gran beneficio para el planeta.

6.3 Gestión de la Huella de Carbono

En el contexto del creciente cambio climático, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero se ha convertido en una prioridad global. El concepto de carbono neutral ha ganado relevancia al ofrecer una solución para contrarrestar los impactos negativos de nuestras actividades en el ambiente.

Al observar la disminución de la huella de carbono para las tres obras tipo analizadas, se puede determinar que el aula académica llegó a 0 emisiones en la parte constructiva, pero el comedor y batería sanitaria disminuyó bastante la huella, pero no llegó a 0 emisiones, esto es debido a

que no existen alternativas 100% amigables con el ambiente que cumpla las propiedades físicas y mecánicas de los materiales convencionales.

Según las alternativas que se dan tanto en la operativa como en la constructiva, se da la compensación de carbono que permite contrarrestar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) ya sean que las absorben o reducen la misma cantidad de dióxido de carbono (CO₂) liberado

Tabla 28. Huella de carbono global

Tipo de obra	HC _{total} por Construcción (KgCO _{2eq})	HC _{total} por Operaciones 50 años (KgCO _{2eq})	Huella de Carbono global vida útil (KgCO _{2eq})
Aula académica 72 m2	-3964.3857	0	-3964.39
Batería Sanitaria 72 m2	1537.4351	113004	114541.44
Comedor 72 m2	4150.2787	240	4390.28

Es cierto, hasta el momento no se ha logrado alcanzar un estado de emisiones netas igual a cero en todos los casos. Para el caso del aula académica se logró ser carbono positivo, para el caso de la batería sanitaria se logró reducir un 90% de impacto, y en el comedor se hace una reducción del 94%.

Sin embargo, existen esfuerzos para reducir las emisiones y avanzar hacia la neutralidad de carbono. En estos casos, se puede recurrir a la compensación de carbono invirtiendo en proyectos de absorción o reducción de carbono, como la reforestación, la conservación de bosques o la implementación de tecnologías de captura y almacenamiento de carbono. Estos proyectos ayudan a compensar las emisiones restantes.

Estos proyectos de captura de carbono son importantes para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y lograr la neutralidad de carbono. Por ejemplo, se puede aplicar reforestación de árboles, utilización de techos verdes, paredes verdes.

Sin embargo, es importante destacar que la captura y almacenamiento de carbono no es una solución completa para abordar el cambio climático, sino que debe combinarse con medidas de reducción de emisiones y transición a fuentes de energía más limpias y sostenibles. Realizando estas alternativas se lograría la carbono neutralidad en todas las obras tanto en su proceso constructivo como operativo.

Además, es importante conocer que hay también formas de mitigar esta problemática aparte de las anteriores, como planificar un sitio y sistema de gestión de proyecto, para un proyecto limpio, buenas prácticas de reducción de residuos, buenas medidas para no desperdiciar agua, cuidar fugas, cosecha de agua como usar aspersores, buenas prácticas para no desperdiciar electricidad o combustible, como utilización de energía solar.

CAPÍTULO 7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Gracias al análisis de la información presentada tanto en los planos constructivos como en el presupuesto de obra e información extra suministrada por funcionarios del MEP, se logró estimar la Huella de Carbono generada por los materiales empleados en tres de las obras prototipo desarrolladas por la DIE y estudiadas en esta investigación. Así, se concluye que los datos obtenidos sirven como base para tener un punto de referencia que permita estandarizar el cálculo de la huella de carbono en los centros educativos que utilicen este tipo de obras a nivel nacional.
- A pesar de que el equipo empleado en un sistema constructivo como el de columnas y baldosas prefabricadas no es muy complejo, en el análisis de la huella constructiva se consiguió estudiar aquellos equipos y maquinaria típicos empleados en la ejecución de este tipo de obras y, así, se calculó una estimación de las emisiones de carbono generadas por este concepto, del análisis se concluye que los datos sirven para ampliar la información ambiental generada para robustecer la estimación de la huella de carbono constructiva.
- Se emplearon Declaraciones Ambientales de Producto como base para la información referente a la cantidad de carbono equivalente generado por cada material empleado en las construcciones, estos documentos permiten entender el comportamiento ambiental de los productos a lo largo de diversas etapas del ciclo de vida y sirven para generar competencia positiva entre los productores, por lo que se consideran documentos valiosos para este tipo de análisis.
- En el análisis de los materiales se encontraron variaciones en cuanto a los niveles de carbono equivalente que se emiten a la atmósfera, sin embargo, se encontraron constantes tales como la importancia de utilizar, de manera responsable, productos como la madera que tienen la capacidad de retener carbono. Otra de estas constantes encontradas fue que el cemento es el material que mayor cantidad de emisiones

genera, seguido por el acero y que los mismo son utilizado en gran medida para construir las obras. Un comportamiento similar se identificó al analizar cada una de las etapas de proceso constructivo donde se notó que actividades que involucran el uso de concreto, refuerzo y lo relacionado a la hojalatería generan los mayores niveles de emisión mientras que los menores niveles se encuentran en actividades tales como el trazo de la obra y los acabados de pintura.

- El análisis de la huella de carbono constructiva demostró que los niveles de carbono emitidos son proporcionales a la cantidad de materiales utilizados, así, se concluye que una obra como la batería sanitaria que requiere, entre otras cosas, un mayor número de elementos del sistema prefabricado para sus divisiones y de accesorios genera una mayor huella en comparación a otras obras como el aula académica cuyo producto final es un espacio abierto con un cerramiento perimetral.
- El análisis de la documentación consultada permitió identificar qué actividades como el uso de energía eléctrica, el uso de gas licuado de petróleo, la generación de residuos sólidos y aguas residuales así como el uso de extintores de CO₂ representan las actividades estándar más comunes en la operación de los centros educativos, de esta manera, con base en la información recopilada mediante la aplicación de un formulario a tres centros educativos se logró estimar una huella de carbono operativa a nivel de la vida útil de la edificación, no obstante, se concluye que los datos generados sirven para ejemplificar la metodología de cálculo utilizada en la estimación.
- El uso que se le da a cada una de la obras es muy variado, razón por la cual las variables consideradas en el análisis de cada una de ellas también difiere y genera que la comparación directa de las huellas de carbono operativa no sea adecuada, sin embargo, se encontró que el aula académica genera menores niveles de carbono en comparación a las otras dos obras, y además, se logra concluir que la estimación de estos valores permite generar datos de referencia para analizar complejos educativos que involucren combinaciones de estos tipos de obra.
- Involucrando los diferentes análisis realizados para la estimación de las huellas de carbono constructiva y operativa, se logró calcular una huella global general que considera ambas fases de la obra, así, se alcanza a concluir que los datos generados permiten tener una primera visión integral para estimar las emisiones de carbono de las construcciones. Asimismo, se observó que, en términos globales la batería sanitaria

genera un mayor número de emisiones, seguido del comedor y por último el aula académica.

- Mediante el análisis de diversas opciones desarrolladas a nivel internacional se lograron definir valores de carbono equivalente de nuevas tecnologías de materiales sostenibles que, cumpliendo con requerimientos físicos y mecánicos, pueden ser utilizados como alternativa a los materiales tradicionales que se utilizan en las obras estudiadas. Así, se concluye que al utilizar este tipo de materiales se pueden alcanzar reducciones individualizadas que son incluso mayores al 100% en comparación a los utilizados tradicionalmente.
- A nivel nacional la disponibilidad de estudios ambientales que muestren la cantidad de emisiones que genera un producto es escasa, sin embargo, se lograron describir opciones de materiales que pueden ser utilizados en las obras y que por su procedencia y otras características hacen que se puedan considerar como materiales sostenibles con la consecuencia implícita de reducir las emisiones de carbono.
- En la huella operativa se logró encontrar alternativas que disminuyeron totalmente las emisiones en algunas de las actividades analizadas. En el caso de las aguas residuales y manejo de residuos sólidos, poseen un factor de carbono que en comparación al método usado actualmente disminuye considerablemente la huella. Además, se logra determinar que, al implementar por ejemplo la alternativa del biodigestor, el biogás generado se puede aprovechar para sustituir el GLP.
- Por medio de la investigación, se concluye que utilizar la matriz energética de Costa Rica es una buena opción para favorecer a la disminución de la huella de carbono, ya que la energía de Costa Rica es 99% renovable.
- Al generar un análisis integral de los valores de carbono generados al aplicar las estrategias definidas para el mejoramiento de la sostenibilidad de los materiales y de las operaciones llevadas a cabo en cada obra, se concluye que las mismas generan impactos positivos para el ambiente y que, en una de las obras, se logra captar incluso más carbono del que se genera. Igualmente, con base en la investigación se llegó a la conclusión de que el tema tratado permite generar información localizada que puede ser aplicable en cada obra a construir y así alcanzar la carbono neutralidad.
- Con el desarrollo de la investigación, se logró generar una base de datos referente a los factores de carbono equivalente tanto en la etapa constructiva como operativa,

asimismo, una herramienta sencilla de cálculo para relacionar las cantidades de materiales y los consumos de las actividades operativas con dichos factores. Además, se brindaron una serie de opciones de reducción, compensación y mitigación de emisiones entre las cuales el MEP puede implementar o utilizar como base para las mejoras en sus diseños y en los diseños existentes.

7.2 Recomendaciones

- Implementar el uso constante de indicadores ambientales como la huella de carbono en las obras de construcción, particularmente, en las obras desarrolladas por el Departamento de Infraestructura Educativa del MEP con el fin de que el departamento pueda adoptar prácticas sostenibles que puedan ser implementadas tanto en los diseños existentes como en los nuevos diseños que se desarrollen a futuro.
- Establecer criterios ambientales en los procesos de licitación de las obras que vaya a desarrollar el MEP con el fin de que la variable ambiental este incluida desde las primeras etapas de diseño.
- Mejorar la gestión de la información, ya que la situación ideal para iniciar el proceso de cuantificación de emisiones es que la información, los datos y las cuentas estén totalmente disponibles y sean sistemáticos, de forma que sea posible obtener datos reales y trazables. Igualmente, es imprescindible la concientización de la comunidad institucional de los diferentes centros educativos del MEP para que todos conozcan del tema y contribuyan al logro del carbono neutralidad. Esto facilitará el proceso de generación de inventarios de GEI y estrategias de carbono neutralidad.
- Fomentar e incentivar a instituciones tanto públicas como privadas a cooperar y compartir información que permita desarrollar un mayor número de investigaciones de esta índole, las cuales buscan generar y mejorar datos de carácter ambiental, en este caso, dirigidos hacia el establecimiento de medidas que permitan reducir y compensar fuentes de emisión de GEI relacionados con en el sector construcción y así contribuir con los objetivos de la carbono neutralidad planteados en el país y a nivel mundial.
- Incentivar a productores nacionales a generar estudios ambientales de los materiales que fabrican con el fin de generar registros como lo son las declaraciones ambientales de productos, con el fin de establecer en el país una base de datos y fuentes de referencia que permitan a los desarrolladores comparar entre opciones tradicionales y

sostenibles e inclusive generar competencia entre productores que decidan introducir en sus productos la variable ambiental.

- Evaluar regularmente las acciones ambientales que se ejecuten, explorar nuevas oportunidades de reducción de emisiones y estar al tanto de los avances tecnológicos y mejoras en cuanto a prácticas de sostenibilidad, ya que el cambio climático es un proceso dinámico y cada esfuerzo que se adopte permite estar cada vez más cerca de las cero emisiones.
- Abogar desde nuestra propia realidad por una cultura de sostenibilidad e involucrar, en la medida de lo posible, a cada miembro de la sociedad y en cada acción que realicemos todos aquellos esfuerzos que vayan dirigidos hacia la protección del planeta, esto para que a mediano y largo plazo se obtengan los resultados positivos que permitan reducir la huella de carbono lo que a su vez es esencial para mitigar los niveles de temperatura actuales y asegurar los principios del desarrollo sostenible.
- Impulsar a las instituciones y organizaciones del país a realizar evaluaciones de las emisiones de carbono que están generando con el fin de continuar identificando fuentes de emisión y estrategias de reducción y mitigación para definir bases de progreso.
- Abogar para que en la industria de la construcción se dé prioridad a la adquisición de productos y servicios que presenten bajas emisiones, se implementen sistemas de control que permitan asegurar buenas prácticas constructivas y operativas, y fomentar la eficiencia energética a través de la implementación de medidas que permitan reducir el consumo de energía eléctrica y otros recursos.

Finalmente, cabe rescatar que, los centros educativos tienen el poder de ser modelos para seguir en la lucha contra el cambio climático. Al reducir la huella de carbono en sus instalaciones y fomentar prácticas sostenibles, están proporcionando a los estudiantes las herramientas necesarias para convertirse en agentes de cambio. Al educar para la sostenibilidad, los centros educativos contribuyen a construir un futuro más verde y consciente con el medio ambiente.

CAPÍTULO 8. Referencias bibliográficas

- Altos Hornos de México [AHMSA]. (2019). *Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025:2006 and EN 14804:2012 for: Hot rolled structural shapes*. Coahuila, México.
- Amo Installationskabel AB. (2021). *Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019 for: PVC insulated stranded conductor Building Cables H07V-R (FK, PN)*. Alstermo, Sweden.
- Arencibia-Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. REDVET. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(9), 1-4.
- Arvizu, V. (2017). *Las declaraciones ambientales de producto como instrumento de mejora ambiental en el sector de la construcción en México* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Asociación Española del aluminio y tratamientos de superficie. (2020). *Declaración ambiental de producto de acuerdo con ISO 14025 y EN 15804-2012+A2:2019 para: ventanas de aluminio*. Madrid, España.
- ASTM Internacional. (2016). *Environmental Product Declaration A cradle-to-gate EPD according to ISO 14025 and ISO 21930*. Ontario, Canadá.
- Barboza, O. (2013). CALENTAMIENTO GLOBAL: "LA MÁXIMA EXPRESIÓN DE LA CIVILIZACIÓN PETROFÓSIL". *Revista del CESLA 1* (16),35-68. ISSN: 1641-4713.
- Barceló Garcia, M. (2006). Las tres" R": reducir, reutilizar, reciclar. *Byte España*, (130), 82-82.
- Barquero, K. (28 de marzo de 2019). ¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible? La República. https://www.larepublica.net/noticia/que-son-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible?gclid=Cj0KCQjw94WZBhDtARIsAKxWG-8xxOJ5aEQi_kPyV9wweZlnBnbWSpPRLvE16035C7kHyNo55ISbaj4aAtV_EALw_wcB
- Beaulieu Technical Textiles. (2007). *Environmental Product Declaration In accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019 for: Woven geotextile*. Comines-Warneton, Bélgica.

- Benavides, H., & León, G. (2007). INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*, Bogotá, Colombia.
- British Gypsum. (2021). *Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804 for: Gypframe metal framing components for gypsum plasterboard*. Penrith, Reino Unido.
- Bur2000 S.A.U. (2022). *Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019 for: REFLECTIVE THERMAL INSULATORS AIR-BUR TERMIC: LOWTHICKNESS AND XPS*. Barcelona, España.
- CAP Acero. (2020). *Environmental Product Declaration (EPD) in accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A1:2013 for: Steel reinforcing bar (weldable and nonweldable)*. Talcahuano, Chile.
- Carvajal, I; Terreros, L. (2016). *Uso de la fibra de cáñamo para mejorar las propiedades mecánicas del Concreto*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.
- CEPAL. (s.f). Acerca de Desarrollo Sostenible. ECLAC - *United Nations*.
- Kimberly Valve. (2020). *Environmental Product Declaration (EPD) in accordance with ISO 14025 and EN 15804 for: Product-specific Type III of valves*. Pensilvania, Estados Unidos.
- Cipsa. (s.f). Equipo de concreto: Batidora. *Cipsa*. <https://www.cipsa.com.mx/9/catalogo-de-productos/mezcladoras-de-concreto/1/>
- Climate Trade. (18 de agosto de 2022). La evolución de la medición de la huella de carbono. *ClimateTrade*. <https://climatetrade.com/es/la-evolucion-de-la-medicion-de-la-huella-de-carbono/>
- Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones. Artículo 2-1, 2017.
- Compac. (2022). *Declaración Ambiental de Producto De acuerdo con ISO 14025 y EN 15804:2012+A2:2019 para: Terrazzo*. Valencia, España.
- CPI mortars LTD. (2022). *Environmental product declaration in accordance with EN 15804+a2 & ISO 14025 / iso 21930 for masonry mortars*. Coatbridge, Reino Unido.

- De León, F, Reyes, G, Vindas, C & Fernández, J. (s.f). Categoría- Centros Educativos. MINAE, San José, Costa Rica.
- Derivados del Fluor SAU. (2012). *Declaración Ambiental de Producto De acuerdo con las normas ISO 14025 y EN 15804:2012+A2:2019 para Anhídrita ANI-MIC/AC*. Ontón, Cantabria.
- Dirección de Cambio Climático [DCC]. (2018). *Guía para la participación en el programa país de carbono neutralidad*. MINAE, San José, Costa Rica.
- Dirección de Cambio Climático [DCC]. (s.f). *Programa País Carbono Neutralidad (PPCN) de Costa Rica*. MINAE, San José, Costa Rica.
- Dirección de Infraestructura Educativa [DIE]. (s.f). Planos Tipo DIE. *Die.mep*. <https://die.mep.go.cr/centros-educativos/publicos/planos-prototipo>
- Dubai Precast LLC. (2018). *Environmental product declaration in accordance with ISO 14025:2006, ISO 14044:2006 & EN 15804:2012 for Average Precast Concrete Element*. Dubái, Emiratos Árabes Unidos.
- Ekolution AB. (2020). *Environmental Product Declaration In accordance with ISO 14025 and EN 15804: 2012+A1:2013 for: EKOLUTION® HEMP FIBRE INSULATION*. Estolcomo, Suecia.
- Enkel Group. (26 de marzo de 2020). ¿QUÉ ES EL CARBONO INCORPORADO? *Enkel Smart Building*. <https://www.enkelgroup.com/2020/03/26/que-es-el-carbono-incorporado/>
- EPD Internacional AB. (s.f). Programa EPD global para la publicación de EPD compatibles con ISO 14025 y EN 15804. *Environdec*. <https://www.environdec.com/about-us/the-international-epd-system-about-the-system>
- Espíndola, C., & Valderrama, J. O. (2012). Huella del carbono. Parte 1: conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información tecnológica*, 23(1), 163-176.
- Estrada, L. (2014). *Implementación de medidas de reducción y compensación de huella de carbono en proyectos constructivos de la empresa constructora EDIFICAR* (tesis de grado). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

- Eurospacers. (2022). *Environmental Product Declaration In accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019 for: Plastic reinforcement spacers and nearby products for construction purposes*. Mölndal, Sweden.
- Federación de Enseñanza de Andalucía. (2010). El efecto invernadero. *Revista digital para profesionales de la enseñanza*. <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6985.pdf>
- Fontecha Zarate, K. J., & Monsalve Guzman, L. V. (2023). Comparativo de la Medición de la Huella de Carbono del Proceso Constructivo del Concreto Estampado Frente a los Adoquines Prefabricados en el Espacio Público de la Avenida Carrera 68 en la Ciudad de Bogotá.
- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico*. ECLAC-United Nations, Santiago, Chile.
- Goodluck India Limited. (2019). *Environmental product declaration in accordance with ISO 14025 & EN 15804:2012 + A2:2019 for ERW Galvanized Steel Pipes*. Delhi, India.
- Graniser. (2022). *Environmental product declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019 for Floor Tile*. Istanbul. Turkey.
- Green Vision Recycling. (2022). *Environmental product declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804+A2:2019 for: Recycled Crushed Concrete Aggregates from Green Vision Recycling*. Auckland, Nueva Zelanda.
- Grupo Q. (s.f). Isuzu REWARD NPR. *Isuzusv*. <https://isuzusv.com/especificaciones/camion/NPR71L-HJ5VAY.pdf>
- Hansgrohe Group. (2022). *Environmental product declaration as per ISO 14025 and EN 15804+A2 for Shower hoses*. Berlin, Alemania.
- Hellenic Cables. (2022). *Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025:2006 and EN 15804:2012+A2:2019/AC:2021 for: Medium Voltage Three Core Underground Cable AXLJ-FTT 12/20 (24) kV 3x240*. Athens: Greece.
- Holcim. (2019). *Environmental Product Declaration (EPD) in accordance with ISO 14025 and EN 15304:2012+A2:2019 for: General purpose cement "Fuerte"*. Cartago, Costa Rica.

Holcim. (2020). *EPD in accordance with ISO 14020; ISO 14025; ISO 14040; ISO 14044; EN 15804; ISO 21930; UN CPC 15320 for Average Aggregate*. Bucharest, Romania.

Hjulsbro Steel. (2022). *Declaration In accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019 for: GreenStrand - Prestressed steel for reinforcement of concrete*. Linköping, Sweden.

IBERDEOLA. (s.f). Las negociaciones climáticas: 25 años en busca de consensos para luchar contra el cambio climático. *Iberdrola*.
<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/acuerdos-internacionales-sobre-el-cambio-climatico>

IEDISA. (2017). DECLARACION DE PRODUCTO Graphenstone® Premium Paints. Sevilla, España

INTECO. (14 de marzo de 2017). *¿Qué es y qué hace INTECO?* [Video]. Youtube.
<https://www.youtube.com/watch?v=1ier8oVOVk4&t=323s>

INTECO. (2019). *Especificaciones con orientación a nivel de las organizaciones para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero* (INTE 14064-1). <https://www.inteco.org/shop/inte-iso-14064-1-2019-gases-de-efecto-invernadero-parte-1-especificacion-con-orientacion-a-nivel-de-las-organizaciones-para-la-cuantificacion-y-el-informe-de-las-emisiones-y-remociones-de-gases-de-efecto-invernadero-541#attr=>

INTECO. (2021). *Norma para demostrar la Carbono Neutralidad. Requisitos* (INTE B5:2021).
<https://www.inteco.org/shop/inte-b5-2021-norma-para-demostrar-la-carbono-neutralidad-requisitos-8783#attr=>

INTECO. (2019). *Gases de efecto invernadero - Huella de carbono de productos - Requisitos y directrices para cuantificación*. (INTE 14067). <https://www.inteco.org/shop/inte-iso-14067-2019-gases-de-efecto-invernadero-huella-de-carbono-de-productos-requisitos-y-directrices-para-cuantificacion-3981#attr=>

IPLEX Pipelines. (2017). *Environmental Product Declaration (EPD) in accordance with ISO 14025 and EN 15804 for: PVC non-pressure pipes for building applications*. Brendale, Australia.

- IPLEX Pipelines. (2020). *Environmental Product Declaration (EPD) in accordance with ISO 14025 and EN 15804 for: PVC Pressure Pipes*. Brendale, Australia.
- ISOMAT. (2022). *Environmental Product Declaration (EPD) in accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019: for Cement mortars*. Stockholm, Sweden.
- ISOMAT. (2022). *Environmental Product Declaration (EPD) in accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019: for Grouts (MULTIFILL-DIAMOND, MULTIFILL-SMALTO)*. Stockholm, Sweden.
- Juno. (2020). *Declaración Ambiental de Producto De acuerdo con ISO 14025 y EN 15804:2012+A2:2019 para: Esmaltes*. Bizkaia, España.
- Keraben Grupo. (2022). *Declaración Ambiental de Producto de acuerdo con: ISO 14025 UNE-EN 15804:2012+A2:2019 para: AZULEJO (BIII clasificación basada en la norma EN 14411:2016)*. Stockholm, Sweden
- Kerakoll. (2018). *Environmental Product Declaration (EPD) for Biofast. Saussolo, Italia*.
- KPrefab. (2019). *Environmental Product Declaration (EPD) in accordance with ISO 14025 and EN 15804+A2 for: Precast concrete column and beam*. Malmö, Suecia.
- Lop, R. (30 de marzo de 2020). Materiales y huella de carbono: el papel de la madera para retener las emisiones de co2. *Madera21*.
<https://www.madera21.cl/blog/2020/03/30/materiales-y-huella-de-carbono-el-papel-de-la-madera-para-retener-las-emisiones-de-co2/>
- Madroñero, S; Guzmán, T. (2018). Desarrollo sostenible. Aplicabilidad y sus tendencias. *Tecnología en Marcha*. 31 (3): 122-130.
- Madreperla. (2021). *Environmental product declaration according to EN ISO 14025: 2018 for Green Cast*. Headquarter, Italy.
- Mejías, R. (2018). *Sistema de gestión para la certificación carbono neutralidad en el Instituto Tecnológico de Costa Rica* (tesis de grado). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

- Ministerio para la Transición Ecológica. (s.f). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. Gobierno de España, Madrid, España.
- Montó professional. (2022). *Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019 for: Anti-humidity and waterproofing protection products*. Valencia, España.
- Mora, A. (2022). *Cuantificación de la huella hídrica en el proceso constructivo: bases para la elaboración de una guía técnica* (tesis de grado). Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Nurel. (2021). *Declaración ambiental de producto conforme a la norma ISO 14025 de hilo reco nylon*. Zaragoza, España.
- Organización Meteorológica Mundial [OMM]. (18 de mayo de 2022). Cuatro indicadores clave del cambio climático batieron récords en 2021. *Organización Meteorológica Mundial*. <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/cuatro-indicadores-clave-del-cambio-clim%C3%A1tico-batieron-r%C3%A9cords-en-2021>
- Quiroga, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. CEPAL, Santiago, Chile.
- Parra, D. (23 de agosto de 2021). Fabricar acero contamina, pero pronto cambiará gracias al hidrógeno. *Adslzone*. <https://www.adslzone.net/noticias/tecnologia/acero-ecologico-emisiones-co2/>
- Perles, P. (2003). *Hormigón armado*. Nobuko.
- Pintura Macy. (2022). *Declaración ambiental de producto conforme a la norma ISO 14025 y EN 15804:2012+A2:2019 de Esmaltes*. Albacete, España.
- Placo. (2018). *Declaración ambiental de producto conforme a EN 15804 e ISO 14025 para Techo Registrable Gyprex® Alba*. Madrid, España.
- Plycem. (2020). *Declaración Ambiental de Producto De acuerdo con ISO 14025 y EN 15804:2012+A1 para: Fibrolit*. Costa Rica.

- Porcelanosa. (2020). *Environmental Product Declaration for products family Porcelanosa. Villareal, España.*
- Press Metal. (2022). *Environmental Product Declaration In accordance with ISO 14025 and EN 15804 for: Primary Aluminium Products.* Sarawak, Malaysia.
- Ramírez, A. (2002). La construcción sostenible. *Física y sociedad* 1(13): 30-33.
- Reglamento N° 31363 [Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT)]. Reglamento de Circulación por Carretera con Base en el Peso y las Dimensiones de los Vehículos de Carga. 23 de septiembre de 2003.
- Reyes, G, De León, F, Vindas, C & Fernández, J. (s.f). Categoría- Productos. MINAE, San José, Costa Rica.
- Rodgers, L. (17 diciembre 2018). La enorme fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías. *BBC*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783#:~:text=Cl%C3%ADnker%2C%20el%20mayor%20contaminante,de%20CO2%20en%20la%20fabricaci%C3%B3n>
- Rona, N & Libélula. (2019). *Costa Rica: Programa País de Carbono Neutralidad 2.0 - Categoría Organizacional.* MINAE, San José, Costa Rica.
- Ropero, S. (22 de setiembre de 2020). Indicadores ambientales: qué son, tipos y ejemplos. *Ecología verde*. <https://www.ecologiaverde.com/indicadores-ambientales-que-son-tipos-y-ejemplos-2759.html>
- Saint Gobain. (2022). Environmental product declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019 PLANILUX. Cairo, Egipto.
- Sanchez Monsalve, M. C. (2020). Determinación de la huella de carbono en la IPS Universitaria– Sede Leon XII.
- Saray. (2021). *Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019 for White PVC Profiles.* Istanbul, Turkey.
- Schneider, H; Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.* Naciones Unidas: Santiago, Chile.

Schomburg. (s.f). Environmental Product Declaration (EPD). *Schomburg*.
https://www.schomburg.com/de/en/downloads/datasheets/environmental_product_declaration/d

Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica [SINAC]. (s.f). Cambio climático.
Sinac. <https://www.sinac.go.cr/ES/cmbclimatico/Paginas/default.aspx>

STENA STÅL AB. (2017). *Environmental product declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A1:2013 for: cold rolled steel sheets*. Göteborg, Sweden.

Suárez, A. (03 de noviembre de 2021). Berlín, Kioto y París: las COP más recordadas en la lucha contra la emergencia climática. *France24*.
<https://www.france24.com/es/programas/historia/20211103-historia-cumbres-clima-kioto-paris>

Tarkett. (2021). Environmental Product Declaration In accordance with ISO 14025 and EN 15804:2012+A2:2019 for: iQ Range homogeneous with Bio-attributed vinyl flooring. Estolcomo, Suecia.

Ternium. (2019). *Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025:2006 and EN 15804:2012 for Galvanized, painted and die rolling steel manufactured*. Monterrey, México.

Ternium. (2019). *Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025:2006 and EN 15804:2012 for Steel Building Structure Products manufactured*. Monterrey, México.

Ternium. (2019). *Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025:2006 and EN 15804:2012 for Steel Building Structure Products manufactured*. Including grades A36, A50, A55, A60. *Monterrey, México*.

TOTAL TOOLS. (s.f). Máquina de Soldar Inverter Total De Electrodo. *Grupo ZC*.
<https://grupozccr.com/?product=maquina-soldar-total-inverter-120-220v-160-2>

TOTAL TOOLS. (s.f). Compactadora de bota. *Grupo ZC*.
<https://grupozccr.com/?product=compactadora-de-bota-total-6-5hp-79kg-tp880-2>

ULMA Architectural Solution. (2017). *Environmental Product Declaration (EPD) in accordance with ISO 14025 and EN 15804: 2012 + A1: 2013 for VANGUARD & CREAKTIVE*. Oñate, España.

United Nations Climate Changes [UNFCCC]. (s.f). Qué es la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Unfcc.<https://unfccc.int/es/process-and-meetings/que-es-la-convencion-marco-de-las-naciones-unidas-sobre-el-cambio-climatico>

USG. (2019). *Environmental Product Declaration In accordance with ISO 14025:2006 and EN 15804:2012 for Gypsum boards*. Ciudad de México, México.

Varela, I. (s.f). Definición de producción más limpia. *Tecnología en Marcha* 16 (2):3-12.

Vindas, C. (27 de abril de 2021). *INTE B5:2020 e ISO 14064-1:2019*[Presentación PowerPoint]. NDC ACTION, San José, Costa Rica.

Weber. (2019). *Environmental product declaration in accordance with EN 15804 and ISO 14025 for Cement based Standard tile adhesives*. Izmir, Turquía.

Wheatland tube. (2019). Environmental product declaration steel pipe and fire sprinkler pipe. Chicago, Estados Unidos.

Wood Solutions. (2022). *Environmental Product Declaration (EPD) in accordance with ISO 14025 and EN 15804 for: Softwood Timber*. Melbourne, Australia.

CAPÍTULO 9. Anexos

9.1 Presupuestos

Tabla 29. Presupuesto Aula Académica

AULA ACADÉMICA 72 M ²			
RUBRO	ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
	SUB TOTALES		
1500	TRAZADO	1	global
2000	OBRA GRIS	1	global
2100	PLACAS Y CIMIENTOS	2,30	m3
cant	Concreto 210 Kg/cm ²	2,30	m3
cant	Concreto 105 Kg/cm ²	0,14	m3
mat	Arena	1,14	m3
mat	Piedra	2,20	m3
mat	Cemento	19,12	sc
mat	Tabla 25 x 300 mm semiduro	6,00	vr
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	2,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	1,00	kg
mat	Var #2	36,30	un
mat	Var #3	22,00	un
mat	Alambre	2,22	kg
mo	Peon	12,00	hr
mo	Ayudante	12,00	hr
mo	Armador	16,00	hr
mo	Albañil	16,00	hr
mo	Carpintero	8,00	hr
maq	Batidora	8,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj
2200	PAREDES Y COLUMNAS PREFABRICADO	78,07	m2
mat	Tipo B 4,16 m	1,00	un
mat	Tipo C 3,46 m	3,00	un
mat	Tipo C 3,75 m	2,00	un
mat	Tipo C 3,94 m	1,00	un
mat	Tipo C 3,99 m	1,00	un
mat	Tipo C 4,16 m	2,00	un
mat	Tipo C 4,23 m	3,00	un
mat	Tipo C 4,36 m	1,00	un

Tabla 29. Presupuesto Aula Académica (cont.)			
mat	3,46 m CT	1,00	un
mat	3,94 m CT	1,00	un
mat	3,99 m CT	1,00	un
mat	4,23 m CT	1,00	un
mat	4,36 m CT	1,00	un
mat	3,94 m D	1,00	un
mat	3,99 m D	1,00	un
mat	4,16 m D	1,00	un
mat	3,51 m E	2,00	un
mat	3,99 m E	1,00	un
mat	Baldosa 42 x 50 cm	20,00	un
mat	Baldosa 50 x 50 cm	7,00	un
mat	Baldosa 50 x 108 cm	23,00	un
mat	Baldosa 50 x 120 cm	2,00	un
mat	Baldosa 50 x 150 cm	78,00	un
mat	Regla 25 x 75 mm semidura	52,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	2,00	kg
mo	Peon	30,00	hr
mo	Albañil	26,00	hr
mo	Ayudante	12,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	1,00	vj
2300	VIGA DE AMARRE	3,51	m3
cant	Concreto 210 Kg/cm2	3,51	m3
mat	Arena	1,62	m3
mat	Piedra	3,13	m3
mat	Cemento	28,19	sc
mat	Tabla 25 x 250 mm semiduro	66,50	vr
mat	Tabla 25 x 300 mm semiduro	9,50	vr
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	17,50	vr
mat	Clavos de 63 mm	8,00	kg
mat	Var #3	145,20	un
mat	Alambre	14,64	kg
mo	Peon	24,00	hr
mo	Ayudante	24,00	hr
mo	Armador	72,00	hr
mo	Albañil	36,00	hr
mo	Carpintero	8,00	hr
maq	Batidora	8,00	hr

Tabla 29. Presupuesto Aula Académica (cont.)			
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,40	vj
2500	CONTRAPISO	7,20	m3
cant	Concreto 210 Kg/cm2	7,20	m3
mat	Arena	3,33	m3
mat	Piedra	6,43	m3
mat	Cemento	57,83	sc
mat	Lastre	18,72	m3
maq	Zapo - lastre	4,84	hr
mat	Regla 12 x 75 mm tira	43,00	vr
mat	Polietileno	4,72	un
mat	Var #3	91,30	un
mat	Alambre	9,20	kg
mo	Peon	58,00	hr
mo	Albañil	28,00	hr
mo	Armador	18,00	hr
maq	Batidora	10,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,30	vj
2600	ACERA	2,79	m3
cant	Concreto 210 Kg/cm2	2,79	m3
mat	Arena	1,49	m3
mat	Piedra	2,49	m3
mat	Cemento	22,41	sc
mat	Lastre	7,25	m3
maq	Zapo - lastre	2,00	hr
mat	Tabla 25 x 200 mm semidura	38,00	vr
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	11,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	2,00	kg
mat	Escobon	1,00	un
mat	Var #3	46,20	un
mat	Alambre	4,66	kg
mo	Peon	29,00	hr
mo	Albañil	12,00	hr
mo	Armador	8,00	hr
maq	Batidora	4,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj
3000	TECHO	1	global
3100	ESTRUCTURA	112,00	m2
mat	Tubo H.N. 100 x 100 mm x 3,17 mm	1,00	un
mat	Tubo H.N. 50 x 150 mm x 2,37 mm	9,00	un
mat	Angular 50 x 50 mm x 6,4 mm	1,00	un

Tabla 29. Presupuesto Aula Académica (cont.)			
mat	RT H.N. 3-13 de 6,00m	24,00	un
mat	RT H.N. 0-16 de 6,00m	2,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	9,00	un
mat	Barra acero 9 mm	14,00	un
mat	Roscas y tuercas 9 mm	31,00	un
mat	Arandelas planas 9 mm	62,00	un
mat	Pintura fast dry	8,00	ga
mat	Soldadura westarco	16,00	kg
mat	Aguarras	2,00	ga
maq	Maquina de soldar	20,00	hr
mo	Soldador	60,00	hr
mo	Ayudante	120,00	hr
mo	Pintor	45,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,30	vj
3200	CUBIERTA Y HOJALATERIA	112,00	m2
mat	Lamina # 26 esm. 3,66 m	31,00	un
mat	Tornillos	504,00	un
mat	Malla electrosoldada #2	4,00	un
mat	Aislante reflectex Tipo SB-WOS	2,30	rollo
mat	Canoa hierro esm. # 24	14,12	m
mat	Cumbrera hierro esm. # 26	7,06	m
mat	Botaguas hierro esm # 26	28,00	m
mat	Fibrolit 30 x 2,44 x 8 mm	18,00	un
mat	Tornillo metal #10 x 50 mm	88,48	un
mo	Ayudante	27,00	hr
mo	Operario	30,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj
4000	INSTALACIONES	1	global
4100	INSTALACIONES MECANICAS	1	global
4110	INSTALACION AGUAS PLUVIALES	1	global
4111	CONEXIÓN PLUVIAL	1	global
mat	Tubo Pvc Sdr 26 X 75 Mm	4,00	un
mat	Codo Pvc Sanit 75 X 90°	4,00	un
mat	Codo Pvc Sanit 75 X 45°	8,00	un
mat	Gaza Soporte 75 Mm	8,00	un
mat	Pegamento Pvc	0,25	ga
mat	Acetona	0,25	ga
mat	Mecha	1,00	kg
mo	Operario	16,00	hr
mo	Ayudante	16,00	hr

Tabla 29. Presupuesto Aula Académica (cont.)			
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,30	vj
4112	CUNETA	16,00	ml
sub	Excavación	3,77	m3
sub	Bote	4,90	m3
cant	Concreto 210 Kg/cm2	1,63	m3
mat	Arena	0,75	m3
mat	Piedra	1,45	m3
mat	Cemento	13,09	sc
mat	Lastre	2,08	m3
maq	Zapo - lastre	1,00	hr
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	30,00	vr
mat	Tabla 25 x 200 mm semidura	38,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	1,00	kg
mat	Angular 50 mm x 5 mm	5,00	un
mat	Pletina 38 mm x 4,76 mm	2,00	un
mat	Var #4	16,00	un
mat	Malla electrosoldada #2	1,00	un
mat	Pintura fast dry	0,60	ga
mat	Soldadura westarco	3,00	kg
mat	Aguarras	1,00	ga
mo	Albañil	15,00	hr
mo	Ayudante	15,00	hr
mo	Peon	15,00	hr
mo	Soldador	15,00	hr
maq	Batidora	5,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,10	vj
4200	INSTALACIONES ELECTRICAS	1	global
4210	INSTALACION ILUMINACION	1	global
mat	Tubo Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	6,00	un
mat	Union Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	8,00	un
mat	Curva Pvc Conduit 12 Mm Tipo A	9,00	un
mat	Conduleta Lb Pvc Sch 40 X 12 Mm	2,00	un
mat	Conduleta C Pvc Sch 40 X 12 Mm	2,00	un
mat	Conector Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	22,00	un
mat	Tubo Emt Usa 13 Mm	2,00	un
mat	Conector Emt Presion 12 Mm	4,00	un
mat	Gaza Emt Usa 13 Mm	16,00	un
mat	Pegamento Pvc 1/4	0,50	ga
mat	Tornillo Metal Hg 1/2	40,00	un
mat	Expander Plastico Con Tornillo	16,00	un

Tabla 29. Presupuesto Aula Académica (cont.)			
mat	Caja Rectangular Fs Aluminio	2,00	un
mat	Caja Rectangular Emt	2,00	un
mat	Caja Octogonal Emt	8,00	un
mat	Caja Cuadrada Emt	1,00	un
mat	Tapa Redonda Emt	6,00	un
mat	Tapa Cuadrada Emt	1,00	un
mat	Tape 3M	1,00	un
mat	Conector 3M Para Empalme	28,00	un
mat	Conector Para Tsj 1/2 O Bx	12,00	un
mat	Cable Tgp 3 X14	6,00	m
mat	Cable # 12 Thhn	80,00	m
mat	Apagador Doble 15 Amp Copper C/Placa	1,00	un
mat	Control Velocidad Abanico	2,00	un
mat	Lampara Fluores 3 Tubos Sylvania 408-Eo-48-3 Dif Cuadrulado Blanco	6,00	un
mat	Abanico De Para Cielo Of-916 Tmt	2,00	un
mat	Lampara De Emergencia Sylvania E-40	1,00	un
mo	Electricista	30,00	hr
mo	Ayudante 2	30,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,25	vj
4220	INSTALACION TOMAS	1	global
mat	Tubo Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	13,00	un
mat	Union Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	14,00	un
mat	Curva Pvc Conduit 12 Mm Tipo A	7,00	un
mat	Conector Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	16,00	un
mat	Gaza Emt Usa 13 Mm	26,00	un
mat	Pegamento Pvc 1/4	0,25	ga
mat	Caja Rectangular Emt	5,00	un
mat	Caja Octogonal Emt	4,00	un
mat	Tapa Redonda Emt	4,00	un
mat	Conector 3M Para Empalme	17,00	un
mat	Cable # 12 Thhn	130,00	m
mat	Tomacorriente Polarizado 15 Amp Y Placa	5,00	un
mo	Electricista	15,00	hr
mo	Ayudante 2	15,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,25	vj
5000	ACABADOS	1	global
5100	REPELLOS	156,00	m2
cant	Repello repemax	156,00	m2
mat	Sacos de repemax	62,40	un
mat	Acril	2,00	0

Tabla 29. Presupuesto Aula Académica (cont.)			
mat	Impermeabilizante Maxilane	4,65	ga
mat	Arena	0,20	m3
mat	Cemento	1,28	sc
mo	Peon	45,00	hr
mo	Albañil	140,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
5200	PISOS	70,20	m2
5210	PISO TERRAZO	70,20	m2
mat	Terrazo	70,20	m2
mat	Desperdicio Pisos	1,00	m2
mat	Arena	2,39	m3
mat	Cemento	13,00	sc
mat	Fragua almond	127,44	kg
mat	Clavos de 50 mm	0,21	kg
sub	Pulida	70,20	hr
mo	Acabado lavado	3,49	m2
mo	Albañil	72,00	hr
mo	Ayudante	36,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	1,00	vj
5220	RODAPIE	60,00	m
cant	Concreto 210 Kg/cm2	0,57	m3
mat	Arena	0,40	m3
mat	Piedra	0,51	m3
mat	Cemento	4,58	sc
mat	Tabla 25 x 200 mm semidura	36,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	2,00	kg
mat	Tornillo #8 x 38 mm	100,00	un
mat	Esponder #7	100,00	un
mat	Cedazo de aluminio 90 cm	12,00	un
mo	Albañil	60,00	hr
maq	Batidora	5,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,10	vj
5300	VENTANERIA Y REJAS	7,00	un
5310	VENTANAS	7,00	un
5311	VENTANA V1	1,00	un
mat	Vidrio 3 mm	0,63	m2
mat	Paleta celosia 100 mm	1,00	m2
mat	Marco 38 x 75 mm	1,00	un
mat	Venilla 12 mm	1,00	un

Tabla 29. Presupuesto Aula Académica (cont.)			
mat	Tornillos metal # 6 x 25 mm	13,00	un
mo	Operario	8,00	hr
mo	Ayudante	8,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,01	vj
5312	VENTANA V2	1,00	un
mat	Vidrio 3 mm	0,50	m2
mat	Paleta celosia 100 mm	0,80	m2
mat	Marco 38 x 75 mm	1,00	un
mat	Venilla 12 mm	1,00	un
mat	Tornillos metal # 6 x 25 mm	10,00	un
mo	Operario	6,00	hr
mo	Ayudante	6,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,01	vj
5313	VENTANA V3	2,00	un
mat	Vidrio 3 mm	1,29	m2
mat	Paleta celosia 100 mm	2,04	m2
mat	Marco 38 x 75 mm	3,00	un
mat	Venilla 12 mm	3,00	un
mat	Tornillos metal # 6 x 25 mm	25,00	un
mo	Operario	14,00	hr
mo	Ayudante	14,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,02	vj
5314	VENTANA V4	3,00	un
mat	Vidrio 3 mm	2,74	m2
mat	Paleta celosia 100 mm	4,34	m2
mat	Marco 38 x 75 mm	4,00	un
mat	Venilla 12 mm	5,00	un
mat	Tornillos metal # 6 x 25 mm	52,00	un
mo	Operario	32,00	hr
mo	Ayudante	32,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,05	vj
5320	REJAS	7,00	un
5321	REJA VENTANA V1	1,00	un

Tabla 29. Presupuesto Aula Académica (cont.)			
mat	Pletina 38 x 3,17 mm	1,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	3,00	un
mat	Pintura fast dry	0,13	ga
mat	Soldadura westarco	1,00	kg
mat	Aguarras	1,00	ga
maq	Máquina de soldar	2,00	hr
mo	Soldador	2,00	hr
mo	Ayudante	2,00	hr
mo	Pintor	1,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,01	vj
5322	REJA VENTANA V2	1,00	un
mat	Pletina 38 x 3,17 mm	1,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	2,00	un
mat	Pintura fast dry	0,10	ga
mat	Soldadura westarco	1,00	kg
mat	Aguarras	1,00	ga
maq	Máquina de soldar	2,00	hr
mo	Soldador	2,00	hr
mo	Ayudante	2,00	hr
mo	Pintor	1,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,01	vj
5323	REJA VENTANA V3	2,00	un
mat	Pletina 38 x 3,17 mm	1,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	4,00	un
mat	Pintura fast dry	0,25	ga
mat	Soldadura westarco	1,00	kg
mat	Aguarras	1,00	ga
maq	Máquina de soldar	3,00	hr
mo	Soldador	5,00	hr
mo	Ayudante	4,00	hr
mo	Pintor	2,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,02	vj
5324	REJA VENTANA V4	3,00	un

Tabla 29. Presupuesto Aula Académica (cont.)			
mat	Pletina 38 x 3,17 mm	3,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	10,00	un
mat	Pintura fast dry	0,52	ga
mat	Soldadura westarco	2,00	kg
mat	Aguarras	1,00	ga
maq	Máquina de soldar	5,00	hr
mo	Soldador	11,00	hr
mo	Ayudante	9,00	hr
mo	Pintor	4,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,05	vj
5400	CIELOS	112,00	m2
5410	CIELO RASO	54,00	m2
mat	Gypsum con revestimiento vinilico	145,00	m2
mat	Tee principal STD negra 7300 BL	13,00	un
mat	Tee secundaria STD negra XL7342BL	73,00	un
mat	Tee corta negra XL7328BL	73,00	un
mat	Angular negro 7800 BL	13,00	un
mat	Remache pop 3 x 18 mm	500,00	un
mo	Operario	38,00	hr
mo	Ayudante	27,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,80	vj
5420	CIELO RASO SOFFIT	58,00	m2
mat	Lamina Soffit	20,00	un
mat	Mortero Tecni wall	7,00	m2
mat	Tornillos pta broca	700,00	un
mat	Clavos 3/4	609,00	kg
mat	Tornillos 8 x 1.1/4	1264,00	un
mat	Cinta gypsum	5,00	un
mat	Angulares 1 x 1 x 10	73,00	un
mat	Canal para cielo	10,00	un
mat	Furring	39,00	un
mat	Rejilla 400 x 100 mm con cedazo	4,00	un
mo	Operario	56,00	hr

Tabla 29. Presupuesto Aula Académica (cont.)			
mo	Ayudante	38,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,60	vj
5600	PUERTA P3	1	un
mat	Lamina punta diamante # 18 1,22 x 2,44m	1,00	un
mat	Lamina hierro pulido # 18 1,22 x 2,44m	0,50	un
mat	Lamina acrilica de 3 mm 1,22 x 2,44 m	0,50	un
mat	Lamina jordomex #3 1,22 x 2,44 m	0,20	un
mat	Tubo 25 x 50 mm x 1,5 mm	2,00	un
mat	RT H.N. 0-16 de 6,00m	0,10	un
mat	Varilla # 4 lisa	1,00	un
mat	Platina 38 mm x 3,17 mm	0,10	un
mat	Aldaba	1,00	un
mat	Guijos de 12,7 mm	3,00	un
mat	Venilla de aluminio 6,4 m	1,00	un
mat	Tornillos	12,00	un
mat	Candado Yale 38 mm	1,00	un
mat	Cerradura de palanca T101 G.1 Falcon	1,00	un
maq	Máquina de soldar	8,00	hr
mat	Pintura anticorrosivo	0,20	ga
mat	Pintura esmaltada	0,15	ga
mat	Aguarras	0,10	ga
mo	Soldador	22,00	hr
mo	Pintor	2,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj
5700	PIZARRA	1	un
mat	Lamina acrilica de 3 mm 1,22 x 2,44 m	2,00	un
mat	Madera contrachapada 12 mm 1,22 x 2,44 m	2,00	in
mat	regla 25 x 100 mm	14,00	vr
mat	regla 25 x 120 mm	6,00	vr
mat	regla 25 x 168 mm	6,00	vr
mat	Tornillo carroceria 9 mm	40,00	un
mat	Xilocromo	1,00	L
mo	Operario	12,00	hr

mo	Ayudante	12,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,10	vj
5800	PINTURA	216,00	m2
mat	Pintura aceite	18,00	ga
mat	Aguarras	1,00	ga
mat	Sellador para concreto	1,00	ga
mo	Ayudante	35,00	hr
mo	Pintor	65,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj

Tabla 30. Presupuesto Comedor

COMEDOR 72 M ²			
RUBRO	ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
	SUB TOTALES		
1500	TRAZADO	1	global
2000	OBRA GRIS	1	global
2100	PLACAS Y CIMIENTOS	3,23	m3
mat	Concreto 210 Kg/cm2	3,23	m3
mat	Concreto 105 Kg/cm2	0,23	m3
mat	Arena	1,62	m3
mat	Piedra	3,12	m3
mat	Cemento	27,01	sc
mat	Tabla 25 x 300 mm semiduro	9,00	vr
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	3,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	1,00	kg
mat	Var #2	48,40	un
mat	Var #3	34,10	un
mat	Alambre	3,44	kg
mo	Peon	15,00	hr
mo	Ayudante	15,00	hr
mo	Armador	12,00	hr
mo	Albañil	12,00	hr
mo	Carpintero	12,00	hr
maq	Batidora	8,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
2200	SISTEMA PREFABRICADO	108,36	m2
mat	Columnas	45,00	un

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mat	Baldosas	108,36	un
mat	Regla 25 x 75 mm semidura	77,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	1,00	kg
mat	Acril	2,00	0
mo	Peon	40,00	hr
mo	Albañil	26,00	hr
mo	Ayudante	17,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	1,00	vj
2500	CONTRAPISO	7,20	m3
mat	Concreto 210 Kg/cm2	7,20	m3
mat	Arena	3,33	m3
mat	Piedra	6,43	m3
mat	Cemento	57,83	sc
mat	Lastre	18,72	m3
maq	Zapo - lastre	4,80	hr
mat	Regla 12 x 75 mm tira	58,00	vr
mat	Polietileno	4,50	un
mat	Var #3	90,80	un
mat	Alambre	9,15	kg
mo	Peon	58,00	hr
mo	Albañil	28,00	hr
mo	Armador	18,00	hr
maq	Batidora	5,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,10	vj
2600	ACERA	5,85	m3
mat	Concreto 210 Kg/cm2	5,85	m3
mat	Arena	2,70	m3
mat	Piedra	5,22	m3
mat	Cemento	46,99	sc
mat	Lastre	10,08	m3
maq	Zapo - lastre	3,00	hr
mat	Tabla 25 x 200 mm semidura	66,00	vr
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	16,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	3,00	kg
mat	Escobon	1,00	un
mat	Var #3	61,60	un
mat	Alambre	6,21	kg
mo	Peon	55,00	hr
mo	Albañil	25,00	hr
mo	Armador	18,00	hr

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
maq	Batidora	10,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
2700	BORDILLO PARA PREVISTAS	0,09	m3
mat	Concreto 210 Kg/cm2	0,09	m3
mat	Arena	0,04	m3
mat	Piedra	0,08	m3
mat	Cemento	0,70	sc
mat	Tabla 25 x 200 mm semidura	9,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	0,40	kg
mat	Bloque 15 x 20 x 40	0,80	m2
mat	Var #2	1,00	un
mat	Var #3	2,00	un
mo	Albañil	5,00	hr
maq	Batidora	1,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,35	vj
3000	TECHO	1	global
3100	ESTRUCTURA	116,44	m2
mat	Tubo 50 x 100 mm x 1,80 mm H.negro	7,00	un
mat	Tubo 100 x 200 mm x 1,80 mm H.negro	7,00	un
mat	RT H.N. 0-16 de 6,00m	3,00	un
mat	RT H.N. 3-16 de 6,00m	29,00	un
mat	RT H.N. 3-13 de 6,00m	8,00	un
mat	Angular 50 x 50 mm x 6,4 mm	1,00	un
mat	Lamina hierro negro 100 x 200 cm x 3,2 mm	1,00	m
mat	Var #3	3,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	6,00	un
mat	Roscas y tuercas 9 mm	8,00	un
mat	Arandelas planas 9 mm	16,00	un
mat	Pintura fast dry	8,00	ga
mat	Soldadura westarco	18,00	kg
mat	Aguarras	2,00	ga
maq	Maquina de soldar	60,00	hr
mo	Soldador	60,00	hr
mo	Ayudante	115,00	hr
mo	Pintor	50,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
3200	CUBIERTA Y HOJALATERIA	116,44	m2
mat	Lamina # 26 esm. 3,66 m	32,00	un
mat	Tornillos	1255,00	un
mat	Malla electrosoldada #2	4,00	un

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mat	Aislante reflectex Tipo SB-WOS	2,30	rollo
mat	Canoa hierro esm. # 24	12,12	m
mat	Cumbrera hierro esm. # 26	6,06	m
mat	Botaguas hierro esm # 26	28,40	m
mat	Fibrolit 30 x 2,44 x 8 mm	18,00	un
mat	Tornillo metal #10 x 50 mm	84,00	un
mo	Ayudante	55,00	hr
mo	Operario	55,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
4000	INSTALACIONES	1	global
4100	INSTALACIONES MECANICAS	1,00	global
4110	INSTALACION AGUAS PLUVIALES	1,00	global
4111	CONEXIÓN PLUVIAL	1,00	global
mat	Tubo Pvc Sdr 26 X 75 Mm	4,00	un
mat	Codo Pvc Sanit 75 X 90°	4,00	un
mat	Codo Pvc Sanit 75 X 45°	8,00	un
mat	Gaza Soporte 75 Mm	8,00	un
mat	Pegamento Pvc	0,25	ga
mat	Acetona	0,25	ga
mat	Mecha	1,00	kg
mo	Operario	24,00	hr
mo	Ayudante	24,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,00	vj
4112	CUNETAS	16,00	ml
sub	Excavación	3,15	m3
sub	Bote	4,10	m3
mat	Concreto 210 Kg/cm2	1,20	m3
mat	Arena	0,55	m3
mat	Piedra	1,07	m3
mat	Cemento	9,64	sc
mat	Lastre	1,70	m3
sub	Zapo - lastre	0,83	hr
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	24,88	vr
mat	Tabla 25 x 200 mm semidura	24,88	vr
mat	Clavos de 63 mm	0,83	kg
mat	Angular 50 mm x 5 mm	4,20	un
mat	Pletina 38 mm x 4,76 mm	1,60	un
mat	Var #4	13,60	un
mat	Malla electrosoldada #2	1,00	un
mat	Pintura fast dry	1,00	ga

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mat	Soldadura westarco	3,00	kg
mat	Aguarras	1,00	ga
mo	Albañil	12,00	hr
mo	Ayudante	12,00	hr
mo	Peon	12,00	hr
mo	Soldador	12,00	hr
maq	Batidora	2,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,30	vj
4120	INSTALACION AGUA POTABLE	1,00	global
4121	INSTALACION AGUA FRIA	1,00	global
mat	Tubo Pvc Sch 40 X 13 Mm	6,00	un
mat	Union Lisa Pvc 13 Mm	2,00	un
mat	Tee Pvc Presion 13 Mm	9,00	un
mat	Tapon Copa Liso 13 Mm	4,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 13 Mm	6,00	un
mat	Valvula De Bola Bronce 13 Mm Nibco T580	3,00	un
mat	Pegamento Pvc En Cuartos	1,00	ga
mat	Acetona	0,25	ga
mat	Mecha	1,00	kg
mat	Teflon Cinta 15 Mts	2,00	un
mat	Teflon Liquido Permatex 8 Ozs	1,00	un
	INSTALACION LAVATORIO AGUA FRIA 13 mm	2,00	
mat	Tubo Pvc Sch 40 X 13 Mm	1,00	un
mat	Codo Pvc Presion 13 X 90°	2,00	un
mat	Tapon Copa Hembra Pvc 12 Mm	2,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 12 Mm	4,00	un
mat	Llave De Control A Pared 12 X 9 Mm	2,00	un
mat	Tubo De Abasto 12 X 9 Mm	2,00	un
mat	Tee Hg Roscado 13 Mm	2,00	un
mat	Niple Hg 13 Cms X 100 Mm	2,00	un
mat	Tapon Hg 13 Mm	2,00	un
mat	Flanger Cromado 1/2	2,00	un
	INSTALACION Y PILAS AGUA FRIA 2 LLAVES	2,00	#N/A
mat	Tubo Pvc Sch 40 X 13 Mm	0,67	un
mat	Tapon Hembra Pvc 13 Mm	2,00	un
mat	Codo Pvc Presion 13 X 90°	4,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 13 Mm	8,00	un
mat	Tee Hg Roscado 13 Mm	4,00	un
mat	Niple Hg 13 Cms X 100 Mm	4,00	un
mat	Union Hg 13 Mm	4,00	un

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mat	Tapon Hg 13 Mm	4,00	un
mat	Llave De Chorro 13 Mm	4,00	un
mat	Flanger Cromado 13 Mm	4,00	un
	INSTALACION INODORO 13mm	1,00	#N/A
mat	Tubo Pvc Sch 40 X 13 Mm	0,17	un
mat	Codo Pvc Presion 13 X 90°	1,00	un
mat	Tapon Hembra Pvc 13 Mm	1,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 13 Mm	2,00	un
mat	Tee Hg Roscado 13 Mm	1,00	un
mat	Niple Hg 13 Cms X 100 Mm	1,00	un
mat	Tapon Hg 13 Mm	1,00	un
mat	Llave De Control A Pared 13 X 9 Mm	1,00	un
mat	Tubo De Abasto 13 X 9 Mm	1,00	un
mat	Flanger Cromado 13 Mm	1,00	un
mo	Fontanero	12,00	hr
mo	Ayudante 3	12,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,10	vj
4122	INSTALACION AGUA CALIENTE	1,00	global
mat	Calentador De Agua 12 Kw Eemax	1,00	un
mat	Tubo Cpvc 13 Mm	2,00	un
mat	Union Lisa Cpvc 13 Mm	2,00	un
mat	Codo Cpvc Presion 13 X 90°	6,00	un
mat	Tee Cpvc Presion 13 Mm	1,00	un
mat	Tapon Cpvc Liso 13 Mm	3,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 13 Mm	6,00	un
mat	Valvula De Bola Cpvc 13 Mm	1,00	un
mat	Union Tope Cpvc 13 Mm	1,00	un
mat	Tarro De Pegamento Cpvc 1/32	1,00	un
mat	Acetona	0,25	ga
mat	Mecha	1,00	kg
mat	Teflon Cinta 15 Mts	1,00	un
mat	Teflon Liquido Permatex 8 Ozs	1,00	un
	INSTALACION LAVATORIO AGUA FRIA 13 mm	1,00	#N/A
mat	Tubo Cpvc 13 Mm	0,50	un
mat	Codo Cpvc Presion 13 X 90°	1,00	un
mat	Tapon Cpvc Liso 13 Mm	1,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 13 Mm	2,00	un
mat	Llave De Control A Pared 12 X 9 Mm	1,00	un
mat	Tubo De Abasto 12 X 9 Mm	1,00	un
mat	Tee Hg Roscado 13 Mm	1,00	un

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mat	Niple Hg 13 Cms X 100 Mm	1,00	un
mat	Tapon Hg 13 Mm	1,00	un
mat	Flanger Cromado 1/2	1,00	un
	INSTALACION FREGADERO Y PILETA AGUA FRIA 13 mm	2,00	#N/A
mat	Tubo Cpvc 13 Mm	1,00	un
mat	Codo Cpvc Presion 13 X 90°	2,00	un
mat	Tapon Cpvc Liso 13 Mm	2,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 13 Mm	4,00	un
mat	Llave De Control A Pared 12 X 9 Mm	2,00	un
mat	Tubo De Abasto 12 X 9 Mm	2,00	un
mat	Tee Hg Roscado 13 Mm	2,00	un
mat	Niple Hg 13 Cms X 100 Mm	2,00	un
mat	Tapon Hg 13 Mm	2,00	un
mat	Flanger Cromado 1/2	2,00	un
mo	Fontanero	15,00	hr
mo	Ayudante 3	15,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,10	vj
4130	INSTALACION AGUAS NEGRAS	1,00	global
mat	Tubo Pvc Sdr 32,5 X 100 Mm	1,50	un
mat	Tee Pvc Sanit. 100 Mm	2,00	un
mat	Reduccion Sanitaria 100 X 75 Mm	2,00	un
mat	Codo Pvc Sanit 100 X 90°	1,00	un
mat	Tapon Copa Pvc 100 Mm	2,00	un
mat	Adaptador Y Tapon Registro Pvc 100 Mm	4,00	un
mat	Sifon Pvc Sin Registro 100 Mm	2,00	un
mat	Tubo Pvc Sdr 32,5 X 75 Mm	3,00	un
mat	Tee Pvc Sanit. 75 Mm	3,00	un
mat	Codo Pvc Sanitaria 75 X 90°	1,00	un
mat	Tubo Pvc Sdr 32,5 X 50 Mm	6,00	un
mat	Yee Pvc Sanitaria 50 Mm	3,00	un
mat	Tee Pvc Sanitaria 50 Mm	5,00	un
mat	Red Sanitaria Pvc 50 X 38 Mm	1,00	un
mat	Codo Pvc Sanitario 50 X 90°	4,00	un
mat	Codo Pvc Sanitario 50 X 45°	2,00	un
mat	Tapon Copa Liso Pvc 50 Mm Prueba	3,00	un
mat	Union Pvc Lisa 50 Mm	1,00	un
mat	Sifon Pvc Sin Registro 50 Mm	4,00	un
mat	Codo Espiga Pvc 50 X 90°	4,00	un
mat	Tapon Y Adaptador Pvc P/ Registro 50 Mm	1,00	un
mat	Drenaje De Piso 50Mm Carmiol Ci-110	2,00	un

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mat	Drenaje De Piso 50Mm Carmiol C-141	2,00	un
mat	Registro De Psio 50 Mm Carmiol	1,00	un
mat	Pegamento Pvc	0,50	ga
mat	Acetona	0,50	ga
mat	Mecha	1,00	kg
	INSTALACION LAVATORIO	2,00	#N/A
mat	Tubo Pvc Sdr 26 X 38 Mm	0,33	un
mat	Codo Pvc Sanitario 38 X 90°	2,00	un
mat	Tee Pvc Sanitaria 38 Mm	2,00	un
mat	Adaptador P/Sifon Pvc 38 Mm	2,00	un
mat	Sifon Cromado 38 Mm Completo	2,00	un
	INSTALACION fregadero DESAGUES	2,00	#N/A
mat	Tubo Pvc Sdr 26 X 50 Mm	0,33	un
mat	Codo Pvc Sanitario 50 X 90°	2,00	un
mat	Reduccion Pvc Sanit 50 X 38 Mm	2,00	un
mat	Sifon Pvc 50 Mm Completo	2,00	un
mat	Tapon Copa Liso Pvc 50 Mm Prueba	2,00	un
	INSTALACION INODORO	1,00	#N/A
mat	Tubo Pvc Sdr 26 X 100 Mm	0,17	un
mat	Tee Pvc Sanitaria 100 Mm	1,00	un
mat	Flanger Para Inodoro	1,00	un
mat	Empaque Cera	1,00	un
mat	Tornillos De Anclaje	2,00	un
mat	Trampa de grasa	2,00	un
mat	Cr aguas negras	3,00	un
mat	Ceniceros	1,00	un
mat	Pila	1,00	un
mo	Fontanero	40,00	hr
mo	Ayudante 3	40,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,10	vj
4140	INSTALACION PIEZAS SANITARIAS	9,00	un
mat	Inodoro Ecoline	1,00	un
mat	Lavatorio Aqualyn	1,00	un
mat	Cachera lavatorio	1,00	un
mat	Barras discapacitados	1,00	un
mat	Duchas	1,00	un
mat	Espejo 60 x 1,20	1,00	un
mat	Jabonera tipo Fresh	1,00	un
mat	Porta rollo de tapa acrílica y base de plástico	1,00	un
sub	Divisiones de duchas	1,00	un

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,10	vj
4200	INSTALACIONES ELECTRICAS	1,00	global
4210	INSTALACION ILUMINACION	1,00	global
mat	Tubo Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	35,00	un
mat	Union Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	42,00	un
mat	Curva Pvc Conduit 12 Mm Tipo A	18,00	un
mat	Conduleta Lb Pvc Sch 40 X 12 Mm	2,00	un
mat	Conduleta C Pvc Sch 40 X 12 Mm	2,00	un
mat	Conector Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	58,00	un
mat	Tubo Emt Usa 13 Mm	1,00	un
mat	Conector Emt Presion 12 Mm	4,00	un
mat	Gaza Emt Usa 13 Mm	78,00	un
mat	Pegamento Pvc 1/4	1,00	ga
mat	Tornillo Metal Hg 1/2	45,00	un
mat	Espander Plastico Con Tornillo	8,00	un
mat	Caja Rectangular Fs Aluminio	3,00	un
mat	Caja Rectangular Emt	1,00	un
mat	Caja Octogonal Emt	18,00	un
mat	Caja Cuadrada Emt	3,00	un
mat	Tapa Redonda Emt	18,00	un
mat	Tapa Cuadrada Emt	3,00	un
mat	Tape 3M	1,00	un
mat	Conector 3M Para Empalme	55,00	un
mat	Conector Para Tsj 1/2 O Bx	28,00	un
mat	Cable Tgp 3 X14	14,00	m
mat	Cable # 12 Thhn	350,00	m
mat	Apagador Sencillo 15 Amp 271 Copper C/Placa	8,00	un
mat	Apagador 3 Vias 15 Amp 271 Copper C/Placa	1,00	un
mat	Control Velocidad Abanico	2,00	un
mat	Lampara Fluores 2 Tubos Sylvania 705 Eo-48-2	2,00	un
mat	Lampara Fluores 2 Tubos Sylvania 503 Eo-48-2 Empotrar	6,00	un
mat	Reflector Doble Intemperie Sylvania 188001-W-2Wh 40W Y Fotocelda	4,00	un
mat	Lampara De Parche 25W, Sylvania 1415-2B 2 Tubos Ahorrador	3,00	un
mat	Lampara Sobreponer Sylvania 188018Sa-1Alu Tubo Ahorrador	3,00	un
mat	Abanico De Para Cielo Of-916 Tmt	3,00	un
mat	Lampara De Emergencia Sylvania E-40	1,00	un
mat	Lampara De Emergencia Sylvania E-40 Y Rotulo Salida	2,00	un

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mo	Electricista	45,00	hr
mo	Ayudante 2	45,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
4220	INSTALACION TOMAS	1,00	global
mat	Tubo Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	14,00	un
mat	Union Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	16,00	un
mat	Curva Pvc Conduit 12 Mm Tipo A	16,00	un
mat	Conector Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	14,00	un
mat	Tubo Emt Usa 13 Mm	1,00	un
mat	Conector Emt Presion 12 Mm	2,00	un
mat	Gaza Emt Usa 13 Mm	4,00	un
mat	Tubo Pvc Conduit 18 Mm Tipo A-UL	4,00	un
mat	Union Pvc Conduit 18 Mm Tipo A-UL	4,00	un
mat	Curva Pvc Conduit 18 Mm Tipo A	2,00	un
mat	Conector Pvc Conduit 18 Mm Tipo A-UL	2,00	un
mat	Pegamento Pvc 1/4	0,25	ga
mat	Caja Rectangular Fs Aluminio	1,00	un
mat	Caja Octogonal Emt	2,00	un
mat	Tapa Redonda Emt	10,00	un
mat	Tornillo Metal Hg 1/2	110,00	un
mat	Conector 3M Para Empalme	36,00	un
mat	Cable # 12 Thhn	125,00	m
mat	Cable # 10 Thhn	12,00	m
mat	Cable #8 Thhn	36,00	m
mat	Tomacorriente Polarizado 15 Amp Y Placa	8,00	un
mat	Tomacoriientes Gfci 15 Amp Y Placa	1,00	un
mat	Toma Especial 50 Amp 3 Hilos 240V Y Placa	1,00	un
mo	Electricista	8,00	hr
mo	Ayudante 2	8,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
4300	INSTALACION GAS LP	1,00	global
mat	Tubo HG Ced 40 x 13 mm	1,00	un
mat	Codo Hg 13 X 90°	5,00	un
mat	Tee Hg 13 Mm	2,00	un
mat	Valvula Bola P/Gas 13 Mm	1,00	un
mat	Teflon Cinta	1,00	un
mat	Teflon Pasta	1,00	un
mat	Sistema Supresion Sensor De Gas	1,00	un
mo	Fontanero	6,00	hr
mo	Ayudante 3	6,00	hr

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
4400	INSTALACION SEGURIDAD HUMANA	1,00	global
mat	EXTINGUIDOR ABC	1,00	un
mat	EXTINGUIDOR BC	1,00	un
mat	GABINETE DE PARED	2,00	un
mo	Operario	1,00	hr
mo	Ayudante	1,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
5000	ACABADOS	1	global
5050	ENCHAPES	12,60	m2
mat	Azulejo	12,60	m2
mat	Desperdicio	0,40	m2
mat	Mortero	3,15	m2
mat	Fragua	6,30	kg
mo	Albañil	24,00	hr
mo	Ayudante	12,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,05	vj
5100	REPELLOS	216,00	m2
mat	Repello repemax	216,00	m2
mat	Sacos de repemax	86,40	un
mat	Impermeabilizante Maxilane	5,68	ga
mat	Arena	0,29	m3
mat	Curva septica	28,00	un
mat	Cemento	1,87	sc
mo	Peon	64,80	hr
mo	Albañil	198,72	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
5200	PISOS	72,79	m2
5210	PISO ANTIDESLIZANTE	16,63	m2
mat	Quarry tile	16,63	m2
mat	Desperdicio	0,50	m2
mat	Mortero Bondex	15,84	m2
mat	Fragua Epoxica	15,84	kg
mo	Albañil	31,00	hr
mo	Ayudante	16,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
5220	PISO CERAMICO	56,16	m2
mat	Ceramica	56,16	m2
mat	Desperdicio	1,50	m2
mat	Mortero	14,04	m2

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mat	Fragua almond	28,08	kg
mo	Albañil	112,00	hr
mo	Ayudante	56,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,15	vj
5230	RODAPIE	84,00	ml
mat	Concreto 210 Kg/cm2	0,80	m3
mat	Arena	0,37	m3
mat	Piedra	0,71	m3
mat	Cemento	6,41	sc
mat	Tabla 25 x 200 mm semidura	51,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	1,50	kg
mat	Tornillo #8 x 38 mm	140,00	un
mat	Expander #7	140,00	un
mat	Cedazo de aluminio 90 cm	17,00	un
mo	Albañil	84,00	hr
maq	Batidora	5,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,17	vj
5300	VENTANERIA Y REJAS	11,00	un
5310	VENTANAS	11,00	un
5311	VENTANA V1	2,00	un
mat	Vidrio 3 mm	1,48	m2
mat	Paleta celosia 100 mm	1,48	m2
mat	Marco 38 x 75 mm	3,00	un
mat	Venilla 12 mm	4,00	un
mat	Cedazo	3,00	un
mat	Tornillos metal # 6 x 25 mm	25,00	un
mo	Operario	8,00	hr
mo	Ayudante	8,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,01	vj
5312	VENTANA V2	7,00	un
mat	Vidrio 3 mm	7,77	m2
mat	Paleta celosia 100 mm	7,77	m2
mat	Marco 38 x 75 mm	16,00	un
mat	Venilla 12 mm	18,00	un
mat	Cedazo	15,00	un
mat	Tornillos metal # 6 x 25 mm	51,00	un
mo	Operario	32,00	hr
mo	Ayudante	32,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,05	vj
5313	VENTANA V3	2,00	un

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mat	Vidrio 3 mm	1,04	m2
mat	Paleta celosia 100 mm	1,04	m2
mat	Marco 38 x 75 mm	3,00	un
mat	Venilla 12 mm	3,00	un
mat	Cedazo	2,00	un
mat	Tornillos metal # 6 x 25 mm	25,00	un
mo	Operario	7,00	hr
mo	Ayudante	7,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,01	vj
5320	REJAS	11,00	un
5321	REJA VENTANA V1	2,00	un
mat	Pletina 38 x 3,17 mm	2,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	5,00	un
mat	Pintura fast dry	0,50	ga
mat	Soldadura westarco	1,00	kg
mat	Aguarras	0,50	ga
maq	Maquina de soldar	2,00	hr
mo	Soldador	6,00	hr
mo	Ayudante	4,00	hr
mo	Pintor	2,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,05	vj
5322	REJA VENTANA V2	7,00	un
mat	Pletina 38 x 3,17 mm	7,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	25,00	un
mat	Pintura fast dry	1,50	ga
mat	Soldadura westarco	6,00	kg
mat	Aguarras	1,00	ga
maq	Maquina de soldar	11,00	hr
mo	Soldador	45,00	hr
mo	Ayudante	30,00	hr
mo	Pintor	30,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,28	vj
5323	REJA VENTANA V3	2,00	un
mat	Pletina 38 x 3,17 mm	1,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	3,00	un
mat	Pintura fast dry	0,50	ga
mat	Soldadura westarco	1,00	kg
mat	Aguarras	0,50	ga
maq	Maquina de soldar	2,00	hr
mo	Soldador	4,00	hr

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mo	Ayudante	3,00	hr
mo	Pintor	7,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,04	vj
5400	CIELOS	116,44	m2
5410	CIELO RASO	72,00	m2
mat	Gypsum con revestimiento vinilico	195,00	m2
mat	Tee principal STD negra 7300 BL	17,00	un
mat	Tee secundaria STD negra XL7342BL	97,00	un
mat	Tee corta negra XL7328BL	97,00	un
mat	Angular negro 7800 BL	17,00	un
mat	Remache pop 3 x 18 mm	666,00	un
mo	Operario	51,00	hr
mo	Ayudante	36,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	1,30	vj
5420	CIELO RASO SOFFIT	44,44	m2
mat	Lamina Gypsum 16 mm	15,00	un
mat	Mortero Tecni wall	6,60	m2
mat	Tornillos pta broca	535,00	un
mat	Clavos impacto	18,00	kg
mat	Tiro explosivo	18,00	un
mat	Cinta gypsum	5,00	un
mat	Angulares 1 x 1 x 10	6,00	un
mat	Furring	20,00	un
mo	Operario	22,00	hr
mo	Ayudante	22,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,26	vj
5600	PUERTAS	8,00	un
5610	PUERTA P9	2,00	un
mat	Lamina punta diamante # 18 1,22 x 2,44m	4,00	un
mat	Lamina hierro pulido # 18 1,22 x 2,44m	2,00	un
mat	Lamina acrilica de 3 mm 1,22 x 2,44 m	2,00	un
mat	Lamina jordomex #3 1,22 x 2,44 m	0,80	un
mat	Tubo 25 x 50 mm x 1,5 mm	8,00	un
mat	RT H.N. 0-16 de 6,00m	0,40	un
mat	Varilla # 4 lisa	4,00	un
mat	Platina 38 mm x 3,17 mm	0,40	un
mat	Aldaba	4,00	un
mat	Guijos de 12,7 mm	12,00	un
mat	Venilla de aluminio 6,4 m	4,00	un
mat	Tornillos	48,00	un

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mat	Candado Yale 38 mm	4,00	un
mat	Cerradura de palanca T511 G.1 Falcon	4,00	un
maq	Maquina de soldar	31,00	hr
mat	Pintura anticorrosivo	0,80	ga
mat	Pintura esmaltada	0,60	ga
mat	Aguarras	0,40	ga
mo	Soldador	88,00	hr
mo	Pintor	8,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,80	vj
5620	PUERTAS P16	1,00	un
mat	Lamina punta diamante # 18 1,22 x 2,44m	2,00	un
mat	Lamina hierro pulido # 18 1,22 x 2,44m	0,30	un
mat	Tubo 25 x 50 mm x 1,5 mm	2,00	un
mat	Tubo 100 x 100 mm x 3,80 mm	1,00	un
mat	RT H.N. 0-16 de 6,00m	0,20	un
mat	Varilla # 4 lisa	1,00	un
mat	Platina 38 mm x 3,17 mm	0,20	un
mat	Aldaba	1,00	un
mat	Guia	1,00	un
mat	Riel	1,00	un
mat	Topes	1,00	un
mat	Tornillos	12,00	un
mat	Candado Yale 38 mm	1,00	un
maq	Maquina de soldar	8,00	hr
mat	Pintura anticorrosivo	0,20	ga
mat	Pintura esmaltada	0,15	ga
mat	Aguarras	0,15	ga
mo	Soldador	37,00	hr
mo	Pintor	3,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,15	vj
5630	PUERTA DE ALUMINIO P13	1,00	un
sub	Puerta aluminio y cedazo	1,00	un
5340	PUERTA DE ALUMINIO P14	2,00	un
sub	Puerta aluminio y cedazo dos hojas	2,00	un
5350	PORTONES DE ARROLLAR	1,00	un
sub	Porton Longitud 1,50 m	1,00	un
5360	PUERTAS DE ACERO INOXIDABLE	1,00	un
sub	P18	1,00	un
5800	PINTURA	260,00	m2
mat	Pintura aceite	20,00	ga

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
mat	Pintura lavable	4,00	ga
mat	Aguarras	2,00	ga
mat	Sellador para concreto	2,00	ga
mo	Ayudante	42,00	hr
mo	Pintor	105,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,11	vj
5900	MOBILIARIO	10,00	un
sub	Mesa para azafates	0,00	un
sub	Baño maria	1,00	un
sub	Mesa tipo exhibicion	1,00	un
sub	Mesa refresquera	0,00	un
sub	Fregadero 3 loza blanca	1,00	un
sub	Cachera Cuello ganzo T&S 5F-4DLX x 12	2,00	un
sub	Campana extractora inc.extractor	1,00	un
sub	Fregadero 1 loza negra	1,00	un
sub	Cachera Cuello ganzo T&S 5F-4DLX x 12 relavado	1,00	un
sub	Lavamanos 4 industrial	1,00	un
sub	Lavamanos 5 industrial	1,00	un
6000	OBRAS EXTERIORES	1	global
6100	CASETA DE GAS	1,00	global
6110	MAMPOSTERIA	21,00	m2
mat	Bloque 15 x 20 x 40	21,00	m2
mat	Mortero pega	0,42	m2
mat	Relleno	7,30	m2
mat	Var #2	11,50	un
mat	Var #3	17,25	un
mat	Alambre	2,25	kg
mat	codales	1,24	un
6120	LOSA DE TECHO	0,18	m3
sub	Concreto 210 Kg/cm2	0,18	m3
mat	Arena	0,08	m3
mat	Piedra	0,16	m3
mat	Cemento	1,44	sc
mat	Tabla 25 x 200 mm semidura	5,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	0,10	kg
mat	Var #2	1,00	un
mat	Var #3	5,00	un
mo	Albañil	8,00	hr
maq	Batidora	2,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,35	vj

Tabla 30. Presupuesto Comedor (cont)			
6130	PUERTAS CASETA GAS	2,00	un
sub	Puertas jordomex	2,00	un
sub	Mamposteria	4,40	un
sub	divisiones	2,00	un

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria

BATERÍA SANITARIA TIPO 1 72 M2			
RUBRO	ITEM	CANTIDAD	UNIDAD
	SUB TOTALES		
1500	TRAZADO	1	global
1600	TRAZADO DE LA EDIFICACION	72,00	m2
mat	Regla 25 x 75 mm semidura	25,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	0,43	kg
mat	Cuerda nylon	0,01	rr
mo	Peon	7,00	hr
mo	Carpintero	3,50	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,05	vj
1700	EXCAVACIONES DE PLACAS Y RELLENOS	5,13	m3
sub	Excavación	5,13	m3
sub	Bote	6,67	m3
mo	Peon	15,00	hr
mo	Ayudante	7,00	hr
2000	OBRA GRIS	1	global
2100	PLACAS Y CIMIENTOS	3,66	m3
mat	Concreto 210 Kg/cm2	3,66	m3
mat	Concreto 105 Kg/cm2	0,24	m3
mat	Arena	1,82	m3
mat	Piedra	3,51	m3
mat	Cemento	30,51	sc
mat	Tabla 25 x 300 mm semiduro	6,00	vr
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	2,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	1,00	kg
mat	Var #2	78,10	un
mat	Var #3	36,30	un
mat	Alambre	3,66	kg
mo	Peon	15,00	hr
mo	Ayudante	15,00	hr

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
mo	Armador	18,00	hr
mo	Albañil	18,00	hr
mo	Carpintero	12,00	hr
maq	Batidora	8,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj
2200	PAREDES Y COLUMNAS	124,78	m2
2210	SISTEMA PREFABRICADO	119,07	m2
mat	Tipo A 3,46 m	1,00	un
mat	Tipo A 3,93 m	1,00	un
mat	Tipo B 2,65 m	7,00	un
mat	Tipo B 3,25 m	2,00	un
mat	Tipo B 4,23 m	2,00	un
mat	Tipo B 4,27 m	1,00	un
mat	Tipo B 4,36 m	1,00	un
mat	Tipo C 3,46 m	2,00	un
mat	Tipo C 3,75 m	1,00	un
mat	Tipo C 3,94 m	1,00	un
mat	Tipo C 3,99 m	1,00	un
mat	Tipo C 4,15 m	1,00	un
mat	Tipo C 4,23 m	2,00	un
mat	3,25 m D	4,00	un
mat	3,51 m D	1,00	un
mat	3,94 m D	2,00	un
mat	4,23-24 m D	2,00	un
mat	4,32 m D	1,00	un
mat	3,25 m E	1,00	un
mat	3,46 m E	1,00	un
mat	4,08 m E	1,00	un
mat	3,65 m F	1,00	un
mat	3,80 m F	1,00	un
mat	3,94 m F	1,00	un
mat	4,23 m F	1,00	un
mat	Baldosa 50 x 30 cm	10,00	un
mat	Baldosa 50 x 60 cm	30,00	un
mat	Baldosa 50 x 90 cm	95,00	un
mat	Baldosa 50 x 102 cm	12,00	un
mat	Baldosa 50 x 120 cm	42,00	un
mat	Baldosa 50 x 150 cm	46,00	un
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	86,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	3,00	kg

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
mo	Peon	50,00	hr
mo	Albañil	36,00	hr
mo	Ayudante	24,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	1,00	vj
2220	MAMPOSTERIA	5,71	m2
mat	Bloque 12 x 20 x 40	5,71	m2
mat	Mortero pega	0,14	m2
mat	Arena	0,19	m3
mat	Cemento	1,21	sc
mat	Relleno	0,31	m2
mat	Arena	0,16	m3
mat	Piedra	0,32	m3
mat	Cemento	1,43	sc
mat	Var #3	10,00	un
mat	Alambre	1,01	kg
mat	Regla 25 x 100 mm	2,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	0,10	kg
mo	Peon	6,00	hr
mo	Albañil	6,00	hr
mo	Armador	2,00	hr
maq	Batidora	5,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,10	vj
2300	VIGA DE AMARRE	1,40	m3
mat	Concreto 210 Kg/cm2	1,40	m3
mat	Arena	0,65	m3
mat	Piedra	1,25	m3
mat	Cemento	11,25	sc
mat	Tabla 25 x 250 mm semiduro	12,00	vr
mat	Tabla 25 x 300 mm semiduro	23,00	vr
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	10,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	4,00	kg
mat	Var #3	35,20	un
mat	Alambre	3,55	kg
mo	Peon	12,00	hr
mo	Ayudante	12,00	hr
mo	Armador	36,00	hr
mo	Albañil	18,00	hr
mo	Carpintero	4,00	hr
maq	Batidora	8,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,40	vj

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
2500	CONTRAPISO	7,20	m3
mat	Concreto 210 Kg/cm2	7,20	m3
mat	Arena	3,33	m3
mat	Piedra	6,43	m3
mat	Cemento	57,83	sc
mat	Lastre	18,72	m3
maq	Zapo - lastre	4,84	hr
mat	Regla 12 x 75 mm tira	43,00	vr
mat	Polietileno	4,72	un
mat	Var #3	91,30	un
mat	Alambre	9,20	kg
mo	Peon	58,00	hr
mo	Albañil	28,00	hr
mo	Armador	18,00	hr
maq	Batidora	8,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,30	vj
2600	ACERA	3,02	m3
mat	Concreto 210 Kg/cm2	3,02	m3
mat	Arena	1,61	m3
mat	Piedra	2,70	m3
mat	Cemento	24,26	sc
mat	Lastre	7,84	m3
maq	Zapo - lastre	2,25	hr
mat	Tabla 25 x 200 mm semidura	20,00	vr
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	6,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	1,00	kg
mat	Escobon	1,00	un
mat	Var #3	36,30	un
mat	Alambre	3,66	kg
mo	Peon	20,00	hr
mo	Albañil	11,00	hr
mo	Armador	10,00	hr
maq	Batidora	5,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj
3000	TECHO	1	global
3100	ESTRUCTURA	112,00	m2
mat	Tubo H.N. 100 x 100 mm x 3,17 mm	1,00	un
mat	Tubo H.N. 50 x 150 mm x 2,37 mm	9,00	un
mat	Angular 50 x 50 mm x 6,4 mm	1,00	un
mat	Angular 38 x 38 mm x 3,2 mm	2,00	un

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
mat	RT H.N. 3-13 de 6,00m	24,00	un
mat	RT H.N. 0-16 de 6,00m	2,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	9,00	un
mat	Barra acero 9 mm	14,00	un
mat	Roscas y tuercas 9 mm	15,00	un
mat	Arandelas planas 9 mm	30,00	un
mat	Pintura fast dry	8,00	ga
mat	Soldadura westarco	16,00	kg
mat	Aguarras	2,00	ga
maq	Maquina de soldar	20,00	hr
mo	Soldador	100,00	hr
mo	Ayudante	160,00	hr
mo	Pintor	65,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,30	vj
3200	CUBIERTA Y HOJALATERIA	112,00	m2
mat	Lamina # 26 esm. 3,66 m	31,00	un
mat	Tornillos	504,00	un
mat	Malla electrosoldada #2	4,00	un
mat	Aislante reflectex Tipo SB-WOS	2,30	rollo
mat	Canoa hierro esm. # 24	14,12	m
mat	Cumbrera hierro esm. # 26	7,06	m
mat	Botaguas hierro esm # 26	28,00	m
mat	Fibrolit 30 x 2,44 x 8 mm	18,00	un
mat	Tornillo metal #10 x 50 mm	88,48	un
mo	Ayudante	27,00	hr
mo	Operario	30,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj
4000	INSTALACIONES	1	global
4100	INSTALACIONES MECANICAS	1,00	global
4110	INSTALACION AGUAS PLUVIALES	1,00	global
4111	CONEXIÓN PLUVIAL	1,00	global
mat	Tubo Pvc Sdr 26 X 75 Mm	4,00	un
mat	Codo Pvc Sanit 75 X 90°	4,00	un
mat	Codo Pvc Sanit 75 X 45°	8,00	un
mat	Gaza Soporte 75 Mm	8,00	un
mat	Pegamento Pvc	0,25	ga
mat	Acetona	0,25	ga
mat	Mecha	1,00	kg
mo	Operario	16,00	hr
mo	Ayudante	16,00	hr

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj
4112	CUNETA	16,00	ml
sub	Excavación	3,77	m3
sub	Bote	4,90	m3
mat	Concreto 210 Kg/cm2	1,63	m3
mat	Arena	0,75	m3
mat	Piedra	1,45	m3
mat	Cemento	13,09	sc
mat	Lastre	2,08	m3
maq	Zapo - lastre	1,00	hr
mat	Regla 25 x 75 mm semiduro	30,00	vr
mat	Tabla 25 x 200 mm semidura	38,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	1,00	kg
mat	Angular 50 mm x 5 mm	5,00	un
mat	Pletina 38 mm x 4,76 mm	2,00	un
mat	Var #4	16,00	un
mat	Malla electrosoldada #2	1,00	un
mat	Pintura fast dry	0,60	ga
mat	Soldadura westarco	3,00	kg
mat	Aguarras	1,00	ga
mo	Albañil	15,00	hr
mo	Ayudante	15,00	hr
mo	Peon	15,00	hr
mo	Soldador	15,00	hr
maq	Batidora	5,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,10	vj
4120	INSTALACION AGUA POTABLE	1,00	global
mat	Tubo Pvc Sch 17 X 50 Mm	0,50	un
mat	Tee Presion Pvc 50 Mm	6,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 50 X 38 Mm	1,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 50 X 25 Mm	1,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 50 X 19 Mm	1,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 50 X 12 Mm	3,00	un
mat	Union Tope Pvc 50 Mm	2,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 50 Mm	2,00	un
mat	Valvula De 50 Mm Bronce	1,00	un
mat	Caja De Pvc Durman	1,00	un
mat	Tubo Pvc Sch 17 X 38 Mm	1,50	un
mat	Tee Presion Pvc 38 Mm	6,00	un
mat	Codo Pvc Presion 38 X 90°	1,00	un

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
mat	Reduccion Pvc Presion 38 X 32 Mm	1,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 38 X 25 Mm	1,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 38 X 19 Mm	3,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 38 X 12 Mm	3,00	un
mat	Union Tope Pvc 38 Mm	2,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 38 Mm	2,00	un
mat	Valvula De 38 Mm Bronce	1,00	un
mat	Caja De Pvc Durman	1,00	un
mat	Tubo Pvc Sch 17 X 32 Mm	0,50	un
mat	Tee Presion Pvc 32 Mm	3,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 32 X 25 Mm	2,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 32 X 13 Mm	2,00	un
mat	Tubo Pvc Sch 17 X 25 Mm	3,00	un
mat	Tee Presion Pvc 25 Mm	9,00	un
mat	Codo Pvc Presion 25 X 90°	4,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 25 X 19 Mm	3,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 25 X 12 Mm	10,00	un
mat	Union Tope Pvc 25 Mm	4,00	un
mat	Union Lisa Pvc 25 Mm	1,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 25 Mm	4,00	un
mat	Valvula De 25 Mm Bronce	2,00	un
mat	Tubo Pvc Sch 40 X 19 Mm	2,00	un
mat	Tee Presion Pvc 19 Mm	5,00	un
mat	Codo Pvc Presion 19 X 90	4,00	un
mat	Reduccion Pvc Presion 19 X 13 Mm	8,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 19 Mm	3,00	un
mat	Codo Hg 19 X 90°	3,00	un
mat	Niple Hg 100 X 19 Mm	3,00	un
mat	Tubo Pvc Sch 40 X 13 Mm	6,00	un
mat	Union Lisa Pvc 13 Mm	4,00	un
mat	Codo Pvc Presion 13 X 90°	25,00	un
mat	Tee Pvc Presion 13 Mm	2,00	un
mat	Tapon Copa Liso 13 Mm	21,00	un
mat	Adaptador Macho Pvc 13 Mm	42,00	un
mat	Tee Hg Roscado 13 Mm	21,00	un
mat	Niple Hg 13 Cms X 100 Mm	21,00	un
mat	Tapon Hg 13 Mm	21,00	un
mat	Llave De Control A Pared 1/2 X 3/8"	16,00	un
mat	Tubo De Abasto 13 X 9 Mm	16,00	un
mat	Flanger Cromado 1/2	16,00	un

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
mat	Llave Chorro 13 Mm	6,00	un
mat	Valvula De Bola Bronce 13 Mm Nibco T580	0,00	un
mat	Pegamento Pvc En Cuartos	1,00	ga
mat	Acetona	0,50	ga
mat	Mecha	1,00	kg
mat	Teflon Cinta 15 Mts	5,00	un
mat	Teflon Liquido Permatex 8 Ozs	2,00	un
mo	Fontanero	55,00	hr
mo	Ayudante 3	55,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj
4130	INSTALACION AGUAS NEGRAS	1,00	global
mat	Tubo Pvc Sdr 32,5 X 100 Mm	6,00	un
mat	Tee Pvc Sanit. 100 Mm	12,00	un
mat	Yee Pvc Sanit. 100 Mm	6,00	un
mat	Reduccion Sanitaria 100 X 50 Mm	5,00	un
mat	Reduccion Sanitaria 100 X 38 Mm	1,00	un
mat	Codo Pvc Sanit 100 X 90°	2,00	un
mat	Codo Pvc Sanit 100 X 45°	2,00	un
mat	Tapon Copa Pvc 100 Mm	12,00	un
mat	Adaptador Y Tapon Registro Pvc 100 Mm	2,00	un
mat	Flanger Para Inodoro	12,00	un
mat	Empaque Cera	12,00	un
mat	Tornillos De Anclaje	24,00	un
mat	Tubo Pvc Sdr 32,5 X 75 Mm	4,00	un
mat	Yee Pvc Sanit. 75 Mm	15,00	un
mat	Reduccion Sanitaria 75 X 50 Mm	14,00	un
mat	Reduccion Sanitaria 75 X 38 Mm	2,00	un
mat	Tubo Pvc Sdr 41 X 63 Mm	0,50	un
mat	Yee Pvc Sanit. 63 Mm	1,00	un
mat	Reduccion Sanitaria 63 X 50 Mm	1,00	un
mat	Codo Pvc Sanit 63 X 90°	2,00	un
mat	Tubo Pvc Sdr 32,5 X 50 Mm	6,00	un
mat	Tubo Pvc Sdr 41 X 50 Mm Ventila	2,00	un
mat	Yee Pvc Sanitaria 50 Mm	2,00	un
mat	Tee Pvc Sanitaria 50 Mm	5,00	un
mat	Red Sanitaria Pvc 50 X 38 Mm	15,00	un
mat	Codo Pvc Sanitario 50 X 90°	21,00	un
mat	Codo Pvc Sanitario 50 X 45°	10,00	un
mat	Tapon Copa Liso Pvc 50 Mm Prueba	8,00	un
mat	Union Pvc Lisa 50 Mm	4,00	un

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
mat	Sifon Pvc Sin Registro 50 Mm	6,00	un
mat	Codo Espiga Pvc 50 X 90°	6,00	un
mat	Tapon Y Adaptador Pvc P/ Registro 50 Mm	4,00	un
mat	Drenaje De Piso 50Mm Carmiol Ci-110	4,00	un
mat	Registro De Psio 50 Mm Carmiol	4,00	un
mat	Gasa Soporte Colgante 50 Mm	7,00	un
mat	Tubo Pvc Sdr 32,5 X 38 Mm	5,00	un
mat	Codo Pvc Sanitario 38 X 90°	16,00	un
mat	Codo Pvc Sanitario 38 X 45°	10,00	un
mat	Tee Pvc Sanit 38 Mm	9,00	un
mat	Adaptador P/Sifon Pvc 38 Mm	3,00	un
mat	Sifon Cromado 38 Mm Completo	3,00	un
mat	Pegamento Pvc	1,00	ga
mat	Acetona	1,00	ga
mat	Mecha	2,00	kg
mat	Pileta de aseo	1,00	un
mat	Sobre lavamanos en concreto	6,00	un
mat	Cr aguas negras	2,00	un
mo	Fontanero	120,00	hr
mo	Ayudante 3	120,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj
4140	INSTALACION PIEZAS SANITARIAS	62,00	un
mat	Inodoro Cadet 3TQ Elderly (Tanque)	12,00	un
mat	Mingitorio Artico	3,00	un
mat	Lavatorio Pennlyn	2,00	un
mat	Lavatorio Aqualyn	2,00	un
mat	Griferia C1	13,00	un
mat	Espejo 6 mm 61 x 120 mm	6,00	un
mat	Jabonera tipo Fresh	8,00	un
mat	Porta rollo de tapa acrílica y base de plástico	12,00	un
mat	Barra seguridad lateral	2,00	un
mat	Barra seguridad posterior	2,00	un
mo	Operario	60,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	2,00	vj
4200	INSTALACIONES ELECTRICAS	1,00	global
4210	INSTALACION ILUMINACION	1,00	global
mat	Tubo Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	10,00	un
mat	Union Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	12,00	un
mat	Curva Pvc Conduit 12 Mm Tipo A	24,00	un
mat	Conduleta Lb Pvc Sch 40 X 12 Mm	2,00	un

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
mat	Conduleta C Pvc Sch 40 X 12 Mm	1,00	un
mat	Conector Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	46,00	un
mat	Tubo Emt Usa 13 Mm	1,00	un
mat	Conector Emt Presion 12 Mm	2,00	un
mat	Gaza Emt Usa 13 Mm	16,00	un
mat	Pegamento Pvc 1/4	0,50	ga
mat	Tornillo Metal Hg 1/2	40,00	un
mat	Expander Plastico Con Tornillo	16,00	un
mat	Caja Rectangular Fs Aluminio	8,00	un
mat	Caja Octogonal Emt	12,00	un
mat	Caja Cuadrada Emt	1,00	un
mat	Tapa Redonda Emt	12,00	un
mat	Tapa Cuadrada Emt	1,00	un
mat	Tape 3M	1,00	un
mat	Conector 3M Para Empalme	36,00	un
mat	Conector Para Tsj 1/2 O Bx	24,00	un
mat	Cable Tgp 3 X14	12,00	m
mat	Cable # 12 Thhn	287,00	m
mat	Apagador Sencillo 15 Amp 271 Copper C/Placa	8,00	un
mat	Lampara Fluores 3 Tubos Sylvania 408-Eo-48-3 Dif Cuadriculado Blanco	4,00	un
mat	Lampara De Parche 25W, Sylvania 1415-2B 2 Tubos Ahorador	4,00	un
mat	Lampara Para Cielo Con Tubo Compacto No Especifica Modelo	4,00	un
mat	Lampara De Emergencia Sylvania E-40	2,00	un
mo	Electricista	60,00	hr
mo	Ayudante 2	60,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,25	vj
4220	INSTALACION TOMAS	1,00	global
mat	Tubo Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	3,00	un
mat	Union Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	3,00	un
mat	Curva Pvc Conduit 12 Mm Tipo A	4,00	un
mat	Conector Pvc Conduit 12 Mm Tipo A-UL	3,00	un
mat	Pegamento Pvc 1/4	0,25	ga
mat	Caja Rectangular Emt	4,00	un
mat	Caja Octogonal Emt	1,00	un
mat	Tapa Redonda Emt	1,00	un
mat	Conector 3M Para Empalme	6,00	un
mat	Cable # 12 Thhn	30,00	m
mat	Tomacorriente Polarizado 15 Amp Y Placa	3,00	un
mat	Tomacorriientes Gfci 15 Amp Y Placa	1,00	un

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
mo	Electricista	6,00	hr
mo	Ayudante 2	6,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,25	vj
5000	ACABADOS	1	global
5050	ENCHAPES	40,22	m2
mat	Azulejo	40,22	m2
mat	Desperdicio	1,50	m2
mat	Mortero plus	10,06	m2
mat	Fragua laticrete	20,11	kg
mo	Albañil	90,00	hr
mo	Ayudante	45,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	1,20	vj
5100	REPELLOS	238,00	m2
mat	Repello repemax	238,00	m2
mat	Sacos de repemax	95,20	un
mat	Impermeabilizante Maxilane	7,00	ga
mat	Acril	3,00	0
mat	Arena	0,20	m3
mat	Cemento	1,28	sc
mo	Peon	70,00	hr
mo	Albañil	214,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
5200	PISOS	69,20	m2
5210	PISO TERRAZO	69,20	m2
mat	Terrazo	69,20	m2
mat	Desperdicio Pisos	1,00	m2
mat	Arena	2,39	m3
mat	Cemento	13,00	sc
mat	Fragua almond	127,44	kg
mat	Clavos de 50 mm	0,21	kg
sub	Pulida	72,00	hr
mo	Acabado lavado	4,80	m2
mo	Albañil	30,00	hr
mo	Ayudante	15,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
5220	RODAPIE	77,00	ml
mat	Concreto 210 Kg/cm2	0,73	m3
mat	Arena	0,34	m3
mat	Piedra	0,65	m3
mat	Cemento	5,88	sc

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
mat	Tabla 25 x 200 mm semidura	46,00	vr
mat	Clavos de 63 mm	3,00	kg
mat	Tornillo #8 x 38 mm	128,00	un
mat	Esponder #7	128,00	un
mat	Cedazo de aluminio 90 cm	15,00	un
mo	Albañil	77,00	hr
maq	Batidora	5,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,10	vj
5300	VENTANERIA Y REJAS	6,00	un
5310	VENTANAS	6,00	un
5311	VENTANA V1	2,00	un
mat	Vidrio 3 mm	0,67	m2
mat	Paleta celosia 100 mm	1,19	m2
mat	Marco 38 x 75 mm	2,00	un
mat	Venilla 12 mm	2,00	un
mat	Tornillos metal # 6 x 25 mm	14,00	un
mo	Operario	8,00	hr
mo	Ayudante	8,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,01	vj
5312	VENTANA V2	4,00	un
mat	Vidrio 3 mm	3,83	m2
mat	Paleta celosia 100 mm	6,81	m2
mat	Marco 38 x 75 mm	7,00	un
mat	Venilla 12 mm	8,00	un
mat	Tornillos metal # 6 x 25 mm	77,00	un
mo	Operario	45,00	hr
mo	Ayudante	45,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,09	vj
5320	REJAS	6,00	un
5321	REJA VENTANA V1	2,00	un
mat	Pletina 38 x 3,17 mm	1,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	3,00	un
mat	Pintura fast dry	0,03	ga
mat	Soldadura westarco	1,00	kg
mat	Aguarras	1,00	ga
maq	Maquina de soldar	2,00	hr
mo	Soldador	4,00	hr
mo	Ayudante	3,00	hr
mo	Pintor	2,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,01	vj

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
5322	REJA VENTANA V2	4,00	un
mat	Pletina 38 x 3,17 mm	4,00	un
mat	Varilla # 4 lisa	15,00	un
mat	Pintura fast dry	0,19	ga
mat	Soldadura westarco	4,00	kg
mat	Aguarras	1,00	ga
maq	Maquina de soldar	8,00	hr
mo	Soldador	17,00	hr
mo	Ayudante	16,00	hr
mo	Pintor	7,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,09	vj
5400	CIELOS	112,00	m2
5410	CIELO RASO	54,00	m2
mat	Gypsum con revestimiento vinilico	145,00	m2
mat	Tee principal STD negra 7300 BL	13,00	un
mat	Tee secundaria STD negra XL7342BL	73,00	un
mat	Tee corta negra XL7328BL	73,00	un
mat	Angular negro 7800 BL	13,00	un
mat	Remache pop 3 x 18 mm	500,00	un
mo	Operario	38,00	hr
mo	Ayudante	27,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,80	vj
5420	CIELO RASO SOFFIT	58,00	m2
mat	Lamina Soffit	20,00	un
mat	Mortero Tecni wall	7,00	m2
mat	Tornillos pta broca	700,00	un
mat	Clavos 3/4	609,00	kg
mat	Tornillos 8 x 1.1/4	1264,00	un
mat	Cinta gypsum	5,00	un
mat	Angulares 1 x 1 x 10	73,00	un
mat	Canal para cielo	10,00	un
mat	Furring	39,00	un
mat	Rejilla 400 x 100 mm con cedazo	4,00	un
mo	Operario	56,00	hr
mo	Ayudante	38,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,60	vj
5600	PUERTAS	14,00	un
5610	PUERTA P3	6,00	un
mat	Lamina punta diamante # 18 1,22 x 2,44m	4,00	un
mat	Lamina hierro pulido # 18 1,22 x 2,44m	2,00	un

Tabla 31. Presupuesto batería Sanitaria (cont.)			
mat	Lamina acrilica de 3 mm 1,22 x 2,44 m	2,00	un
mat	Lamina jordomex #3 1,22 x 2,44 m	1,00	un
mat	Tubo 25 x 50 mm x 1,5 mm	8,00	un
mat	RT H.N. 0-16 de 6,00m	0,50	un
mat	Varilla # 4 lisa	4,00	un
mat	Platina 38 mm x 3,17 mm	0,40	un
mat	Aldaba	4,00	un
mat	Guijos de 12,7 mm	12,00	un
mat	Venilla de aluminio 6,4 m	4,00	un
mat	Tornillos	48,00	un
mat	Candado yale 38 mm	4,00	un
mat	Cerradura de palanca T101 G.1 Falcon	2,00	un
mat	Cerradura de palanca T301 G.1 Falcon	4,00	un
maq	Maquina de soldar	32,00	hr
mat	Pintura anticorrosivo	0,80	ga
mat	Pintura esmaltada	0,60	ga
mat	Aguarras	0,40	ga
mo	Soldador	100,00	hr
mo	Pintor	25,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj
5620	PUERTAS P12	8,00	un
mat	Lamina lisa hg 20 1,22 x 2,44 m	20,00	un
mat	Tubo 25 x 25 x 1,5 mm	24,00	un
mat	Platina 18 mm x 3,17 mm	9,00	un
mat	Cerradura de palanca T301 G.1 Falcon	8,00	un
mat	Guijos de 12,7 mm	20,00	un
maq	Maquina de soldar	80,00	hr
mat	Pintura anticorrosivo	2,00	ga
mat	Pintura esmaltada	2,00	ga
mat	Aguarras	2,00	ga
mo	Soldador	220,00	hr
mo	Pintor	50,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,50	vj
5800	PINTURA	326,00	m2
mat	Pintura aceite	31,00	ga
mat	Aguarras	2,00	ga
mat	Sellador para concreto	2,00	ga
mo	Ayudante	55,00	hr
mo	Pintor	110,00	hr
aca	ACARREOS DE 25-75 KM	0,20	vj

9.2 Respuestas al formulario

Tabla 32. Respuestas a formulario CTP Liceo Santa Ana

1. Datos Generales	
Fecha	20 de marzo de 2023
Tipo de obra:	Comedor-Aula
Profesión / ocupación del Encargado:	Oficinista
Ubicación:	Lindora
Cantidad de estudiantes y funcionarios:	430
Área total de construcción de las instalaciones:	1617.10
Cantidad de aulas académicas prototipo de 72m2	5
Cantidad de baterías sanitarias prototipo de 72m2	1
Cantidad de comedores prototipo de 72m2	0

Tabla 32. Respuestas a formulario CTP Liceo Santa Ana (cont.)

2. Practicas comunes de operación			
Con respecto al consumo de energía eléctrica			
Compañía que brinda el servicio	CNFL		
Número de medidor	383524-401 19882534-1278 496376-597 87 paneles solares		
Cuenta con un registro de consumo de los doce meses anteriores (en kWh)	SI <input checked="" type="checkbox"/> X___ NO _____		
Con respecto a la recarga de extintores			
Cantidad, tipo y capacidad de los extintores con los que cuenta el Centro Educativo	Tipo	Capacidad	Cantidad
	CO2(BC), Polvo químico	10 libras cada uno	12
¿Cada cuánto tiempo se realiza la recarga de los extintores?	Se trata que se mantengan vigentes, debido al bajo presupuesto que recibe esta junta de parte del gobierno. Una vez al año		
Con respecto a la producción de aguas residuales			
Descripción del sistema utilizado para el tratamiento de aguas residuales			
Tanque séptico			

Tabla 33. Respuesta a formulario Escuela Enrique Riba Morella

Datos Generales	
Fecha	22-02-2023
Tipo de obra:	Comedor
*Si considera que las preguntas se pueden contestar a nivel general, por favor indíquelo. En caso contrario, llene un formulario por cada una de las obras prototipo analizadas.	
Profesión / ocupación del Encargado:	Director escuela
Ubicación:	Alajuela
Cantidad de estudiantes y funcionarios:	220
Área total de construcción de las instalaciones:	2047 m2
Cantidad de aulas académicas prototipo de 72m2	0
Cantidad de baterías sanitarias prototipo de 72m2	0
Cantidad de comedores prototipo de 72m2	1
2. Practicas comunes de operación	
Con respecto al consumo de energía eléctrica	
Compañía que brinda el servicio	ICE
Número de medidor	NISS 225892-MEDIDOR 179457
Cuenta con un registro de consumo de los doce meses anteriores (en kWh)	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
AGOSTO 22: 990 SEPT 22: 1184 OCT 22: 1247 NOV 22: 1219 DIC 22: 1306	
Con respecto al consumo de gas licuado (LPG)	
¿En el centro educativo se utiliza el gas GLP para procesar los alimentos?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
Cuenta con un registro de consumo de los doce meses anteriores (en Litros)	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> 1 al mes
Con respecto al manejo de residuos	
¿Existe separación de residuos orgánicos e inorgánicos?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>

Tabla 33. Respuesta a formulario Escuela Enrique Riba Morella (cont.)	
¿Cuál es el peso aproximado de los residuos generados en el comedor van directamente a la disposición final, por ejemplo, a un relleno sanitario? (en Kg)	NO LLEVA CONTEO,PERO LO LLEVAN A UN RELLENO SANITARIO
¿Existe un sistema de aprovechamiento de residuos valorizables?	SI <input checked="" type="checkbox"/> X NO <input type="checkbox"/>
RECICLAJE Y COMPOSTAJE Todo se envía con la municipalidad	
¿Cuenta con un registro de separación de residuos de los doce meses anteriores? (en Kg)	SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> x
SI SE SEPARA POR ESAS CATEGORIAS, PERO NO LLEVA CANTIDAD	

Tabla 33. Respuesta a formulario Escuela Enrique Riba Morella (cont.)

Con respecto a la recarga de extintores			
	Tipo	Capacidad	Cantidad
Cantidad, tipo y capacidad de los extintores con los que cuenta el Centro Educativo Contactar a prpveedor	CLASE A solidos Agua: fuegos de clase A sin electricidad. Clase F ACEITES Y GRASAS DE COCINA: espuma	10 LIBRAS 10 libras	9 1
¿Cada cuánto tiempo se realiza la recarga de los extintores?	Cada año		
Con respecto a la producción de aguas residuales			
Descripción del sistema utilizado para el tratamiento de aguas residuales			
Tanque séptico			

Tabla 34.Respuestas a formulario Escuela Miguel Picado Barquero

1. Datos Generales	
Profesión / ocupación del Encargado:	Director escuela
Ubicación:	Santiago de Paraiso
Cantidad de estudiantes y funcionarios:	380
Área total de construcción de las instalaciones:	1250 m2
Cantidad de aulas académicas prototipo de 72m2	8
Cantidad de baterías sanitarias prototipo de 72m2	0
Cantidad de comedores prototipo de 72m2	1
2. Practicas comunes de operación	
Con respecto al consumo de energía eléctrica	
Compañía que brinda el servicio	JASEC
Número de medidor	315367-315365-315350 113475-112783-89661
Cuenta con un registro de consumo de los doce meses anteriores (en kWh)	SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>
Con respecto al consumo de gas licuado (LPG)	
¿En el centro educativo se utiliza el gas GLP para procesar los alimentos?	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO _____
Cuenta con un registro de consumo de los doce meses anteriores (en Litros)	SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>
Se compran 1 cilindro de 100 libras al mes	
Con respecto al manejo de residuos	
¿Existe separación de residuos orgánicos e inorgánicos?	SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>
¿Cuál es el peso aproximado de los residuos generados en el comedor van directamente a la disposición final, por ejemplo, a un relleno sanitario? (en Kg)	100 kg mensuales
¿Existe un sistema de aprovechamiento de residuos valorizables?	SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>
Todo se envía con la municipalidad	
¿Cuenta con un registro de separación de residuos de los doce meses anteriores? (en Kg)	SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/>

Tabla 35.Respuestas a formulario Escuela Miguel Picado Barquero (cont).			
No hay un programa de manejo de residuos			
Con respecto a la recarga de extintores			
Cantidad, tipo y capacidad de los extintores con los que cuenta el Centro Educativo Contactar a prpveedor	Tipo	Capacidad	Cantidad
	CLASE A solidos Agua: fuegos de clase A sin electricidad. Clase F ACEITES Y GRASAS DE COCINA: espuma	10 libras 10 libras	6 1
¿Cada cuánto tiempo se realiza la recarga de los extintores?	Cada año		
Con respecto a la producción de aguas residuales			
Descripción del sistema utilizado para el tratamiento de aguas residuales			
Tanque septico			

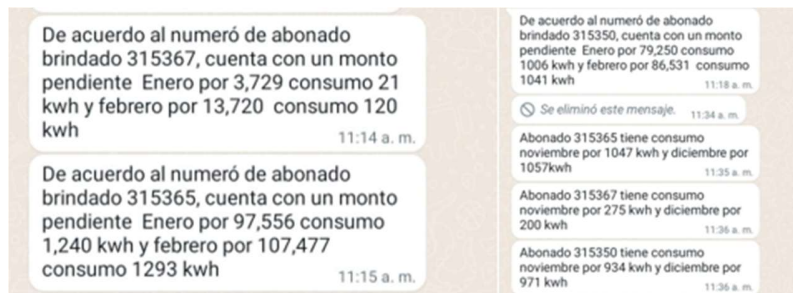


Figura 38. Recibo de luz Escuela Miguel Barquero Picado (JASEC)