

UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Instituto Universitario de Sistemas Inteligentes y

Aplicaciones Numéricas en la Ingeniería.

Máster Universitario en Eficiencia Energética 2016/2017

TFM

(TRABAJO FINAL DE MASTER)

**EVALUACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO Y
ECO-EFICIENCIA EN LA FASE DE
CONSTRUCCIÓN DE LAS EDIFICACIONES PARA
REGIONES ULTRAPERIFÉRICAS DE EUROPA
EL CASO DE CANARIAS**

Alumno: José Miguel González Valencia

Tutor: Ricardo Javier Santana Rodríguez

Agradecimientos

Quiero agradecer a mi tutor Ricardo Javier Santana Rodríguez, por su paciencia, dedicación, criterio y aliento. Ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda.

Gracias a mis compañeros del máster, y en especial a F. Javier y Carlos, por su apoyo y compañía durante el curso y en la realización de este TFM.

Gracias a todos los profesores del Máster de Eficiencia Energética, y al Instituto SIANI por darnos las herramientas necesarias para aprender y crecer cada día.

Y por encima de todo gracias a Adaya, mi compañera en la vida, a mi familia por estar incondicionalmente conmigo, sin ellos hubiera sido imposible llevar a cabo este trabajo. Y gracias a los que vienen y a los que no están.

Índice.

1. Introducción.....	6
1.2. Las Regiones Ultraperiféricas de Europa.....	7
1.3. La Huella de Carbono en Canarias.....	9
1.4. Objetivo de la evaluación de la HdC en la edificación en Canarias.....	10
1.5. Referencias bibliográficas del capítulo 1.....	10
2. Estado del Conocimiento.....	11
2.1 El Contexto de Huella.....	11
2.2 La de Huella de Carbono.....	13
2.3 La Huella Ecológica.....	16
2.4 La Huella Hídrica.....	18
2.5 Porqué el Uso de un Indicador.....	19
2.6 Cuantificación de la HdC.....	21
2.7. Referencias Bibliográficas del capítulo 2.....	22
3. Metodología.....	24
3.1. Propuesta de Evaluación.....	26
3.1.1 Consumos de la Fase Constructiva.....	28
3.2. Evaluación de la HdC en Fase de Construcción.....	32
3.2.1. Consumos Directos.....	33
3.2.1.1. Energía.....	33
3.2.1.2. Factores de Absorción.....	37
3.2.2. Consumos Indirectos.....	39
3.2.2.1. Mano de Obra.....	39
3.2.2.2. Materiales de Construcción.....	41
3.2.2.3. Análisis del Ciclo de Vida de los Materiales.....	42
3.2.2.4 Energía Incorporada en los Materiales.....	44
3.3. La HdC de los Materiales de Construcción.....	47
3.4. HdC de los Residuos Generados.....	50
3.4. Referencias Bibliográficas del Capítulo 3.....	50
4. Evaluación del Transporte de los Materiales de Construcción.....	51
4.1. Metodologías para de Evaluación y Cálculo de Emisiones.....	52
4.1.1. Transporte Terrestre.....	52
4.1.2. Transporte Marítimo.....	52
4.2. Port Link como Herramienta.....	56
4.3. Evaluación de las Emisiones de una Cadena Intermodal.....	57
4.4. Evaluación de los Resultados Obtenidos en el Transporte Marítimo.....	61
4.5. Evaluación de los Resultados para el Transporte por Carretera.....	62
4.6. Referencias Bibliográficas del Capítulo 4.....	63
5. Evaluación , El caso de Canarias.....	64
5.1. Introducción.....	64
5.2. Viviendas Tipo.....	64
5.2.1. Vivienda Tipo I.....	65
5.2.2. Vivienda Tipo II.....	65

5.2.3. Vivienda Tipo III.	66
5.2.4. Vivienda Tipo IV.....	66
5.3. Evaluación de la HdC de los materiales en la edificación.....	66
5.3.1. Huella de Carbono de los Materiales de Construcción.	67
5.3.1.1. Evaluación de la HdC en el Consumo de Materiales.	68
5.4. Tablas Resumen de la HdC del Consumo de Materiales.	70
5.4.1. HdC de los Materiales. Vivienda tipo I.....	70
5.4.2. HdC de los Materiales. Vivienda tipo II.	71
5.4.3. HdC de los Materiales. Vivienda tipo III.....	73
5.4.4. HdC de los Materiales. Vivienda tipo IV.....	74
5.5. Evaluación de la HdC en el Transporte de los Materiales.	76
5.5.1. Transporte de los Materiales por Carretera.	76
5.5.2. Transporte Marítimo de los Materiales hacia Canarias.....	77
5.6. Tablas resumen del Transporte de los Materiales.....	78
5.6.1. HdC del Transporte de los Materiales. Vivienda tipo I.	78
5.6.2. HdC del Transporte de los Materiales. Vivienda tipo II.	80
5.6.3. HdC del Transporte de los Materiales. Vivienda tipo III.	82
5.6.4. HdC del Transporte de los Materiales. Vivienda tipo IV.....	84
5.7. Evaluación de los Resultados Obtenidos.	86
5.7.1. Huella de Carbono Vivienda tipo I.	86
5.7.1. Huella de Carbono Vivienda tipo II.....	88
5.7.1. Huella de Carbono Vivienda tipo III.	89
5.7.1. Huella de Carbono Vivienda tipo IV.	91
5.8. Conclusiones del Capítulo 5.....	92
6. Conclusiones.	93
6.1. Conclusiones Generales.....	93
6.2. Conclusiones de la Metodología.....	94
6.3. Conclusiones de la Evaluación.....	96
7. Referencias bibliográficas.....	99

1. Introducción.

Dado gran el cambio que se ha ocasionado en la sociedad actual, con el aumento de la población mundial, y el crecimiento de los núcleos urbanos, la sociedad demanda, cada vez más, bienes y servicios para adaptarse a las necesidades de los ciudadanos.

Todos estos cambios han generado un problema global, afectando directamente sobre los ecosistemas y generando un cambio climático, que hasta ahora parece irreversible. Todo esto es debido en gran parte a las emisiones de gases de efecto invernadero generado por las actividades industriales y personales, como podemos ver en la figura 1.1, y la sobre explotación de los recursos, generando una incertidumbre global en cuanto al futuro de las nuevas generaciones.

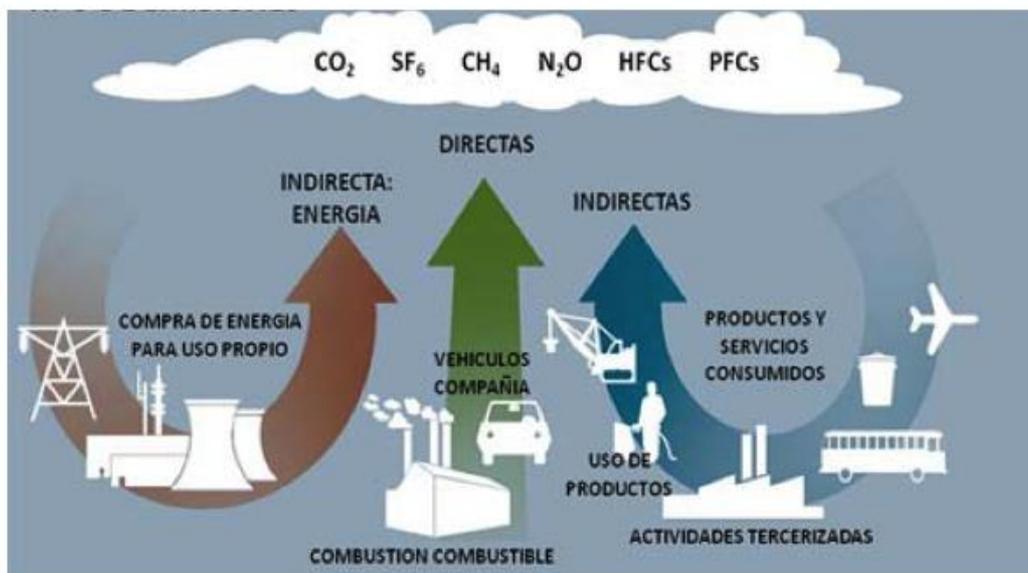


Figura 1.1 Emisiones de gases de efecto invernadero. [fuente Ministerio de Medio Ambienté]

La Huella de Carbono es una medida del impacto de todos los Gases de Efecto Invernadero (GEI) producidos en una actividad, producto o servicio. Se trata de un indicador de sostenibilidad aplicable a cualquier sector, que se está convirtiendo en una herramienta de diferenciación. Diversas organizaciones, empresas y administraciones públicas, están desarrollando una serie de indicadores de medida de las diferentes Huellas, relacionadas con la emisiones de los gases de efecto invernadero.

Por tanto, el concepto de Huella de Carbono abarca todo el ciclo de vida de un producto o actividad, desde la extracción de la materia prima, hasta el destino final del producto terminado, incluso algunos autores tienen en cuenta su posterior eliminación o reciclado una vez haya finalizada su vida útil. Este

concepto se basa en la realización de un inventario de todos los consumos y sus correspondientes emisiones, tomando una dimensión más amplia y considera no solo las emisiones directas, sino también las emisiones indirectas, producidas en el desarrollo de la actividad, producto o servicio. [HCe, 2014]

También, ha surgido la necesidad de cuantificar todos estos efectos con el fin de concienciar, primero a la sociedad y después a la industria, en buscar un camino hacia un mundo más sostenible, tratando de mitigar los efectos ocasionados sobre los ecosistemas y reducir el cambio climático. Uno de estos métodos es la cuantificación de la Huella de Carbono (HdC) que genera una actividad o servicio, mediante el diseño de herramientas y aplicaciones informáticas que nos ayuden a medir las emisiones de gases de efecto invernadero. Estas emisiones están relacionadas con la HdC de los productos desde el origen hasta su destino final, indicando todos los recursos (energéticos y materias primas), necesarios a la hora de obtener un producto final o generar un servicio determinado para la sociedad.

Si bien hablamos del sector de la construcción, y en concreto de la edificación, nos encontramos con un sector que es responsable de un gran porcentaje de las emisiones de CO₂, debido a las grandes cantidades de energía que son necesaria a la hora de producir los materiales, su transporte y su puesta en obra, y si además, tenemos en cuenta los recursos necesarios para su posterior eliminación o reciclado, este valor será aún mayor.

Este documento pretende plantear una metodología de evaluación de la Huella de Carbono en la fase de construcción de edificaciones en regiones ultraperiféricas, tomando como ejemplo el caso de Canarias, y cómo la dependencia de importación de materiales y materias primas del continente, hacen que la HdC sea mayor que en la mayoría de las regiones de Europa Continental.

1.2. Las Regiones Ultraperiféricas de Europa.

Se denomina Región Ultraperiférica de Europa (RUP) a nueve territorios, que aún, estando alejados geográficamente del continente, forman parte de alguno de los 28 estados miembros de la unión, estas regiones se componen por:

- Azores
- Islas Canarias
- Guadalupe
- Guayana Francesa
- Madeira
- Martinica
- Mayotte
- Reunión
- San Martín

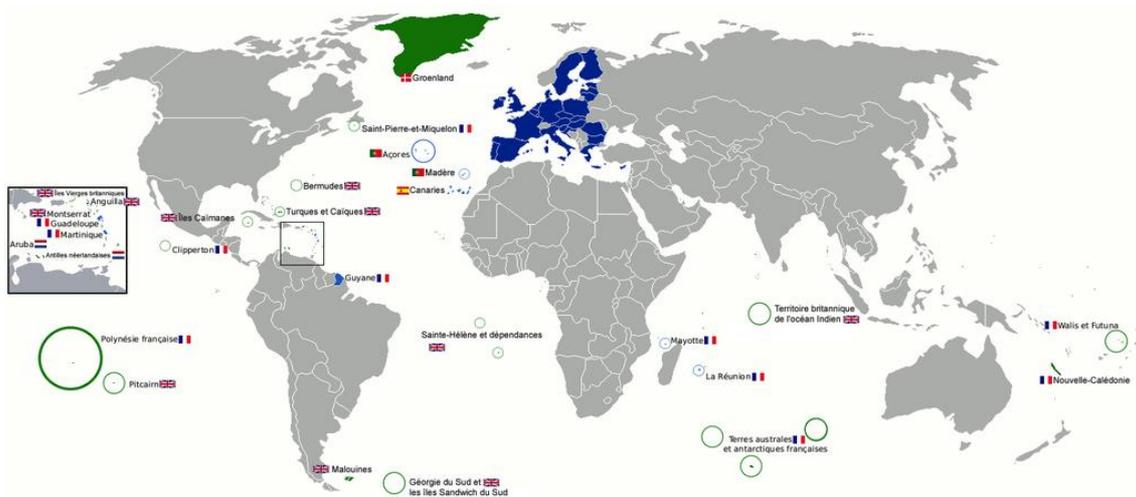


Figura 1.2 Regiones Ultraperiféricas de Europa.

En la mayoría de los casos, estas regiones se caracterizan por su insularidad y lejanía con el continente, debido a estas condiciones, las características socio-económicas y de desarrollo se ven condicionadas en muchos casos por la dependencia de importar gran parte de los bienes consumidos en ellas, además de tratarse de territorios muy sensibles ecológicamente.

Para nuestra evaluación, vamos tratar el caso específico de Canarias como Región Ultraperiférica de la Unión Europea.

Esta comunidad Autónoma Española con 7447 km² (744700 h), es la RUP con mayor población y la económicamente mas potente, con una gran riqueza ecológica, donde se encuentran varias reservas de la Biosfera, lo que la hace una región ecológicamente muy sensible.

Su economía se basa principalmente en el sector servicios, debido en gran medida a su atractivo turístico. Sin embargo, existe una gran dependencia de importación de todo tipo de materias primas, principalmente desde el continente, incluso algunos de los principales materiales necesarios para la construcción de todo tipo de edificaciones e infraestructuras. También se hace la importación de combustibles fósiles, necesarios para le generación de energía eléctrica, dado que no existen otro tipo de fuentes de generación de electricidad como en territorios continentales.

Aunque en las Islas Canarias existe una gran cantidad de fuentes de energías renovables, en la actualidad, su porcentaje de aprovechamiento energético es muy bajo con respecto a la generación en centrales eléctricas convencionales.

Todos estos transportes se realizan por medios marítimos, mayoritariamente, con lo que se debe tener en cuenta este valor añadido a las emisiones y la Huella de Carbono de los productos y materias primas importadas a las Islas.

1.3. La Huella de Carbono en Canarias.

Diversas investigaciones han determinado que la Huella de Carbono en las Islas Canarias está por encima de la media Española [Gallego, 2012], y que más del 50% del impacto ambiental en las Islas se debe al gasto energético tan elevado, que se necesitarían 3,84 veces el territorio insular para absorber la intensidad de este consumo.

Estos elevados valores se deben en gran medida a la gran dependencia de combustibles fósiles, y a la necesidad de la importación de muchos productos del continente, como ya se ha comentado anteriormente.

La Huella de Carbono, es un indicador que mide la demanda de recursos de la población, en función a las toneladas de CO₂ emitidas por una actividad o proceso, traducido a unidades de superficie, figura 1.2 hectáreas necesarias para absorber las emisiones de CO₂ de una actividad.



Figura 1.2 Concepto de absorción de CO₂ por unidad de superficie.

En Canarias el sector del turismo, es responsable de gran parte de la Huella generada en las Islas, no debemos olvidar que parte de la Huella de Carbono proviene del transporte de los recursos necesarios para suplir la demanda de locales y necesidades de los turistas. En la mayoría de los casos estos productos son importados desde el continente Europeo, o bien desde otras partes del mundo, ocasionando a su vez una serie de emisiones de CO₂ que deben ser computables a las actividades que se realizan con ellas. Como es el caso de los materiales construcción necesarios en las edificaciones, tanto para viviendas, planta hotelera y demás servicios urbanísticos necesarios en las poblaciones, además de las diferentes reformas y rehabilitaciones que se realizan constantemente en las edificaciones existentes.

Como se expondrá en el presente TFM, la Huella de Carbono de los materiales de construcción de origen diferente al local, debe computarse en su lugar de fabricación o en el sitio donde se ha de utilizar, este tema es causa de debate por parte de muchos de los investigadores, al tratarse de un problema y no solo en el ámbito local, como se indica en el tratado de Tokio.

1.4. Objetivo de la evaluación de la HdC en la edificación en Canarias.

Este TFM pretende desarrollar las metodologías actuales para determinar el concepto de Huella de Carbono (HdC), aplicado a la fase de construcción de una edificación. Se analizará el caso de Canarias, como territorio ultraperiférico de Europa, donde la necesidad de recursos de importados, y la gran dependencia de combustibles fósiles, hacen que este concepto tenga una gran importancia.

A su vez, se busca incentivar la divulgación del efecto de la HdC en la sociedad y, en especial, en el sector de la construcción, implicando a todos los agentes que participan en esta actividad, mejorando la conciencia ambiental desde la fase de proyecto, construcción e incluso la fase de demolición de las edificaciones, cuando estas terminen su vida útil.

Por tanto, se ha evaluado la metodología existente y adaptado dichos métodos al cálculo en el sector de la construcción.

Por otra parte, se busca la manera de reducir esta Huella, mediante la utilización de otros materiales de construcción, que tengan un menor impacto sobre el ecosistema, sin comprometer la eficiencia energética de las edificaciones, así como la utilización de materiales locales, y con pocos o ningún proceso industrial, permitiendo reducir las emisiones y la HdC en la fase de edificación.

Como estudio futuro se plantea el análisis de la HdC en la fase de demolición, utilizando como concepto base, la reutilización y la reducción de los residuos generados por las construcciones, contribuyendo así a la reducción de demanda de ciertos recursos, dando un nuevo uso a los residuos y contribuyendo a la reducción de la HdC en el sector de la construcción en Canarias.

1.5. Referencias bibliográficas del capítulo 1.

[Gallego, 2012] ÁLVAREZ GALLEGO, S. (2012). Análisis DAFO, Seminario 2013 del Grupo de Investigación Ecología y Paisaje de la Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Montes.

[Doménech, 2017] DOMÉNECH, J.L. Huella Ecológica y desarrollo sostenible. Ed. AENOR Ediciones. España.

[HCE, 2014] Proyecto para la Huella de Carbono en la edificación, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

2. Estado del Conocimiento.

En la actualidad, va cogiendo fuerza el concepto de la Huella de Carbono como un indicador de impacto de las diversas actividades humanas sobre el medio ambiente, este concepto que ha alcanzado gran difusión, al ser empleado por gobiernos, empresas, grupos ecologistas y organizaciones [Pandey, 2010; Wiedmann, 2009], convirtiéndose en la más importante herramienta para cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), dichos gases han sido definidos en el protocolo de Kioto el año 1997.

Actualmente, existen diversos métodos empleados para la evaluación y el cálculo de la Huella de Carbono, todos estos se centran en determinar la totalidad de emisiones de CO₂ u otros gases generados en una actividad, una empresa, un servicio o incluso la ocupación del territorio. Sin embargo, no hay consenso a la hora de definir este indicador, ya que, debido a los diversos trabajos realizados sobre este tema, se ha visto que la mayoría solo se basan en parte de las emisiones sin tener en cuenta todas las componentes indirectas [DELOS, 2009].

2.1 El Contexto de Huella.

Según la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), perteneciente al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medioambiente, “es crucial entender la Huella de Carbono, no sólo como un mero elemento de cálculo, sino como un primer paso en el camino de la mejora y el compromiso de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En ello reside su gran contribución a la lucha contra el Cambio Climático. Hoy en día, ya se perfila como un elemento diferenciador de las organizaciones que deciden comprometerse con el medio ambiente y apuestan por el desarrollo de una actividad sostenible” [HCe, 2014].

En los años noventa, los investigadores de la Universidad de British Columbia William Rees y Mathis Wackernagel, desarrollaron el concepto de La Huella Ecológica basada en una herramienta contable que permite estimar los requerimientos en términos de recursos relacionados con la tierra y el agua, y la asimilación de los residuos para satisfacer las necesidades de una determinada población, entidad, Región país, expresadas en áreas productivas globales [Wackernagel y Rees, 1995; Rees, 1996].

Definieron además su modelo de cálculo que fue aplicado a países con alto grado de desarrollo concluyendo que éstos presentaban importantes déficits ecológicos, dado la necesidad que tienen de recursos de otros países para solventar la carencia de recursos internos en función de su población [Rees, 1996]. El concepto fue diseñado como una herramienta de planificación para medir la sostenibilidad ecológica con el propósito de estimar la magnitud del consumo humano que excede la capacidad de regeneración de la biosfera [Carballo et al. 2008].

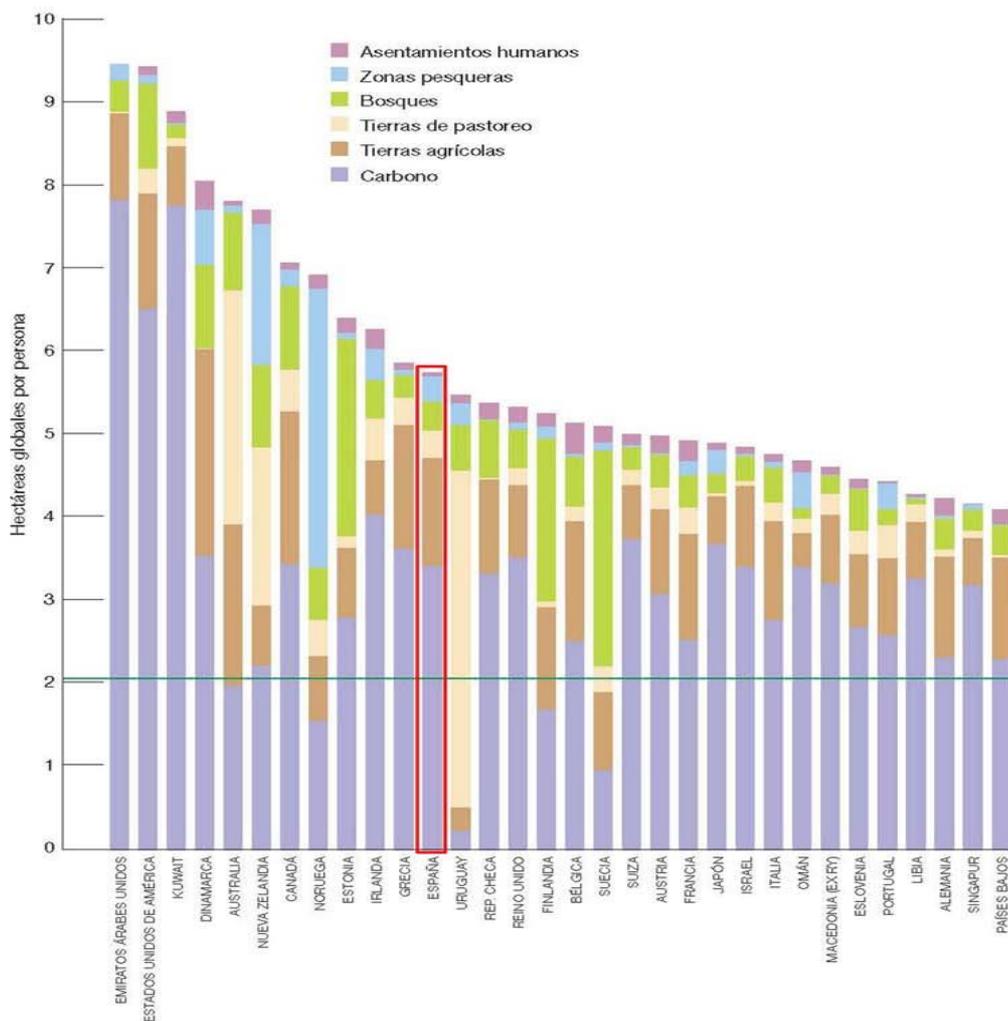


Figura 2.1 Principales factores de impacto en el mundo [WWF 2008].

La Huella Ecológica está compuesta de sub-huellas, siendo la más significativa, en función de su impacto directo en el cambio climático, la Huella de Carbono cuya participación en la Huella Ecológica alcanza casi el 50% como se puede observar en la figura 2.1 [WWF, 2008], lo que implica que no sólo es importante medirla sino conocerla en todas sus dimensiones. Sin embargo, pese a su aparente simplicidad y que ya es bastante conocida, ésta no ha sido todavía claramente definida lo que ha generado confusión respecto a lo que realmente significa, no habiendo consenso en su medición y alcance, tampoco con relación a la unidad en la cual es presentada [Wiedmann y Minx, 2007].

La figura 2.1 representa la Huella Ecológica (HE) por persona y por país en Hag (hectáreas globales). La Huella de España se sitúa entre las más altas, con un valor cercano a 6 Hag por persona y año, mientras que la HE mundial no llega a 3 Hag por persona. La biocapacidad o capacidad de carga del planeta se sitúa, para fecha de 2005, en 2,1 Hag por persona, lo que sitúa al Planeta Tierra en la fase de extralimitación.

A continuación, se definen los conceptos de Huella de Carbono (HdC) y Huella de Ecológica (HE), además del concepto de Huella hídrica, aunque este indicador no forma parte de este TFM, se hará una especial mención, con el fin de plantear una futura línea de investigación.

2.2 La de Huella de Carbono.

El concepto Huella de Carbono (En inglés Carbon Footprint) es la medida del impacto de todos los gases de efecto invernadero producidos por las actividades humanas (Extracción, fabricación, servicios,...) en el medio ambiente. Hace referencia a la cantidad en toneladas o kilos de dióxido de Carbono CO₂ equivalente de gases de efecto invernadero, producida en el día a día, generados a partir de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía, calefacción, transporte, fabricación entre otros procesos.

Su cálculo sigue los principios del Protocolo de emisiones de gases de efecto invernadero o la norma ISO 14064, incorporados en las metodologías disponibles.

ISO 14064 es una norma internacional conforme a la cual se verifican, voluntariamente los informes de gases de efecto invernadero. En paralelo con el nacimiento de esquemas reglamentados u obligatorios relativos al seguimiento, notificación y verificación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), las organizaciones están deseando realizar el seguimiento y reporte de sus emisiones de manera independiente a estos esquemas (conocida comúnmente como la Huella de Carbono de la organización). En respuesta a esta demanda y para proporcionar una norma internacional con la que dichos informes pueden ser verificados voluntariamente, se ha desarrollado la norma ISO 14064.

Esta norma esta estructurada en tres partes:

1. Detalla los principios y requisitos de la organización para el diseño, desarrollo, gestión y notificación de los niveles de inventario de GEI. Incluye los requisitos para la determinación de los límites, cuantificación de las emisiones y de la absorción, e identificación de acciones o actividades específicas de la organización encaminadas a mejorar su gestión de GEI. También incluye los requisitos y directrices sobre gestión de la calidad del inventario de GEI, presentación de informes, auditorías internas y responsabilidad de la organización en la verificación.
2. Se centra en proyectos de GEI o en proyectos específicamente diseñados para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero o incrementar las absorciones de GEI. Incluye los principios y los requisitos para la determinación de los escenarios de referencia del proyecto y para vigilar, cuantificar e informar sobre los resultados del proyecto en relación a los aspectos básicos, y proporciona las bases para que los proyectos de GEI sean validados y verificados.

3. Establece los principios, requisitos y guías para aquellos que realizan la validación y verificación de la información de GEI. En él se describe un proceso para proporcionar seguridad a los potenciales usuarios de una organización o de un proyecto de GEI, de que las afirmaciones son completas, exactas, coherentes, transparentes y sin discrepancias materiales.

Esta norma puede ser aplicada por cualquier organización que desee controlar e informar sobre sus emisiones de Carbono [ISO 14064].

Los límites de este indicador en las empresas, abarcan todas las operaciones y subsidiarias propias operadas por una organización y deben representar de forma fidedigna las emisiones de gases de efecto invernadero, incluyendo las derivadas de sus procesos esenciales. De acuerdo al Protocolo de gases de efecto invernadero, para definir los límites operacionales es necesario identificar las fuentes de emisiones a ser incluidas en la medida. El Protocolo3 (WBCSD & WRI, 2004) establece tres ámbitos de emisiones:

Ámbito 1: corresponde a las emisiones directas, desde fuentes propias o controladas por la empresa, como por ejemplo, las derivadas de la quema de combustibles o debidas a procesos químicos.

Ámbito 2: las emisiones indirectas, derivadas de la generación, por parte de terceros, de energía, calor o vapor (en este caso, es indirecta, aunque sea consecuencia de las actividades de la empresa, pero fueron generadas o son controladas por terceros).

Ámbito 3: otras emisiones indirectas que son consecuencia de las actividades de la organización que ocurren fuera de esta y no son controladas o generadas por ésta, como lo son los viajes, la gestión y disposición de residuos, la producción de insumos.

En el caso de la Huella de Carbono individual, se conformará por la suma de dos partes, la Huella primaria y la secundaria, marcadas en verde y amarillo respectivamente, en la figura 2.2, que da cuenta de los principales componentes de la Huella de Carbono de un habitante de países desarrollados.

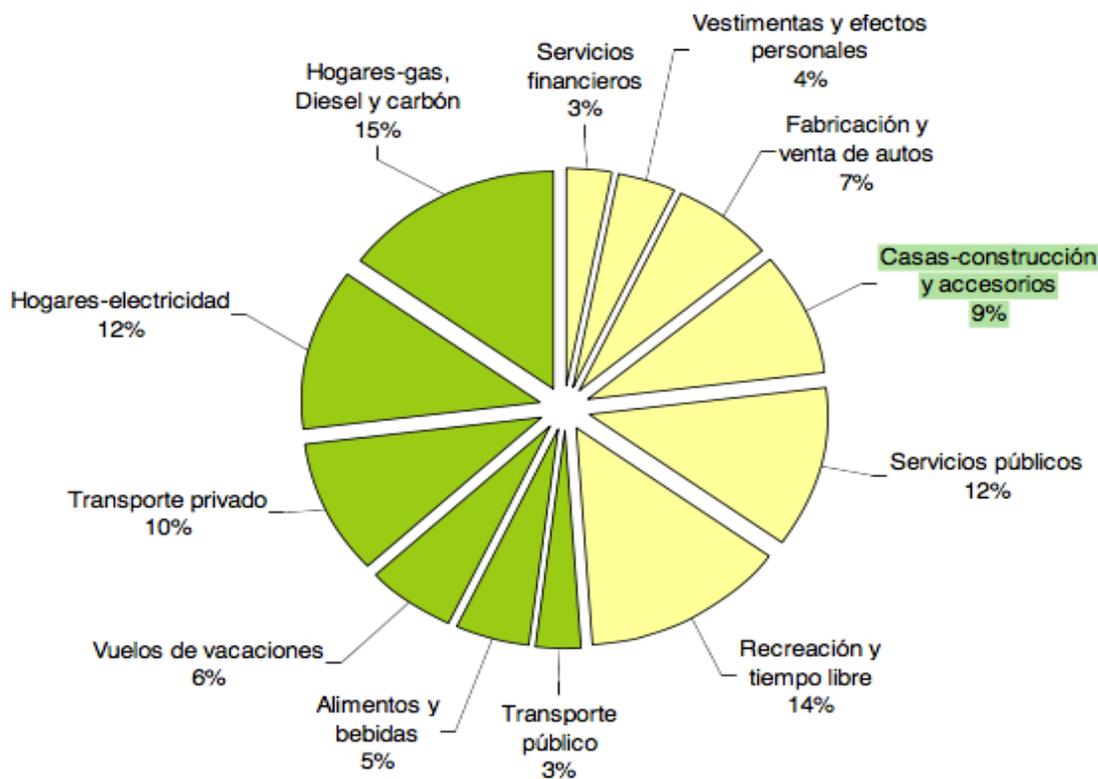


Figura 2.2 Componentes principales de la Huella de Carbono de un habitante en países desarrollados [según datos de www.carbonfootprint.com].

La **Huella primaria** es la medida de las emisiones directas de CO₂, a partir de la quema de combustibles fósiles, incluyendo el consumo doméstico de energía y transporte (ej. auto, avión, tren), sobre los cuales tenemos control directo.

La **Huella secundaria** es la medida de las emisiones indirectas de CO₂ de todo el ciclo de vida de los productos que consumimos, aquellos asociados con la manufactura y eventual descarte. Se refiere a las emisiones de CO₂ de los procesos productivos de los bienes y servicios que consumimos.

Si nos fijamos en la componente de la HdC de los materiales de construcción de la figura 2.2, esta corresponde al 9% de la Huella de un país desarrollado. Por tanto, el impacto de esta Huella está asociado a: la energía incorporada, las emisiones en los diferentes procesos de fabricación, el agotamiento de las fuentes finitas de materias primas, la acumulación de residuos de construcción en los vertederos, el transporte y los consumos en las diversas fases del proceso constructivo de las edificaciones.

También, se observa que, en el posterior uso de las edificaciones, se genera una importante Huella entorno al 12% debido al consumo de energía eléctrica en los hogares, y otro tanto por parte del consumo de otros combustibles de origen fósil.

Estos valores corresponden a una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, y específicamente de CO₂, debidos al consumo de combustibles fósiles y energía eléctrica en todas de las fases de las que se componen el uso de una edificación.

Por tanto, es de gran interés, analizar y optimizar estos consumos, buscando mejorar la eficiencia en los procesos, con el fin de reducir las emisiones de CO₂ y marcando un camino hacia la disminución de la Huella de Carbono en la edificación y los hogares.

Estos conceptos son de especial interés en las Regiones Ultraperiféricas (RUPs), debido a la gran dependencia de ciertos recursos, como son los combustibles fósiles, materiales y materias primas procedentes de otras regiones Europeas, además de contribuir a la sostenibilidad y la conservación medioambiental de estas regiones, que normalmente tienen un entorno muy sensible, como el caso de Canarias, que dispone de varias reservas de la biosfera.

El uso de materiales tradicionales y locales, conjuntamente con el desarrollo del uso de energía renovables, pueden contribuir a la reducción de la HdC, en especial en las RUPs.

2.3 La Huella Ecológica.

El concepto de Huella Ecológica mide la cantidad de agua y tierra biológicamente productiva necesaria para producir los recursos requeridos por un individuo o población para su consumo y para absorber sus residuos, utilizando la tecnología existente y gestión de recursos [Ewing et al. 2008]. Permite visualizar el alcance y el tipo de demanda que la humanidad está imponiendo en dichos sistemas.

Es decir, la Huella generada por una actividad cualquiera, se traduce en hectáreas equivalentes (HaEq) de terreno productivo para mantener los niveles de consumo, tratando de obtener un balance positivo, partiendo del concepto de biocapacidad del planeta. Sólo se incluye a tal concepto la superficie ecológicamente productiva para usos humanos, excluyendo, por ejemplo, los desiertos y polos. Se considera la superficie terrestre y marina que pueda soportar actividad fotosintética y la biomasa empleada por los humanos. No incluye áreas no productivas, áreas marginales con vegetación no distribuida homogéneamente, ni biomasa que no es usada por los humanos [Carballo et al, 2008b].

En la figura 2.3 se puede observar el desglose de la Huella Ecológica, en función de sus principales componentes. Se aprecia que la parte correspondiente al CO₂ constituye casi el 50% de la Huella Ecológica, y que a finales de los años 80, la biocapacidad del planeta ya empezaba a superarse.

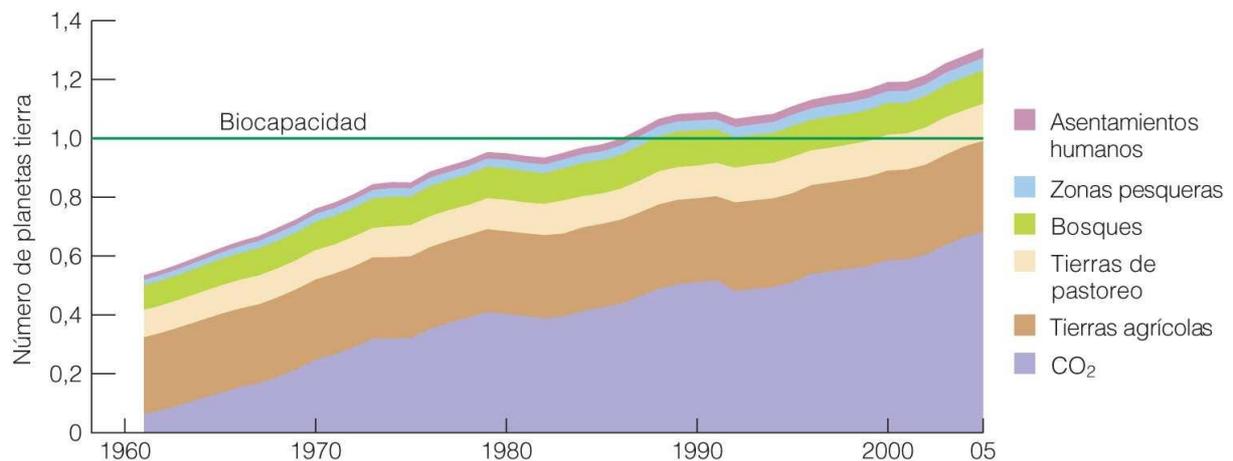


Figura 2.3 Huella Ecológica por componentes entre 1960 y 2015 [WWF, 2008]

En la figura 2.3, destaca que, entre los años 80 y 90 ya se ha superado la biocapacidad actual del planeta, y en 2005 casi se alcanza el valor de 1,5 planetas necesarios para soportar la capacidad de productiva de los humanos.

Para la evaluación de la Huella Ecológica, se consideran distintas sub-Huellas, empleándose comúnmente estas seis [Carballo et al, 2008b]:

- Cultivos: aquella superficie en la que los humanos desarrollan actividades agrícolas, suministrando productos como alimentos, fibra, aceites, entre otros.
- Pastos: área dedicada a pastos, de donde se obtienen determinados productos animales como carne, leche, cueros y lana.
- Bosques: la superficie ocupada por los bosques, de donde, principalmente se obtienen productos derivados de la madera, empleados en la producción de bienes, o también combustibles como leña.
- Mar: la superficie marítima biológicamente productiva aprovechada por los humanos para obtener pescado y mariscos.
- Superficie construida: área ocupada por edificios, embalses y otro tipo de infraestructura, por lo que no es biológicamente productiva.
- Energía: al área de bosque necesaria para absorber las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles.

Con el fin de recuperar un escenario sostenible en nuestro planeta, es necesario acortar los tiempos de recuperación, planteando estrategias que ayuden a acortar los tiempos de respuesta, mejorando la eficiencia de los procesos, apostar por el uso de fuentes y recursos renovables con la máxima eficiencia.

2.4 La Huella Hídrica.

Como mención especial en este capítulo, se tratará de manera informativa y a modo de definición el concepto de la Huella hídrica.

La Huella hídrica, es un concepto que define la proporción del uso del agua en relación al consumo de las personas. El concepto, ideado en 2002 por Arjen Hoekstra, considera el consumo total de agua, las características del clima y la eficiencia al utilizar este recurso [Hoekstra y Hung, 2002]. Es adoptada como un indicador de consumo cuya información complementa la tradicionalmente generada por los indicadores de uso de los sectores productivos.

La Huella hídrica de un país es el volumen total de agua utilizado globalmente para producir los bienes y servicios consumidos por sus habitantes. Incluye el agua sustraída de los ríos, lagos y acuíferos (aguas superficiales y subterráneas) para la agricultura, la industria y el uso doméstico, así como el agua de lluvia utilizada para los cultivos. Contempla además, el consumo doméstico y la importación de agua virtual del país, menos la exportación de su agua virtual. Es un indicador que permite conocer la demanda del país respecto a los recursos hídricos del planeta [WWF, 2008].

La Huella hídrica es análoga a la Huella ecológica. Mientras que esta última calcula el área total de espacio productivo requerido para producir los productos y servicios consumidos por una determinada población, la Huella hídrica calcula el volumen de agua necesario para producir los mismos bienes y servicios.

Está compuesta por tres tipos de uso del agua, conocidos como Huella hídrica azul, verde y gris. La Huella hídrica verde es el volumen de aguas pluviales almacenado en el suelo que se evapora de los campos de cultivos. La Huella hídrica azul es el volumen de agua dulce extraído de los cuerpos de agua, que es utilizado y no devuelto. Esta Huella está representada principalmente por la evaporación del agua de regadío de los campos de cultivo. La Huella hídrica gris es el volumen de agua contaminada como resultado de los procesos de producción. Se calcula como el volumen de agua requerido para diluir los contaminantes a tal concentración que la calidad del agua alcance estándares aceptables [WWF, 2008].

Asimismo, al tratarse muchas veces de un proceso industrial, la propia producción de agua, generará una HdC determinada en función del proceso utilizado para extraer, transportar, desalar o depurar estas aguas, Huella que puede ser muy importante en las RUPs, similares a Canarias, debido a la escases del recurso en los acuíferos naturales.

En Canarias alrededor del 25% de la electricidad producida se destina al ciclo integral del agua (desalación, bombeo, depuración), donde para desalar 1000 litros de agua es necesario 5 Kwh de electricidad, que corresponde a 1 kg de fuel, generando unos 3,5 kg de CO₂ emitidos a la atmosfera [ITC Canarias].

Aunque tradicionalmente en Canarias el consumo de agua de uso doméstico es menor que en la Península Ibérica, existen una serie de consumos en diversos procesos de producción que presentan una demanda similar a la media Europea, donde la mayor cantidad de consumo de este recurso es usado en el sector de la agricultura y la alimentación, el otro gran demandante es el sector industrial, donde se encuentra la producción de los materiales de construcción.

Consideramos que la Huella Hídrica, es un concepto que debe ganar más importancia en la sociedad, con el fin de lograr ciudades más sostenibles para el futuro, protegiendo el recurso, y haciendo un uso mas eficiente del mismo, que a su vez contribuye con la reducción de las emisiones de CO₂ generadas en los distintos procesos del ciclo integral del agua.

2.5 Porqué el Uso de un Indicador.

A la hora de introducir un parámetro de sostenibilidad, es necesario previamente definir su ámbito de aplicación. Es nuestro caso hablamos de una Región Ultraperiférica de Europa (RUPs), mas concretamente el caso de Canarias.

En todos los casos hay que tener en cuenta conceptos de desarrollo sostenible y sostenibilidad, teniendo en cuenta que; el desarrollo sostenible es un OBJETIVO, mientras las sostenibilidad es un PROCESO.

Es decir, que el proceso para alcanzar la sostenibilidad (ecológica, económica, social, cultural,...) desembocará en la realización del objetivo, obteniendo una economía sostenible, una sociedad sostenible, un medio ambiente sostenible, etc. El sistema, al introducir la sostenibilidad como forma de comportamiento, puede alcanzar el objetivo propuesto. [Edwards B, 2008] , existen tres perspectivas sobre el desarrollo sostenible, tal como se observa en la figura 2.4

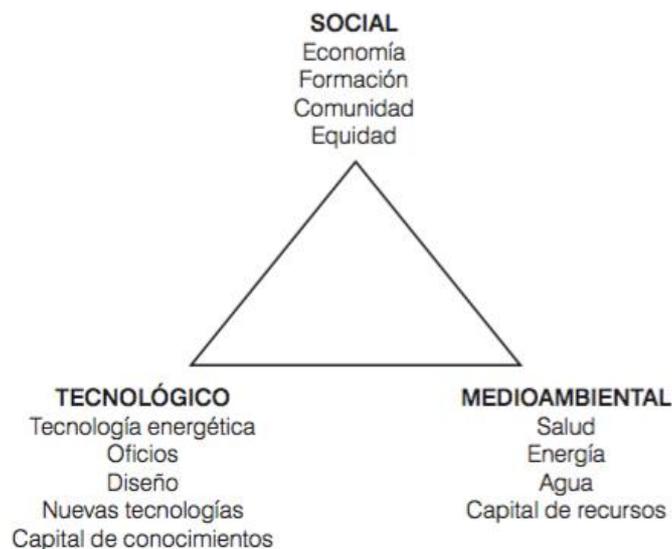


Figura 2.4 Las perspectivas del desarrollo sostenible. [Edwards B 2008]

Desde el punto de vista de la teoría de sistemas, una sociedad sostenible es aquella que cuenta con mecanismos informativos, sociales e institucionales que le permiten controlar los ciclos de realimentación positivos causantes del crecimiento exponencial de la población y el capital.

Un sistema sostenible debe serlo material y energéticamente, y lo hace en función de tasas de uso de fuentes y sumideros:

- La tasa de uso de recursos renovables no debe superar la tasa de regeneración de los mismos.
- La tasa de uso de recursos no renovables no debe superar la tasa de desarrollo de sustitutos renovables sostenibles de aquellos. [SEP]
- La tasa de emisión de contaminación no debe superar la capacidad de asimilación del medio ambiente.

Una sociedad sostenible no significa crecimiento cero. Una sociedad sostenible impulsa el desarrollo cualitativo, no la expansión física, utiliza el crecimiento material como un instrumento, no como un mandamiento a acatar. [SEP]

Hasta ahora, hemos observado que el objetivo está claro: conseguir el desarrollo sostenible. Sin embargo, no está tan claro como alcanzar dicho objetivo. Para ello necesitamos indicadores que nos guíen por la senda de la sostenibilidad y generen el proceso que nos debe conducir al mantenimiento de nuestro Planeta Tierra tal y como lo conocemos en la actualidad. [D.H Randers y Meadows, 2006]

En el caso de Canarias, donde actualmente existe una dependencia casi total de combustibles fósiles y de productos procedentes de la Península y Europa, sumado a la necesidad de protección del entorno, es de gran importancia determinar una estrategia que contribuya a mejorar la sostenibilidad en las Islas, apostando por el uso de energías renovables, y reduciendo la dependencia de productos importados, frente a los productos de origen local.

2.6 Cuantificación de la HdC

Como ya se ha indicado con anterioridad, el concepto de la Huella de Carbono pasa por varias definiciones, según los diferentes autores, y que muchos no logran ponerse de acuerdo con una metodología definida, por lo que han surgido diversas interpretaciones de este indicador. Algunos estudios optan por incluir en la HdC otros gases de efecto invernadero [Dómenech 2004], mientras que otros prefieren limitarse exclusivamente en un único gas, el CO₂. Por otro lado los gases de efecto invernadero (GEI) considerados en el protocolo de Kioto son: dióxido de Carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarburo (HFC), hidrocarburos perfluorados (PFC), y hexafluoruro de azufre (SF₆).

Esto no significa que no haya otros gases contaminantes, pero estos son los criterios actuales; incluso hay criterios de cálculo que no consideran todos estos gases, y esto es también parte del debate.

Para nuestra evaluación, nos vamos a basar en metodologías que utilizan como principal indicador las emisiones de CO₂ emitidas en los diversos procesos de producción, transporte y servicios.

Recordemos algunas definiciones de HdC como: *“la demanda de biocapacidad precisa para secuestrar, mediante fotosíntesis las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles fósiles”* [GFN, 2006].

“las emisiones totales de gases de efecto invernadero en toneladas equivalentes de un producto a lo largo de su ciclo de vida desde la producción de las materias primas empleadas en su producción, incluso la eliminación del producto acabado” [CT, 2007].

Para la aplicación de la HdC a los diversos procesos de producción y servicios, algunos estudios recomiendan que la HdC de bienes y servicios se limite a la estimación de las emisiones directas realizadas por la empresa que los produce. En otros casos, se consideran también las generadas indirectamente, considerando las emisiones producidas en la cadena de proveedores de los que se abastece la empresa para obtener sus insumos [Wiedmann y Minx, 2008].

Como se mencionó, uno de los principales obstáculos para avanzar en la implantación de la HdC como parámetro de medición del nivel de contaminación de un proceso productivo, de un producto o de un servicio, es la incertidumbre respecto a su cálculo y la discusión sobre los factores que deben considerarse en su determinación.

Las diversas interpretaciones del concepto de HdC ha llevado al desarrollo de metodologías de cálculo muy diferentes, situación que genera una excesiva controversia frente a un índice que ya goza de bastante popularidad [Carballo et al., 2009]. Algunos autores sostienen que una “Huella”, por el significado del concepto, debe abarcar todos los efectos que deja tras de sí una actividad.

En el caso de una HdC, debe incluir todas las emisiones de gases de efecto invernadero que se pueden asociar directa e indirectamente con una actividad, y por lo tanto el análisis debe abarcar todo el ciclo de vida de un producto o servicio, desde las materias primas e insumos hasta el producto o servicio final. Metodológicamente, esta perspectiva de “*todo el ciclo de vida*” se ha abordado desde dos direcciones: enfoque de arriba hacia abajo o enfoque corporativo (*top-down*) y enfoque de abajo hacia arriba o enfoque de producto (*bottom-up*). El enfoque de arriba hacia abajo parte desde una visión global de una organización, para la obtención de una o más magnitudes específicas de HdC.

El enfoque de abajo hacia arriba realiza un análisis específico de la magnitud de las unidades constituyentes de una organización, evento o proceso y va agregando magnitudes parciales, para obtener una magnitud global de HdC para la unidad en estudio, generalmente un producto o un servicio [Wiedmann 2009, Minx 2010].

2.7. Referencias Bibliográficas del Capítulo 2.

[HCe, 2014] Proyecto para la Huella de Carbono en la edificación Ministerio de agricultura, alimentación y medioambiente.

[John Wiley & son, 2104] Green building ilustrated,

[Rees W.,1996], Revisiting Carrying Capacity: Area-Based Indicators of Sustainability. Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies Volume 17, Number 3, January. Human Sciences Press, Inc. ^[1]_[SEP]

[Wackernagel, M. y W. Rees, 1995], Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, BC and Philadelphia, PA: New Society Publishers. ^[1]_[SEP]

[Wiedmann, T. y Jan Minx 2007], A Definition of ‘Carbon Footprint’. ISA Reino Unido Research Report. 07- 01. ISA Reino Unido Research & Consulting. ^[1]_[SEP]

[Carballo P., 2008] A., Juan Luis Doménech Quesada, María do Carme García-Negro, Carlos Sebastián Villasante, Gonzalo Rodríguez Rodríguez, Mónica González-Arenales, abril, mayo, junio de 2008(a), Análisis comparativo de la Huella ecológica de dos empresas del sector pesquero gallego. Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social. Revista académica, editada y mantenida por el Grupo EUMED.NET de la Universidad de Málaga. Año 1, No 4 .

[WRI, 2004], World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) & World Resources Institute The Greenhouse Gas Protocol A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition.

En <http://www.ghgprotocol.org/files/ghg-protocol-revised.pdf> ^[1]_[SEP]

[Hoekstra. A. Y. y A. K. 2007], Chapagain. Water Footprints of Nations: Water Use by People as a Function of Their Consumption Pattern. Water Resource Manage 21:35–48.

[WWF, 2008], World Wildlife Fund Informe Planeta Vivo. En línea
http://assets.panda.org/downloads/lpr_2008_span_lo_res.pdf

[Edwards B., 2008]. Guía Básica de la Sostenibilidad. Gustavo Gili. Barcelona, España.

[Meadows D.H., Randers J., Meadows D.L., 2006]. Los Límites del Crecimiento 30 Años después. Galaxia Gutenberg. Barcelona, España. [SEP]

[L]

[Dómenech, 2014] J.L. Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible. Puertos, 114, 26-31.

[CT, 2007] Carbon Trust. Carbon footprint measuring methodology. The Carbon Trust. Londres, UK.

(GFN, 2006). Global Footprint Network Ecological. Footprint and biocapacity. Technical notes: 2006 edition, Oakland, CA, USA.

[Pandey, 2010] D. M. Agrawal y J. Pandey. Carbon footprint: current methods of estimation. Environmental Monitoring and Assessment, 178(1-4), 135-160.

[DELOS, 2009] Desarrollo Local Sostenible, vol 2, Nº 5.

3. Metodología.

La normativa actual exige que se estimen las emisiones asociadas a la fase de uso de las edificaciones, mediante la aplicación de un certificado de eficiencia energética, que viene descrito y especificado en el Código Técnico de la Edificación (CTE). Éste, informa sobre el consumo energético previsto en los edificios y por tanto las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asignables a dicha etapa.

Este tipo de informes y certificados son realizados mediante herramientas y aplicaciones informáticas como CALENER, CE3C-X, entre otras, que permiten hacer una estimación de estas emisiones.

Sin embargo, no se conocen las emisiones de las fases previas a la fase de ocupación y uso del edificio construido, por lo que en este capítulo, pretendemos analizar y evaluar la metodología existente a la hora de determinar el concepto de la Huella de Carbono (HdC) en la fase de construcción de una edificación.

Como ya veremos más adelante, en una edificación podemos describir tres fases, de las cuales podríamos medir su influencia en la emisiones y su correspondiente Huella de Carbono, describimos entonces las fases como:

- Fase de Construcción, incluyendo aquí su correspondiente fase de planeación y proyecto.
- Fase de mantenimiento, corresponde a la fase de ocupación y uso de la edificación, y sus correspondientes reformas de mantenimiento. En esta fase los consumos serán principalmente asociados al consumo eléctrico por parte de los ocupantes de la edificación y sus labores de mantenimiento.
- Fase de demolición, corresponde a las actuaciones necesarias para la demolición del edificio, se deberán tener en cuenta los consumos asociados a la maquinaria necesaria para las tareas de demolición, así como la gestión de residuos generados en esta fase.

Según la metodología de cálculo de la Huella de Carbono, que hemos decidido abordar, y siendo aplicable a cualquiera de las fases de edificación, el primer paso es conocer todos los consumos de: materiales, energía y residuos que intervienen en el proceso que se está desarrollando.

En este caso, debemos analizar todas las componentes de consumo que estén contenidas en la actividad durante la fase de construcción de la edificación, siguiendo un proceso, digamos contable, de las Huellas que aparecen en cada uno de los procesos, ya sea de manera directa o indirecta. [MC3 DELOS, 2009]

El consumo total de energía y materiales manufacturados, o presentados de forma primaria, podremos definirlos como consumos directos. Dichos consumos estarán formados por tres componentes: la producción de materiales y energía, en primer lugar, en segundo lugar, las importaciones de materiales y energía y, por

último, las exportaciones de los materiales o de energía que se produzcan en el país de origen. Este último apartado contabilizará de forma negativa sobre el total de los consumos.

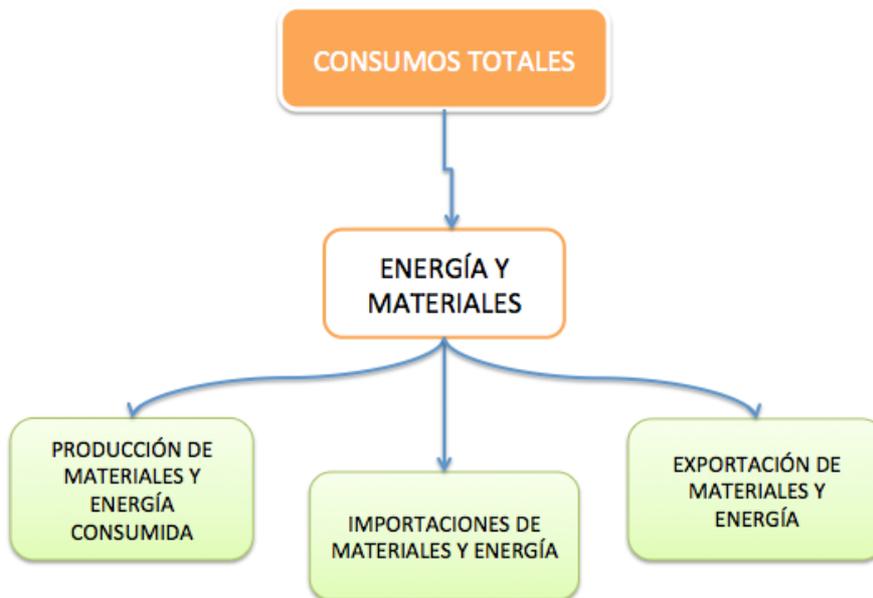


Figura 3.1 Esquema de los principales componentes de consumo.

Igualmente en el caso de Canarias, hemos añadido un factor fundamental en casi toda la economía local, y se trata de la alta dependencia de materiales y materias primas procedentes de importaciones, ya sean del mercado nacional, Europeo o del resto del mundo, tal como podemos ver en la figura 3.2.

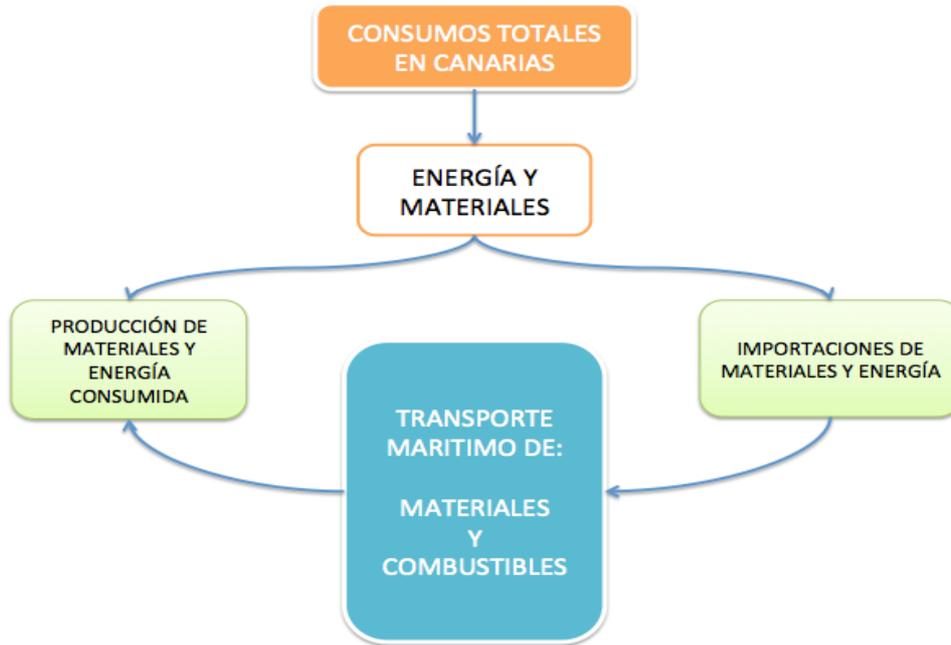


Figura 3.2 Esquema de los componentes de consumo en el caso de Canarias.

Considerando que el transporte de todas estas importaciones se hace por medios marítimos, debemos añadir a nuestra cuenta la HdC correspondiente a ese transporte, pues será un valor añadido al cálculo final de la HdC en esta evaluación.

3.1. Propuesta de Evaluación.

En el estado del conocimiento hemos sentado las bases para conocer la Huella de Carbono HdC, definiendo como indicador la capacidad de absorción de CO₂ de la superficie de bosque necesaria para la absorción de dichas emisiones, debidas al consumo de combustibles fósiles para la producción de energía. Dentro de esta categoría de territorio se contabilizan los consumos en la producción de bienes y servicios, consumos en fase de construcción y transportes, entre otros.

En este capítulo se pretende establecer unas bases metodológicas para el desarrollo de la evaluación de la HdC en Canarias como Región Ultraperiférica de Europa (RUP), centrándonos en las cuestiones de cálculo de los diversos consumos de energía, en el sector de la construcción de edificaciones.

Con el fin de evaluar la Huella de Carbono en el sector de la edificación en Canarias, se pretende utilizar y adaptar una serie de metodologías existentes, desarrolladas por diversos autores, [Doménech Quesada, Carballo, IDAE y otros], que determinan una serie de métodos basados en el análisis de todos los factores y componentes que interviene en los procesos de producción y consumo de energía.

Además, se tendrán en cuenta, la determinación de una serie de factores de corrección, basados en métodos de producción, rendimientos y demás factores que intervengan en el proceso, como pueden ser: medioambientales, logísticos, incluso socio económicos y culturales, con el fin obtener los parámetros determinantes a la hora de obtener el cálculo de la HdC en cualquier sector de producción.

Partiendo de la complejidad existente en las diversas fases en que se dividen estos procesos, tal como indica la figura 3.3, nos centraremos únicamente en el análisis de la HdC en fase de construcción.

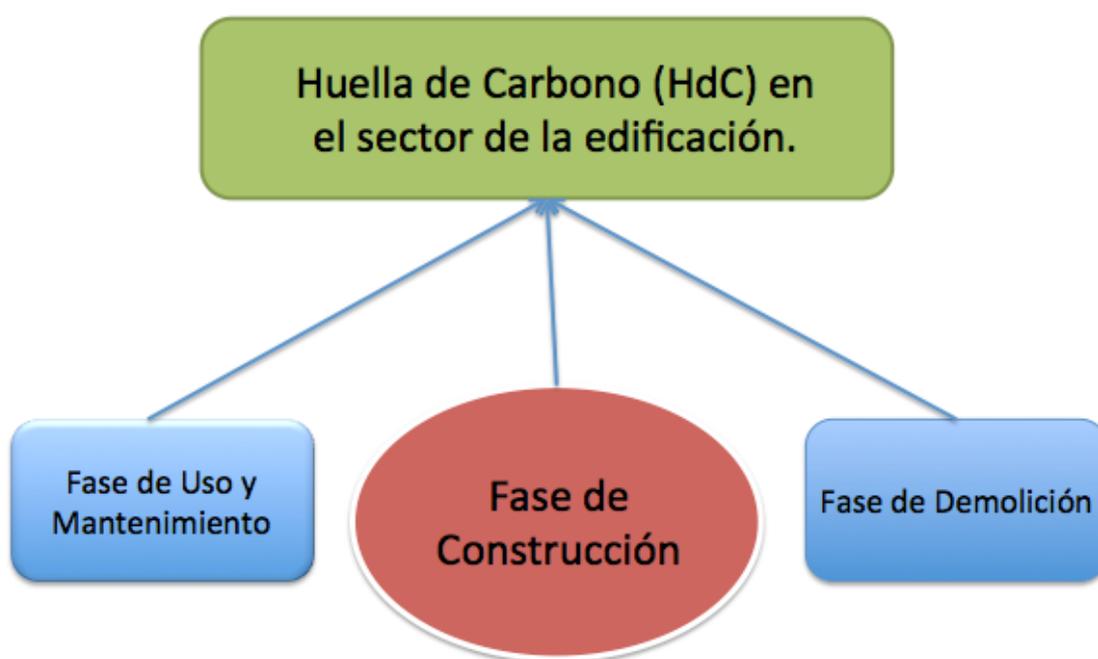


Figura 3.3 Fases que componen el sector de la edificación.

Aunque en el presente documento solo nos centraremos en la fase de construcción, analizaremos brevemente los consumos y factores que intervienen en las dos fases restantes.

Durante la fase de uso y mantenimiento, los consumos de energía, son básicamente los que corresponden al consumo eléctrico, calefacción y aire acondicionado, recordemos que estos últimos, en el caso de Canarias, suelen ser mínimos o nulos, pues dadas las condiciones climáticas de la mayoría de las Islas, no es necesario disponer de este tipo de instalaciones como en las zonas continentales.

Estos consumos dependerán en gran medida de los hábitos de consumo de los usuarios y la eficiencia de los sistemas que estos tengan instalados.

En la fase de demolición, el consumo es básicamente el asociado al uso de maquinaria para efectuar la demolición de las edificaciones una vez estas hayan cumplido con su vida útil, además de los correspondientes al transporte y tratamiento o reciclado de los residuos generados por la demolición del edificio.

Cabe destacar que el aprovechamiento o valorización de algunos de estos residuos, reducirían un tanto por ciento la Huella de Carbono de esta fase. Para establecer una metodología de evaluación, debemos definir las fuentes de impacto o emisiones de CO₂ en el sector de la edificación, ya que todas ellas serán generadoras de impacto sobre el entorno. Sin olvidarnos el valor añadido que debemos considerar por el transporte de la mayoría de materiales y materias primas que intervienen en la fase de construcción de la edificaciones en Canarias.

3.1.1 Consumos de la Fase Constructiva.

A la hora de evaluar la HdC en fase de construcción de edificaciones, debemos partir de una serie de consumos e impactos que componen la fase constructiva como tal, que generaran a su vez una Huella parcial en cada una de las fases de la obra.

Primeramente, es importante definir los siguientes consumos e impactos, que serán la parte superior del diagrama de evaluación de la HdC según la figura 3.4, y esta se compone de:

- Consumos directos: corresponden a aquellos que emplean recursos directos en la obra, a través de consumo de energía o de agua.
- Consumos indirectos: estos provocan el empleo de forma indirecta de recursos de otros previos, como son los materiales de construcción utilizados y la mano de obra que interviene en cada una de las etapas.

En el caso de los materiales, la Huella generada por estos, corresponde a varios factores que vienen desde la extracción de la materia prima, procesos de fabricación, transporte a obra (en nuestro caso importación y transporte de éstos desde el lugar de origen), todos estos factores los podemos traducir en la cantidad de energía primaria y sus correspondientes emisiones de CO₂ generadas en todo el proceso.

Por parte de la mano de obra, también se pueden considerar una serie de factores, como el consumo de alimentos por parte de los operarios y el transporte de estos hasta la obra.

- Generación de residuos: otro de los factores de impacto que se generan en la fase de construcción es la generación de todo tipo de residuos en la fase de construcción, desde los embalajes de los materiales, restos no utilizados he incluso las demoliciones parciales en las obras para alojar instalaciones o corregir errores cometidos.

- Superficie ocupada: el territorio ocupado por la propia obra genera un impacto por el consumo del espacio, generando una Huella en si mismo.

Dentro de todas estas fuentes de impacto, existen una serie de elementos intermedios que generan su propia Huella, que en función a una serie de coeficientes conforman la Huella final de cada una de la fuentes, y la Huella de Carbono (HdC) global generada por la edificación en fase de construcción. Tal como veremos en las figuras 3.4 a 3.6.

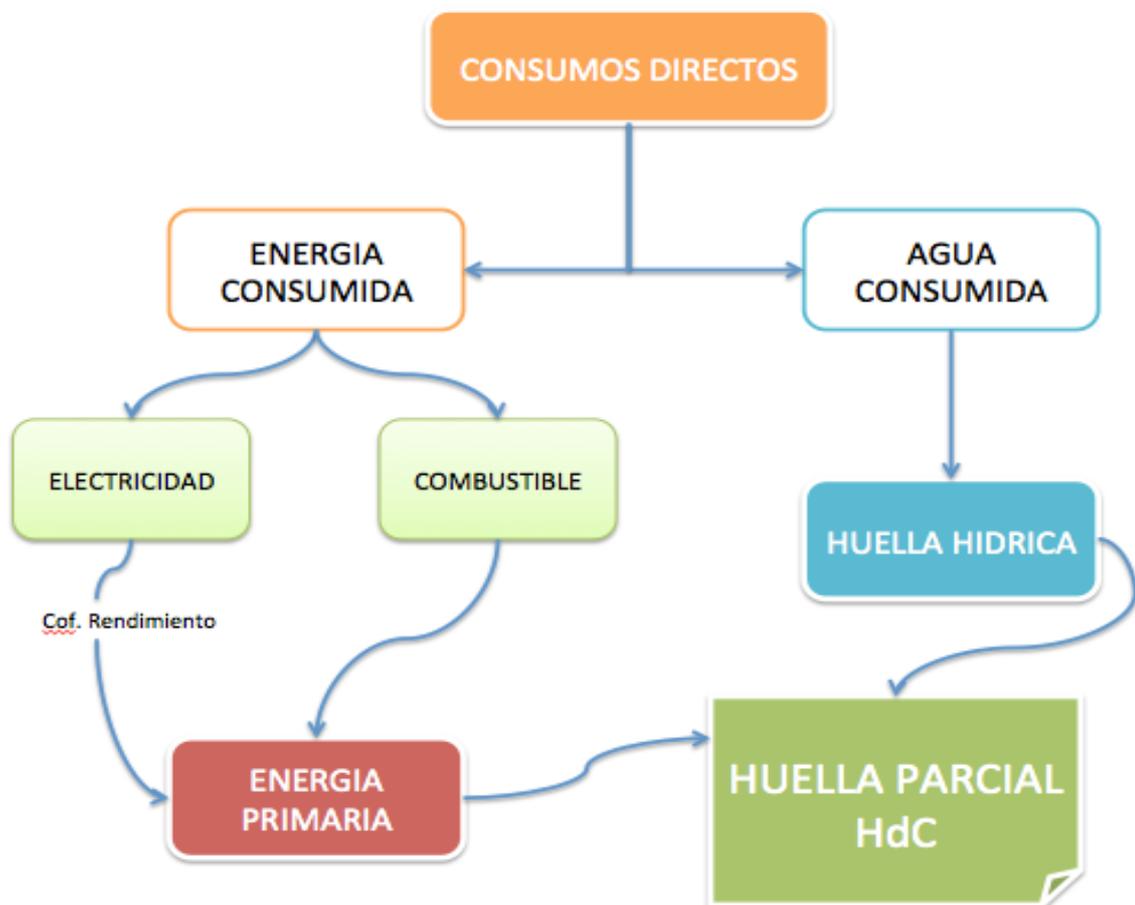


Figura 3.4 Composición de los consumos directos.

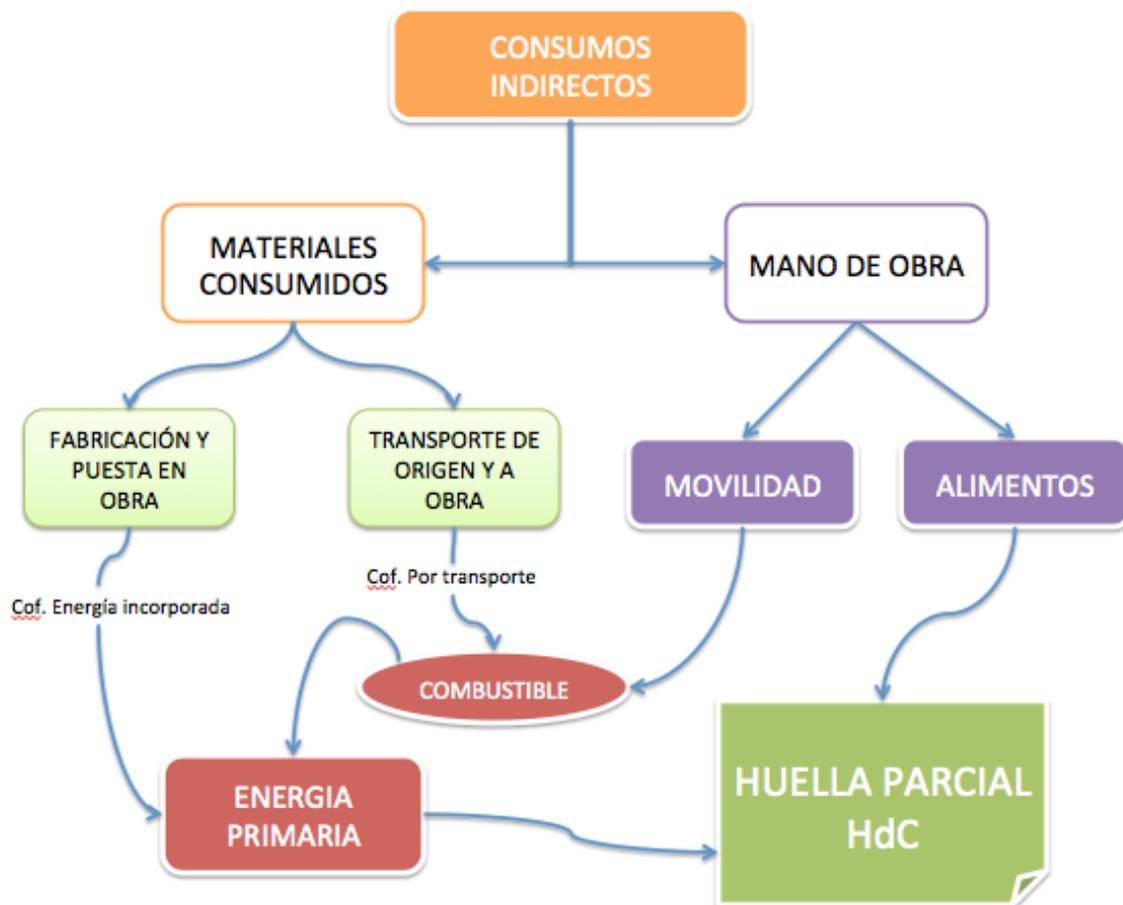


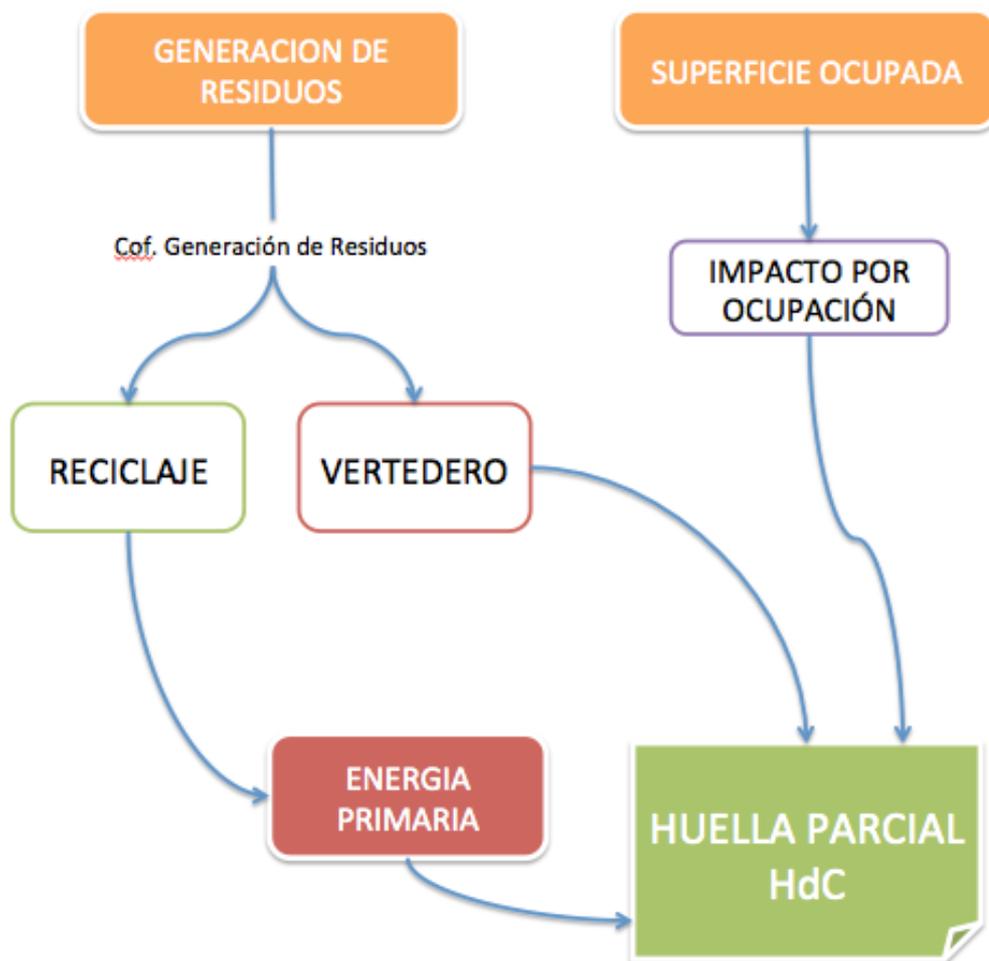
Figura 3.5 Composición de los consumos indirectos.

En la figura 3.5, correspondiente a los consumos indirectos, vemos los distintos componentes, que son de carácter importante en nuestra evaluación. En los consumos correspondientes a los materiales utilizados en las edificaciones, donde tenemos por un lado la Huella generada por la propia fabricación en origen, proceso que debe incluir análisis del ciclo de vida completo de cada uno de los materiales desde la cuna a la obra, (incluso de la cuna a la tumba si se considerara la posterior demolición de la edificación después de su vida útil, considerando incluso el reciclaje o aprovechamiento de parte de los recursos generados) y por otro lado la parte correspondiente al transporte de todos estos materiales desde su origen, en el caso de Canarias, sabemos que la mayoría de estos son procedentes de importaciones desde la Península, Europa y el resto del mundo.

Dada la lejanía de las regiones ultraperiféricas, en función del coeficiente que afecte este transporte, se verá afectado en gran medida este factor, si los comparamos con las regiones continentales, pues las emisiones de CO₂ generadas en el transporte serán mayores, influyendo así en la HdC de cualquier edificación realizada en las RUPs. Más adelante, en la evaluación del transporte, se analizarán las cadenas de transporte intermodal, desde Europa y España, y la importancia del transporte marítimo para las RUPs.

En el caso de la mano de obra, se puede considerar, o no, la parte correspondiente a la alimentación de los operarios de obra, pues la Huella generada por estos no debería ser computable en su totalidad a la obra en si, sino que estará considerada dentro de la Huella generada por un individuo medio según las características de la sociedad.

En esta evaluación no tendremos en cuenta la HdC de la mano de obra, además puede resultar un análisis muy complejo, dado a la cantidad de variables y diversos comportamientos de los individuos, se podría estimar un tanto por ciento de la Huella asociada a la alimentación de una población, ponderable al sector de la construcción.



3.6 Generación de Residuos y Ocupación.

Figura

Como hemos visto en las figuras 3.4,3.5 y 3.6, cada uno de los grupos en los que hemos dividido los diferentes impactos que se generan en la fase de construcción de una edificación, generan una Huella derivada de sus actividades, en función de la emisiones de CO₂ que en estas se emitan, sumando estos parciales obtendremos el total de las emisiones generadas en la fase construcción de una edificación y su correspondiente Huella de Carbono.

Una vez definidos todos los impactos que se pueden generar, plantearemos un caso de evaluación de la fase de construcción de una edificación con diversas características, situaciones y tipologías, de las habitualmente construidas en Canarias.

3.2. Evaluación de la HdC en Fase de Construcción.

Para la evaluación práctica de esta fase, se seguirá la siguiente secuencia:

1. Evaluación de consumos de materiales y energéticos, en la fase de construcción de edificaciones en las Islas Canarias. Esta evaluación debe incluir: todos los consumos de recursos y materiales empleados en la fase de construcción, energía consumida en la obra, plan de movilidad de los operarios que intervienen en ella, además de la energía o combustible consumido al transportar y reciclar los residuos generados en las obras.
2. Evaluación de los consumos energéticos vinculados al suministro de agua a la obra, consumos por bombeos, incluso el transporte por medio de cubas móviles. (no se tendrá en cuenta la Huella hídrica en este TFM).
3. La evaluación de los recursos energéticos por parte de la mano de obra empleada en la construcción.
4. Análisis y evaluación de los coeficientes de transformación correspondientes a las distintas unidades de la obra que dependan de algún tipo de consumo de energía o recurso.
5. Obtención de las Huellas parciales, según las emisiones de CO₂ generadas en la fase de construcción del edificio.
6. Obtención de la Huella de Carbono (HdC) generada en la fase de construcción de la edificación evaluada.

3.2.1. Consumos Directos.

Definimos como consumos directos, aquellos que emplean recursos directos en la obra, a través de consumo de energía o de agua consumida, aunque sólo nos centraremos en los consumos de energía directos, dejando el consumo del agua para una futura investigación.

3.2.1.1. Energía.

Como habíamos visto en la figura 3.4, correspondiente a los consumos directos en fase de construcción, diferenciamos dos tipos de energía consumida en la obra: electricidad y combustible. A continuación se hará un análisis de estos consumos en función de los impactos y la emisiones que estas generan según la unidad de aplicación.

Teniendo en cuenta que el mayor consumo de energía en la fase de construcción de una edificación es la eléctrica, el consumo de esta será el más relevante. Por el contrario, en el caso de grandes obras lineales, con un alto uso de maquinaria de construcción donde el mayor consumo corresponde al combustible utilizado en la maquinaria de movimiento de tierras, transporte, grupos electrógenos, entre otros.

Por tanto, es necesario conocer la procedencia de la energía eléctrica utilizada, para determinar así su correspondiente HdC. Tengamos en cuenta la situación particular de las Islas Canarias, donde existe una dependencia casi total de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, aun existiendo un gran recurso de energías renovables, como son la fotovoltaica y eólica, cuyo impacto es mucho menor, respecto a otros territorios donde existen alternativas como las hidroeléctricas o centrales nucleares.

Veamos en la figura 3.7 y la tabla 3.1 el origen de la energía primaria utilizada para la generación de energía eléctrica en España y en Canarias.

Tipo de Generación	Porcentaje 2013	Porcentaje 2014
Prod. Petrolíferos	93,13	92,47
Renovables	6,87	7,53

Tabla 3.1 Producción eléctrica (por combustibles) en Canarias. [datos la energía en España 2014]

Antes de analizar el origen de la energía primaria para la generación de energía eléctrica, observamos la gran dependencia de los productos petrolíferos en Canarias y una pequeña cantidad de energía generada a partir de las energías renovables, básicamente la eólica y fotovoltaica.

Sin embargo, en el territorio peninsular, se utilizan diversas fuentes para la generación eléctrica, donde podemos destacar el uso del gas natural y un ligero aumento de las energías renovables.



Figura 3.7 Estructura de Generación por fuentes energéticas en España. [Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020] IDAE 2011.

Analizando los rendimientos de la producción en las centrales para la generación de electricidad a partir de la energía primaria, si tomamos los rendimientos las principales fuentes de generación como son el carbón, el petróleo y el gas natural obtenidas en el plan de energías renovables [PER] del IDAE, tenemos:

- Carbón 36,1%
- Petróleo 35,5 %
- Gas natural con ciclo combinado 54 %

En nuestra evaluación, y con el fin de simplificar los datos, se considerará la relación que existe entre la energía primaria empleada para producir electricidad y la energía eléctrica la siguiente:

- $3 \cdot \text{Energía Primaria} = \text{Energía Eléctrica}$

Lo que implica que por cada unidad de energía primaria, la energía eléctrica generada es de 1/3, lo significa un rendimiento del 33%, aplicable a las principales fuentes de origen de generación de energía eléctrica.

Para la energía cuya fuente de origen es renovable, se considera un factor de eficiencia igual 1, es decir que el rendimiento es del 100%.

En el caso del consumo de energía en las obras de construcción en Canarias, debemos considerar que el petróleo que se emplea es tanto para la generación de electricidad como para el transporte. Sin embargo, solo vamos a considerar inicialmente el uso de este para la generación de electricidad con un rendimiento del 30%. Más adelante veremos la evaluación del consumo de combustible en los transportes.

Para concluir, veamos los consumos finales de energía en España año 2014, y los consumos de energía final por sectores en la figura 3.6 y tabla 3.2. [La Energía en España 2014]

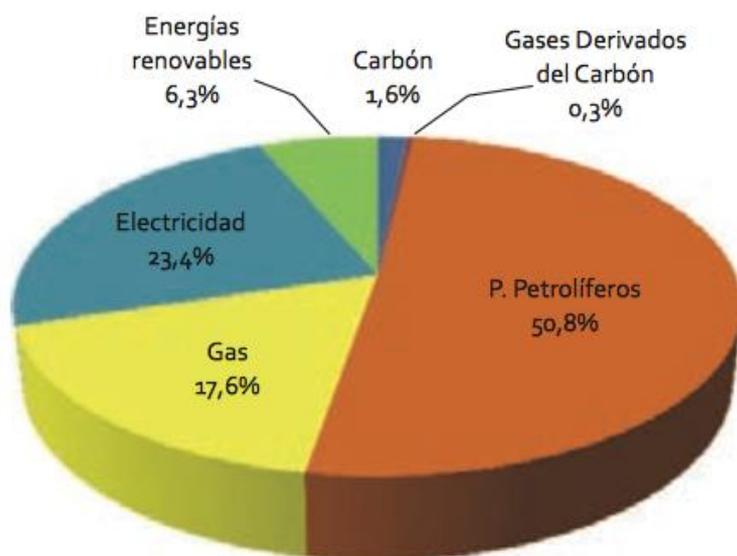


Figura 3.8 Consumos finales de la energía en España 2014. [Fuente SEE]

Sectores	Porcentaje
Transporte	41
Industria	31
Hogar	19
Servicios	6
Agricultura	3

Tabla 3.2 Consumo energético final por sectores. [La energía en España 2014]

Si analizamos la tabla 3,2 vemos que gran parte del consumo energético corresponde al transporte y la industria, y una parte de estos corresponden a nuestro sector, donde son habituales los transportes de materiales y personal, además de los consumos de la maquinaria utilizada en obra durante el proceso constructivo. Por esto, es importante conocer estos valores a la hora de hacer una evaluación profunda y real de la Huella por el consumo energético en la fase de construcción de las edificaciones.

Podemos destacar, en las figuras 3.9 y 3.10, la distribución de combustible para la generación de energía eléctrica en el sistema Canario. Vemos la dependencia casi total de los combustibles derivados del petróleo para la generación de energía eléctrica.

Esta situación es similar en muchas de las RUPs Europeas, por lo que se demanda la mejora de los sistemas eléctricos, incorporando el uso de energía de origen renovable.

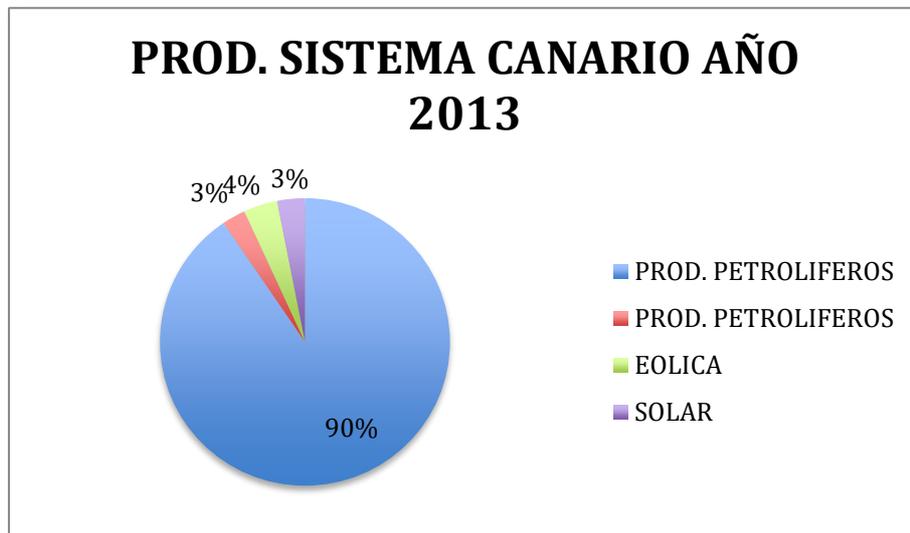


Figura 3.9 Producción de energía por combustible en Canarias [Datos SEE]

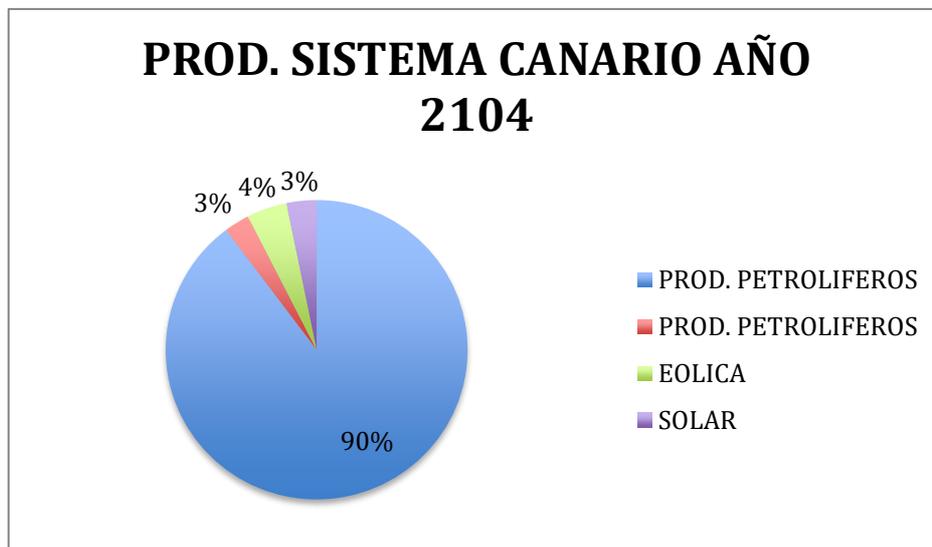


Figura 3.10 Producción de energía por combustible en Canarias [Datos SEE]

3.2.1.2. Factores de Absorción.

Como habíamos visto en el capítulo 2 (Estado del conocimiento), muchos autores relacionan las emisiones de CO₂ y la Huella de Carbono en las hectáreas de bosque necesarias para que estas sean absorbidas, es decir el territorio equivalente necesario para la absorción del CO₂ de una actividad o proceso determinado.

Inicialmente, estos autores estimaron un factor de absorción de 1,8 toneladas de Carbono (C) por hectárea y año, y un tiempo de maduración forestal de 50 a 80 años. Luego, utilizando estimaciones del Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) para la productividad forestal y asumiendo un tiempo de maduración forestal (ciclo de cosecha) de 40 años, se fijó la media de absorción en 1,42 t C/ha y año (absorción media mundial) ó 5,21 t CO₂/ ha y año, siendo este valor utilizado en la evaluación del presente TFM.

Sin embargo, varios estudios demuestran que las especies como el eucalipto y pino tienen una tasa de fijación que ronda las 25 t CO₂/ ha y año, siendo estas las especies más comunes en España y Canarias. Pero si consideramos que en nuestra evaluación se centra en edificaciones, deberíamos considerar la absorción de la vegetación urbana, en lugar de utilizar los factores de absorción de los bosques.

Por tanto, es importante disponer de un ecosistema urbano arbolado, ya que podemos mejorar la capacidad de absorción de CO₂ en las ciudades, incluso poder determinar las especies que mejor capacidad de fijación de CO₂ según las condiciones climáticas y particulares del entorno. En la tabla 3.3 se recogen una serie de arbustos y arbolado urbano de los más comunes en las ciudades españolas.

Ahora veamos la productividad de las energías fósiles, y las correspondientes emisiones de CO₂ y absorción de los mismos.

Para calcular la productividad de las fuentes de energía fósiles, conociendo los factores de emisión y absorción, se empleará la siguiente fórmula:

$$Productividad\ combustible\ fosil = \frac{Factor\ de\ absorcion}{Factor\ de\ emisión}$$

En el caso de combustibles líquidos derivados del petróleo, el factor de emisión es de 20kg C/ GJ. Considerando en los cálculos un factor de absorción de 1,42 tC/ha y año, obteniendo una productividad energética de:

$$\frac{1,42}{0,020} = 71\ GJ/ha\ y\ año$$

Es decir, 1 ha de bosque puede secuestrar anualmente las emisiones de CO₂ generadas por el consumo de 71 GJ de combustible líquido. En la tabla 3.4 se recogen los factores de emisión de las principales fuentes de energía.

Arbolado y Arbustos urbanos	CO ₂ neto secuestrado (kg CO ₂ /ha y año)
Acacia	802
Álamo	498
Laurel	384
Naranja	555
Olmo	762
Palmera Canaria	185
Plátano de Sombra	478

Tabla 3.3 Factores de absorción del arbolado urbano.

Fuente de Energía	Factor de Emisión (kg C/ GJ)	Factor de Emisión (kg CO ₂ /GJ)	Productividad Energética (GJ/ha)
Carbón	26	95,3	55
Petróleo	20	73,3	71
Gas Natural	15,3	56,1	93

Tabla 3.4 Factores de productividad energética.

Recordemos que los únicos combustibles que emiten CO₂ y gases de efecto invernadero son los de origen fósil, ya que el resto de fuentes como son la hidráulica, renovables etc. no emiten emisiones a la atmósfera.

Por tanto, el uso de energía de origen renovable, influiría positivamente en la reducción de la HdC de todos los procesos al reducir el consumo de combustibles fósiles y disminuyendo a su vez las emisiones de gases como el CO₂.

La tabla 3.5 muestra los valores de emisión en kg CO₂/kWh consumido de energía primaria.

Factores de emisión de CO ₂	Kg CO ₂ /kWh
Carbón	0,347
Gasoil	0,264
Gas Natural	0,201

Tabla 3.5 Factores de emisión de CO₂ de los combustibles.

Utilizando como conversión de GJ a kWh: 1kWh = 0,0036 GJ.

3.2.2. Consumos Indirectos.

En este apartado vamos a tratar los consumos procedentes de la mano obra y los materiales de construcción utilizados en la edificación, prestando mayor atención a estos últimos, pues la HdC asociada a la mano de obra, hace referencia a la Huella ocasionada por las personas en su vida cotidiana.

En cuanto a los materiales, cabe destacar que el impacto que estos ocasionen, dependerán en gran medida a los sistemas constructivos empleados, la proximidad de las fábricas a la obra y al uso de materiales locales tradicionales.

3.2.2.1. Mano de Obra.

En esta evaluación no se tendrá en cuenta la Huella asociada a la mano de obra que interviene en la fase de construcción, ya que puede resultar un cálculo muy complejo, debido a una serie de factores que son difíciles de cuantificar con exactitud.

Los consumos asociados a la mano de obra, se dividen en una serie de factores, que son generados directamente por la personas que intervienen, como son la manutención de los obreros y los correspondientes al desplazamiento.

Se podría obtener un tanto por ciento de la Huella de Carbono de la alimentación de una población, ponderada a la cantidad de personas que se dediquen al sector de la construcción, así como determinar la cantidad de desplazamientos que se realizan por cuestiones laborales, igualmente ponderables a nuestro sector.

La manutención:

Este factor tiene que ver con la alimentación de los obreros y la vestimenta empleada, consideramos que la Huella generada en por estos factores debe estar incluida en la HdC de los habitantes de una población, considerándola una Huella parcial de la generada por una sociedad.

A modo informativo, la evaluación del concepto de la HdC de la alimentación de un operario de obra, se realiza haciendo una análisis básico del número de comidas realizadas en la obra, el tipo de comida, y la duración de las mismas. Así, podremos obtener el consumo de alimentos durante este periodo.

Los consumos referentes a los alimentos se expresan en toneladas consumidas y la cantidad de energía que se debe incorporar a estos alimentos en las distintas fases para obtener un producto final. Con el fin de obtener una sumatoria de estos factores y determinar la HdC de estos traducida en hectáreas necesarias para absorber dicho impacto por tonelada de producto.

Podemos decir que es similar a la evaluación de la HdC de cualquier producto, considerando la cantidad de alimentos consumidos, y la energía necesaria para su producción, transporte y la gestión de los residuos derivados de la actividad.

En definitiva, es hacer un análisis del ciclo de vida de un producto, con todos los componentes que intervienen en él.

Desplazamientos:

Para nuestra evaluación, y por las condiciones propia de la zona, no tendremos en cuenta la movilidad de los obreros, ya que las distancias suelen ser relativamente pequeñas.

En este caso, el cálculo de la HdC asociada al transporte, será la referente al consumo de combustible de los vehículos públicos y privados utilizados en dichos desplazamientos, además de las emisiones de CO₂ generadas por los mismos. Se valoraría un porcentaje del consumo y HdC del transporte público y privado en la zona.

3.2.2.2. Materiales de Construcción.

Para la evaluación de la HdC de los materiales empleados en la construcción, se deben tener en cuenta una serie de características particulares que hacen más compleja la evaluación, básicamente por los diversos procedimientos que existen para el cálculo de los consumos energéticos derivados de la fabricación, además del transporte. En nuestro caso, debemos añadirle el consumo añadido al transporte desde el origen (normalmente desde la Península y Europa), y su puesta en obra.

Por tanto, es necesario describir y establecer una metodología para dicha evaluación, siguiendo el esquema que se describe en la figura 3.11. Para ello tendremos en cuenta, por una parte, la energía incorporada en el proceso de fabricación y la puesta en obra, y en otro apartado, se hará una evaluación específica del transporte marítimo, como parte de una cadena intermodal de transporte desde el origen.

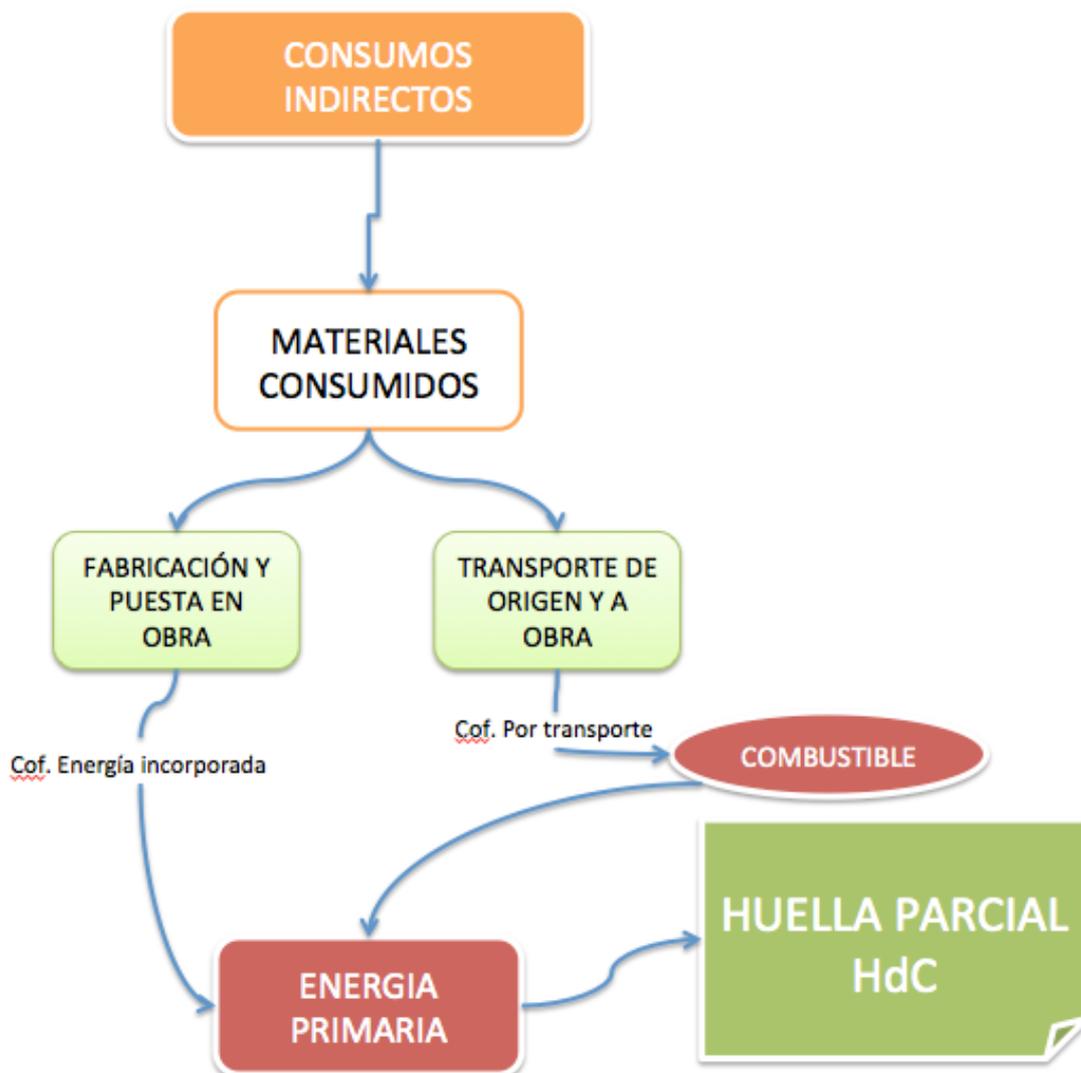


Figura 3.11 Composición de los consumos asociados a los materiales.

Sabemos el caso de las RPU, donde la lejanía al continente obliga normalmente a depender de materiales o materias primas del exterior, para hacer frente a la demanda en la construcción de viviendas y edificios, ya que algunas no cuentan con la materia prima necesario, o bien con la planta industrial necesaria para dichos procesos. En el caso de Canarias, podemos afirmar que dependemos en gran parte de la importación de materiales y materias primas básicas para las actividades en el sector de edificación.

Debemos tener en cuenta que los materiales o materias primas manufacturadas tendrán un impacto superior en emisiones, frente a otros en un sistema continental, dado que la producción de energía en canarias depende prácticamente de los combustibles fósiles, frente a otras regiones donde se pueden combinar otros tipos de producción reduciendo el uso de estos combustibles.

Se analizarán los métodos de extracción de las materias primas necesarias para producir un material, es decir hacer una análisis exhaustivo del ciclo de vida del mismo, así como los diferentes procesos de fabricación o transformación a la que estos deben ser sometidos para obtener un producto final definido como material de construcción.

Como sabemos, algunos de los materiales son utilizados directamente en obra como materia prima de algunas unidades de obra, como pueden ser los áridos extraídos de las canteras. Son el resultado de un proceso de fabricación para obtener un material final que a su vez hará parte de una unidad en concreto, como es el caso del cemento y el acero que junto con los áridos conformarían el hormigón armado.

3.2.2.3. Análisis del Ciclo de Vida de los Materiales.

Como punto de partida, debemos hacer referencia al proceso de fabricación del material, desde su extracción como materia prima, pasando por los diferentes procesos de manufactura, hasta el consumo final, de aquí se establecen una serie de conceptos que son [IDAE 1999]:

- “De la cuna a la puerta” hace referencia a todo el proceso desde el origen como materia prima, todas las posteriores transformaciones, hasta obtener un producto final comercializables, a las puertas de la fábrica.
- “De la cuna al sitio” partiendo del concepto de la cuna a la puerta, se incluye el transporte del material hasta la obra final, en la mayoría de los casos este transporte se hace a una distancia media, sobre camiones, en casos más específicos y en regiones como Canarias, el material debe recorrer grandes distancia, combinando transporte por carretera, tren y barco. En función a este recorrido y según el medio por el que se realice, influirá más o menos en la suma final de la HdC de ese material.

- “De la cuna a la tumba” en este caso se incluye además de los procesos anteriores, además de incluir la fase de deconstrucción o demolición del la edificación al finalizar su vida útil, y el posterior reciclado y eliminación de los residuos.
- “De la cuna a la cuna” este último concepto resulta muy interesante, pues podemos lograr que ciertos materiales alarguen su vida útil o formando parte de un nuevo proceso de fabricación, incorporándose como materia prima de otros materiales.

Los conceptos “de la cuna a la tumba” y “de la cuna a la cuna” resultan muy interesantes desde el punto de vista, de evitar la generación excesiva de residuos procedentes de las obras de construcción de todo tipo, incluso algunos residuos que se generan durante el proceso de edificación, que tienen la posibilidad de ser reutilizados en otros usos o como materia prima para nuevos materiales, como muestra la figura 3.12, reduciendo a su vez parte del impacto y generación de emisiones que se dan en los procesos propios de cada material.



Figura 3.12 Esquema del ciclo de vida de los materiales en la edificación. [Wordpres 2016]

Como se ha comentado anteriormente, esta evaluación se centrará en la fase de construcción de las edificaciones en Canarias, por lo que los conceptos de demolición, reciclado y reutilización de los materiales no se tendrán en cuenta, aunque resulta un campo de gran interés que se mencionará en las conclusiones finales como una futura línea de análisis, centrando esta evaluación en el concepto “de la cuna al sitio” en lo que a los materiales se refiere.

3.2.2.4 Energía Incorporada en los Materiales.

Citando varios autores, la energía incorporada en un material, como producto final en obra, incluye toda la energía primaria empleada en los diferentes procesos de fabricación que abarcan desde la cuna hasta la puesta, es decir, el producto final en fabrica, más la energía utilizada en el transporte de estos hasta el destino final en obra, incluyendo su puesta en obra, hasta obtener el edificio terminado.

Encontramos que varios autores coinciden que la energía incorporada en el proceso de fabricación de varios de los materiales, que incluyan un proceso de combustión de las materias primas (caso de los aceros) y una posterior incineración para su reciclado, representa entre el 85% y 95 % de la energía total invertida en ese material, y que el restante 15% o 5% corresponde a su puesta en obra [ITEC 2000].

Si analizamos el consumo de los materiales de construcción en el Continente, veremos que la energía incorporada al transporte resulta poco relevante, dadas las distancias entre los centros de fabricación y las localidades de uso, pero veremos en el caso de Canarias, como el transporte representa un porcentaje importante de energía en este proceso. Este tema se profundizará en el correspondiente capítulo de evaluación de la Huella del transporte de los materiales.

Todos los valores de consumo de energía deberán ser traducidos en emisiones de CO₂ en función a la forma de energía incorporada en los diversos procesos, ya sea la energía eléctrica procedente de centrales térmicas, hidráulicas, entre otras, o bien el uso de combustibles fósiles para su generación.

Hemos utilizado, como fuente de información sobre la energía incorporada en los materiales, los datos procedentes del ITEC (Instituto Tecnológico de la Construcción de Cataluña), y los de la guía de la edificación Sostenible del ADAE que presentan los valores de contenido de energía primaria incorporada en los principales materiales de construcción, , expresadas en MJ/kg, ambas fuentes presentan valores muy similares, ya que todos se basan principalmente de estudios del ITEC, como podremos observar en la tabla 3.6.

Material	Energía incorporada específica (MJ/kg)	
	IDAE	ITEC
Materiales Simples		
Acero Comercial (20% reciclado)	35	35-43
Acero 100% reciclado	17	
Acero Inoxidable		117
Aluminio primario	215	205
Aluminio 100% reciclado	23	
Aluminio 85% reciclado		

Aluminio comercial (30% reciclado)	160	
Arcilla cocida, ladrillo y tejas	4,5	
Arcilla cocida, materiales cerámicos vitrificados	10	7,2
Arena (áridos)	0,1	0,1
Áridos reciclados	0,1	0,1
Asfalto en tela	10	10
Cal	3,65	3,43
Cartón-yeso		7,9
Cemento	7	7
Cobre primario	90	150
Cerámica	2,3	2,5
Grava	0,1	0,1
Madera de clima templado	3	3
Madera, tablero aglomerado	14	14
Madera tropical	3	3,5
Madera, tablero contrachapado	5	5
Papel	30,5	31,1
Pintura plástica (base acuosa)	20	20
Pinturas y barnices sintéticos	100	90
Piedra	0,2	0,18
Plomo	190	190
Poliéster expandido (EPS)	100	115
Poliéster extruido (XPS)	100	115
Polietileno (PE) primario	77	85
Polipropileno (PP)	80	77
PVC primario	80	70
Terrazo	2,3	2,3
Vidrio plano	19	19
Yeso-escayola	3,3	2,57
Materiales Compuestos		
Fábrica de ladrillo hueco	2,96	2,8
Fábrica de ladrillo perforado	2,85	2,8
Fábrica de ladrillo macizo	2,86	2,86
Hormigón H-150	0,99	1
Hormigón H-175	1,03	1,05
Hormigón H-200	1,1	1,15
Hormigón prefabricado	2,3	2,3
Mortero M-40/a	1	1
Mortero M-80/a	1,34	1,3
Mortero prefabricado	2	2,5
Ventanas/ puertas aluminio	220	218
Ventanas/ puertas madera	26	26,85

Tabla 3.6 Energía incorporada en los materiales [ITEC, IDAE].

Los valores descritos en la tabla 3.6, hacen referencia al contenido de energía de los materiales en los diversos procesos de extracción de la materia prima, fabricación y puesta en obra. Debemos tratar el caso del transporte independientemente en función de la distancia recorrida, teniendo en cuenta el caso de Canarias de una manera diferente, pues este se realizará a mayor distancia, y empleando una combinación diferente de medios de transporte.

También, debemos analizar los valores de los principales materiales utilizados en la edificación, y cómo estos tienen un mayor o menor impacto sobre el conjunto de las emisiones generadas en la obra, utilizando estos valores como referencia, para definir una buena metodología de evaluación que nos permita obtener de la mejor manera posible la HdC presente es la fase de construcción de las edificaciones en Canarias.

Los materiales que mayor cantidad de energía utilizan en el proceso de fabricación, son los procedentes de metales, plásticos y otros materiales compuestos como el hormigón armado, siendo este último uno de los de mayor peso en la mayoría de las edificaciones y uno de los responsables directos de las emisiones de CO₂ total de la obra.

En el capítulo de conclusiones, veremos algunos métodos o consejos que podemos aplicar a las obras, para reducir las emisiones de CO₂ en función de la elección de un tipo de material u otro, incluso el método constructivo y los sistemas aplicados.

Por otra parte, el Instituto Tecnológico de la Construcción de Cataluña (ITEC) dispone de una herramienta y base de datos llamada TCQ 2000, siendo ésta, una aplicación que gestiona conjuntamente y de forma integrada los datos técnicos, económicos y temporales que intervienen en el ciclo de la obra mediante módulos de aplicación, entre ellos, el módulo de gestión medioambiental. Este permite analizar los impactos medioambientales que se producen a lo largo del ciclo de vida de los materiales, tales como:

- Consumo energético en la fabricación de los materiales
- Emisiones de CO₂ producidas por la fabricación
- Consumo energético en la puesta en obra de los materiales
- Emisiones de CO₂ producidas por en la puesta en obra

Obteniendo:

- Coste energético de los materiales (consumo energético en la fabricación de los materiales que componen el presupuesto)
- Emisiones de CO₂ de los materiales

Uno de los resultados que podemos extraer de esta herramienta, es el coste energético de los materiales, que se expresa como el consumo energético o energía incorporada en la fabricación de los materiales. Dicho consumo deberá incluir los consumos asociados a todos los procesos que intervienen en ciclo de vida de un material o producto, extracción de la materia prima, fabricación, transformación, transporte, puesta en obra, mantenimiento y eliminación.

3.3. La HdC de los Materiales de Construcción.

Partiendo del análisis del ciclo de vida de los materiales, y la energía incorporada en estos, veremos la manera de determinar la HdC de los materiales empleados en las edificaciones, determinado las hectáreas equivalentes necesarias para absorber las toneladas de CO₂ emitidas en sus distintas fases.

El hormigón es el material de construcción más empleado en el mundo, en los diversos tipos de construcciones y con un gran volumen en la edificación actual en Europa, en especial en Canarias, y tras el agua, es el producto más consumido del planeta.

Donde cada año, la industria del hormigón emplea 1.6 billones de toneladas de cemento, 10 billones de toneladas de roca y arena y un billón de toneladas de agua. Cada tonelada de cemento, requiere 1.5 toneladas de roca caliza así como del consumo de gran cantidad de combustibles fósiles combustibles fósiles, siendo la industria del cemento la responsable del 5% de las emisiones de CO₂ del planeta.

Si bien el hormigón es uno de los materiales que mejores características presenta en la construcción, debido a su durabilidad, resistencia,... También acarrea una serie de costes e impactos medioambientales, principalmente debido a la enorme cantidad de energía primaria consumida y la cantidad de emisiones que son emitidas a la atmosfera. [DELOS 2009]

Si a todo esto le sumamos el impacto ambiental que se genera en la obtención de los áridos necesarios para la fabricación del cemento y la posibilidad de ocasionar problemas de contaminación en el aire y agua de la zona, podemos afirmar que el impacto es mucho mayor, que si solo nos fijamos en la cantidad de emisiones o a su HdC como hemos visto anteriormente, ocupa un porcentaje importante en la cantidad de emisiones generadas en todo el planeta.

En la actualidad, la industria del cemento está mejorando los procesos de fabricación con el fin de mejorar le eficiencia en el proceso de producción, haciendo aprovechamientos secundarios de residuos o subproductos utilizados como aditivos al propio cemento, incluso el uso de Combustibles Sólidos procedentes de Residuos (CSR), con el fin de reducir la cantidad de CO₂ emitidos en las diferentes etapas del proceso, contribuyendo a la reducción de su Huella de Carbono.

Nos hemos basado en el método determinado por Doménech, quien ha desarrollado una serie de fórmulas polinómicas para el cálculo de la Huella asociada al consumo de los materiales de construcción, empleando en ellas una serie de conversiones en las que se asignan un porcentaje a las diferentes unidades de las que se compone una obra de edificación (energía, áridos, cemento, metales, materiales cerámicos, madera entre otros). [Doménech, 2004]

Sin embargo, la lista de materiales utilizada en la formulación, no son aplicables en todos los tipos de materiales (incluso a algunos de los más utilizados) y en segundo lugar la forma de asignar pesos a los distintos materiales, se hace sin considerar la metodología constructiva aplicada en cada caso, estas fórmulas son aplicadas sobre el presupuesto de la obra (mediciones) y no sobre el peso real de la obra que se ha edificado, por lo que no obtendríamos un resultado muy preciso.

Por tanto, la metodología a seguir para evaluar la Huella de Carbono de los materiales, en la fase de construcción será la siguiente:

- Utilizando los valores de la energía incorporada que aparecen en la tabla 3.6, dicha energía hace referencia a la fabricación y puesta en obra, el transporte de los materiales desde la fábrica a la obra, se evaluará aparte.
- El consumo de los materiales (en peso), obtenidos de las mediciones del proyecto, y si es posible comprobarlas con las diferentes certificaciones, o bien estimar de una manera rigurosa las pérdidas y los residuos generados de cada uno de los materiales.
- Determinar la Huella energética de los materiales, suponiendo que la energía necesaria para su fabricación procede de combustibles fósiles, cuya productividad energética (P_c) es de 71GJ/ha.

Veamos ahora la aplicación de la fórmulas descritas por Doménech, de forma simplificada aplicadas al procedimiento de evaluación descrito anteriormente, obteniendo la energía primaria de los materiales y la Huella de Carbono:

Energía Primaria:

$$E_p = \sum C_m * E_{iem}$$

Donde:

E_p : energía primaria (MJ)

C_m : consumo del material (kg)

E_{iem} : energía incorporada específica del material (MJ/kg)

Para obtener la Huella de Carbono de los materiales se emplea la siguiente expresión:

$$HdC = \left(\frac{\sum Cm * Eiem}{Pc} \right)$$

Donde:

HdC: Huella de Carbono de los materiales de construcción (ha)

Cm: consumo del material (kg)

Eiem: energía incorporada específica del material (MJ/kg)

Pc: productividad energética del petróleo (MJ/kg). Cuyo valor es 71.000 MJ/ha (ha) hectáreas necesarias para la absorción del CO₂ emitidos

Con esta expresión de la Huella de Carbono, obtenemos la superficie total de terreno en hectáreas necesarias para absorber las emisiones de CO₂ generadas por los materiales utilizados en la construcción de nuestras edificaciones.

En esta evaluación no se tendrá en cuenta la Huella de Carbono generada por la maquinaria empleada en la ejecución de las obras, pues se considera que esta pertenece a las empresas de fabricación de las mismas. Teniendo solo en cuenta la Huella correspondiente al consumo de eléctrico y de combustible asociado a nuestra edificación.

En el capítulo siguiente, se hará una evaluación expresa de la Huella de Carbono asociada al transporte, en especial a Canarias como territorio ultraperiférico de Europa, mediante el estudio de la cadena intermodal de transporte, desde Europa y España hasta Canarias, utilizando una aplicación del puerto de Barcelona llamada Port Link.

3.4. HdC de los Residuos Generados.

Durante la fase de construcción de las edificaciones, se generan una serie de residuos de diversos tipos, ya sea por parte de los embalajes que contienen algunos tipos de materiales, o bien los generados por los sistemas constructivos empleados.

Si bien en los materiales empleados en la fase de construcción, ya se han considerado su HdC, incluso teniendo en cuenta las pérdidas por roturas o los residuos que estos generen, hay que tener en cuenta que existe un consumo energético y de medios añadido a la hora de gestionar, reciclar y eliminar estos residuos.

En esta evaluación no se tendrá en cuenta la HdC correspondiente a los residuos generados en la construcción, ni los generados por la demolición de las edificaciones cuando estas cumplan con su vida útil, pero si consideramos que es una línea de investigación con una gran importancia, sobre todo aplicada a la zonas ultraperiféricas e insulares de Europa, como es el caso de Canarias, donde el territorio es muy limitado, y en muchas ocasiones no se puede disponer de la industria suficiente para reciclar o tratar ciertos residuos, que deben ser enviados a Europa para su tratamiento, generando en si mismo una Huella de Carbono que seguirá sumando hasta el final.

3.4. Referencias Bibliográficas del Capítulo 3.

[Doménech, J.L., 2004] Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible. Puertos 114, 26-31.

Estructura de generación eléctrica en España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2016. La Energía en España 2014.

[PER, 2011] Plan de Energías Renovables 2011-2020 IDAE.

[ITEC, 2016] Instituto Tecnológico de la Construcción de Cataluña. Metabase TCQ 2000.

[IDEA, 1999] Guía de la edificación Sostenible Ministerio de Fomento.

[MC3 DELOS, 2009] Metodología para estimar la Huella corporativa del Carbono.

4. Evaluación del Transporte de los Materiales de Construcción.

En el siguiente capítulo, se pretende mostrar las emisiones de CO₂ en el transporte marítimo y por carretera de las materias primas y materiales utilizadas en la edificación, y la influencia tienen estas en el cálculo de la HdC de los materiales de construcción utilizados en las edificaciones en Canarias.

Teniendo en cuenta que el sector del transporte supone el 28% del consumo total de energía de la UE, que a su vez se traduce en una gran cantidad de CO₂ emitido a la atmósfera, y su correspondiente Huella de Carbono [COM, 2011]. El uso de materiales y productos locales, es una manera de reducir esta Huella limitando solo el transporte a los materiales no disponibles en la industria local, como es el caso de los aceros entre otros.

En este TFM se va a realizar una evaluación de las emisiones de CO₂ y su correspondiente Huella de Carbono, suponiendo el transporte de un contenedor desde el Continente hasta los puertos Canarios, tomando como referencia el puerto de Barcelona, que dispone de una herramienta llamada Port Link y Ecocalculadora que nos permite obtener la cantidad de CO₂ emitidas durante este transporte.

Por tanto, nos basaremos en la evaluación de una cadena intermodal de transporte, que combina el transporte terrestre y marítimo, de un contenedor desde su origen, hasta el puerto de destino en las Islas Canarias, como Región Ultraperiférica.

La herramienta Ecocalculadora y Port Link del puerto de Barcelona [Port de Barcelona, 2016], es una aplicación que permite obtener la cantidad de CO₂ por contenedor en un buque medio, según una serie de características descritas en el la metodología del cálculo.

La herramienta web ha sido concebida para construir una cadena logística completa entre un puerto del Foreland mundial y una localización del Hinterland Europeo. En esta ruta siempre hay un tramo marítimo entre el puerto del foreland y el Port de Barcelona, y un tramo terrestre entre el Port de Barcelona y la localización del Hinterland Europeo. Este tramo terrestre puede ser por carretera o por ferrocarril. [Guía de aplicación Port Link, 2016].

Aunque no todos los transportes de materias primas y materiales, importados hacia Canarias, tienen un paso obligado por el puerto de Barcelona, hemos usado esta aplicación, como medio de referencia a la hora de considerar, rutas, emisiones de la cadena intermodal de transporte terrestre y marítimo.

4.1. Metodologías para de Evaluación y Cálculo de Emisiones.

4.1.1. Transporte Terrestre.

En el transporte por carretera se utiliza la formulación del modelo COPERT IV, base de la metodología CORINAIR, que consiste en una fórmula que relaciona consumo de combustible con velocidad de circulación, tipo de tecnología, tamaño del camión y nivel de carga. Esto permite obtener el consumo de hasta 84 tipos de vehículos diferentes. [COM, 2011]

Como caso genérico, para el análisis donde no se disponga de información concreta del camión usado, se propone usar un camión articulado de 40-50 t, con tecnología EURO IV, siendo este un vehículo estándar usado en el transporte de contenedores cuyo consumo y emisiones se encuentra dentro de la base de datos de Port Link. [Port Link, 2016]

Así, se calculan las emisiones, según el consumo de combustible del vehículo que se elija, multiplicando por 3,14 que es el valor medio de contenido de Carbono del gasoil de camión, según datos de CORINAIR.

El consumo se incrementa para simular el hecho de que los camiones van cargados un 75% de promedio, para tener en cuenta que se realizan viajes en vacío, las emisiones obtenidas también se incrementan en un 12% para tener en cuenta el consumo energético necesario para llevar el combustible hasta el lugar donde se utiliza [Port Link, 2016].

4.1.2. Transporte Marítimo.

Se va a emplear como método para el cálculo de las emisiones que se producen en el transporte marítimo, el que proporciona el Port Link y la Ecocalculadora del Puerto de Barcelona. La Ecocalculadora es la herramienta concebida para calcular las emisiones de CO₂ generadas por el transporte de un contenedor desde un puerto [Puerto de Barcelona, 2014]. Este método será empleado para el cálculo de las emisiones del tramo marítimo de la cadena intermodal y también para el transporte por carretera.

La versión web de la Ecocalculadora y el Port Link es una versión simplificada del modelo de cálculo de emisiones desarrollado por la Autoridad Portuaria de Barcelona y Mcrit SL. El modelo de emisiones va unido a un Sistema de Información Geográfica, el SIMPORT, que es el Sistema de Información y Modelización del Hinterland y el Foreland del puerto de Barcelona.

El SIMPORT permite calcular las distancias y tiempos de recorrido para los distintos trayectos posibles entre las zonas del foreland y las regiones de Europa. En base a estas distancias se pueden calcular las emisiones de CO₂ aplicando unos factores de emisión y unos factores de carga de cada vehículo [Guía de aplicación Port Link, 2016].

La figura 4.1, muestra como la herramienta Port Link, describe un trayecto determinado, desde el puerto de origen, en este caso el puerto de Barcelona hasta el puerto de destino, indicando a su vez la distancia del recorrido, los tramos del que este se compone, y cantidad total de emisiones en kgCO₂eq.

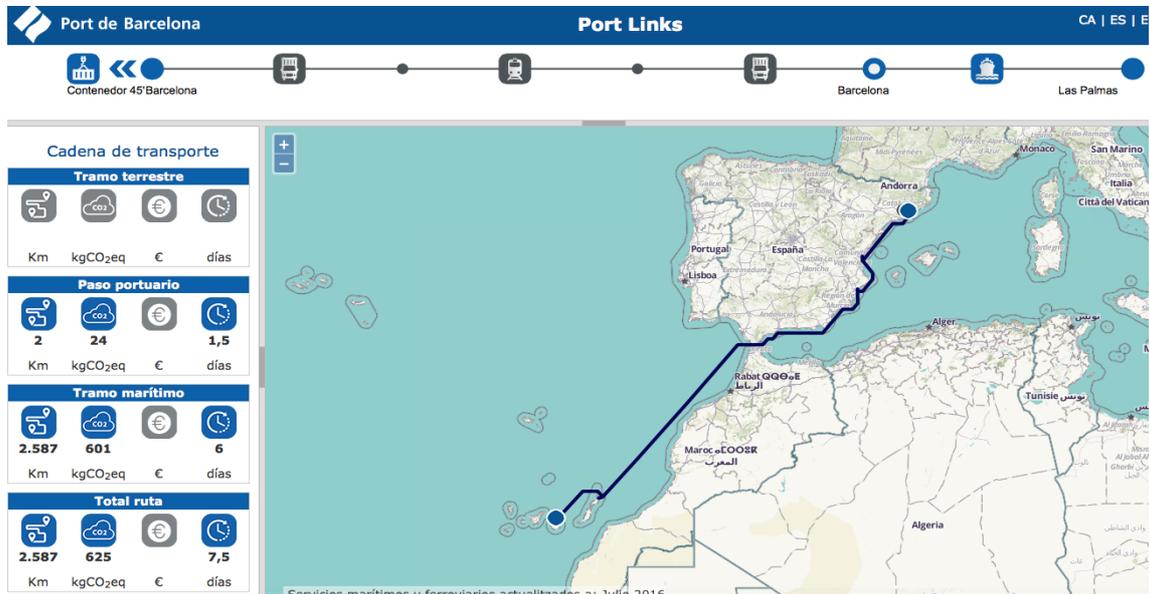


Figura 4.1 Descripción de trayecto y cálculo de emisiones [Port Link].

Para el tramo oceánico se supone que el barco usado es siempre un portacontenedores. Si no se dispone del tamaño exacto del barco se aplica un valor promedio que depende de la ruta del trayecto que se analiza. [Port Link, 2016].

La fórmula teórica de cálculo de la potencia de los motores principales para barcos portacontenedores de diferentes dimensiones, se obtiene del documento de cálculo de emisiones marítimas de [Trozzi, 2010] y es la siguiente:

$$Potencia = 2,9165 * GT^{0,8719}$$

Donde GT (Gross Tonnage) es el arqueo bruto del buque.

Del mismo documento de Trozzi se obtiene el valor promedio de velocidad del barco portacontenedores, 36 km/h o 20 nudos, para la que es válida la fórmula anterior.

Igualmente, para calcular la cantidad de energía consumida, se utiliza la siguiente formula, que relaciona la potencia con el tiempo empleado en horas.

$$Energia = Potencia * Tiempo empleado$$

Por otro lado, el consumo de combustible está relacionado con la energía consumida utilizando la siguiente relación proveniente del documento previamente citado:

$$1kWh = 217 \text{ g de combustible}$$

Donde el consumo se expresa en gramos de combustible por hora.

Con esta equivalencia, la fórmula de cálculo de la potencia, la velocidad de circulación y la longitud del trayecto se obtiene el consumo por unidad de longitud, suponiendo plena potencia de los motores principales.

La fórmula de relación entre contenedores TEU y GT se obtiene a partir de un estudio estadístico realizado con datos de Alphaliner (plataforma de información diseñada para cubrir las necesidades de la industria de buques transatlánticos).

Se analizan los 3.296 barcos portacontenedores disponibles, de los que se puede obtener la capacidad en TEU y el peso muerto (con un rango de valores de entre 54 y 15.550 TEUs).

La relación entre GT y número de TEUs se obtiene siguiendo la siguiente ecuación, donde TEU es el máximo número de contenedores que puede transportar el barco:

$$GT = -0,00016 * TEU^2 + 13,284 * TEU + 1692,27$$

La dimensión del barco está expresada en TEUs máximos, mientras que para calcular el consumo, y por tanto el CO₂, es necesario saber el GT.

El consumo máximo teórico se corrige en primer lugar reduciéndolo a un 87% debido a que en fase de crucero los motores no trabajan al 100%. Además, se añade el consumo relativo a las fases de maniobra y hotelling del barco, que según el documento de [ENTEC, 2005] se corresponde a tener los motores a un 20% de carga durante un 0,33% del tiempo de la ruta para la maniobra y un 2,33% para el hotelling.

Este consumo se divide por cada TEU transportado, suponiendo que el barco va cargado al 80%. El consumo se multiplica por 3,17 para obtener las emisiones de CO₂ (valor medio de contenido de Carbono del fuel marítimo, según datos de [CORINAIR, 2014])

Las emisiones obtenidas se incrementan en un 12% para tener en cuenta el consumo energético necesario para la puesta en sitio del combustible hasta el lugar donde se utiliza [Port Link, 2016].

4.2. Port Link como Herramienta.

Port Link, es una herramienta que permite construir cadenas de transporte a través del puerto de Barcelona, utilizando su oferta de servicios marítimos y terrestres, proporcionando una lista de indicadores asociados a la cadena de transporte construida.

A la hora de construir una ruta, la aplicación permite hacerla de manera secuencial, siguiendo las instrucciones que nos indica la propia aplicación.

Tipo de Carga.

En primer lugar se debe seleccionar el tipo de carga a transportar, para ello se dispone de varias opciones en función al tipo de contenedor, de 20', de 40' y 45'.

Hinterland.

El Hinterland, es la localización Europea desde la que se exporta o importa la mercancía.

Foreland.

El Foreland, es un puerto que puede ser origen o destino de las mercancías.

Modo Terrestre.

Este modo, permite unir la localidad del hinterland con el Puerto de Barcelona, en este caso se puede elegir entre transporte ferroviario o por carretera, la aplicación nos mostrará los diferentes servicios existentes, ordenados de mayor a menor proximidad entre la localización del hinterland y la terminal ferroviaria origen o destino.

La aplicación mostrará y calculará automáticamente los acarrees necesarios en camión, permitiendo a su vez elegir el tipo de camión usados para los acarrees.

Paso Portuario.

Como ya habíamos comentado anteriormente, la ruta calculada pasa siempre por el puerto de Barcelona, y en este apartado la aplicación indica las características de este paso portuario, proporcionando información extra, como tasas y tarifas aplicables.

Servicios Marítimos.

Como último elemento para complementar la ruta, es necesario la elección de un servicio marítimo. La aplicación muestra una lista con los servicios disponibles ordenados de mayor a menor tránsito entre el puerto de Barcelona y el puerto del foreland.

Hay que tener en cuenta, que cada servicio tiene una ruta concreta con una longitud, escalas y tipo de buque, todo ello determinará las emisiones y externalidades.

La aplicación dispone de mucha más información, relativa al transporte de mercancías, sus rutas, tipos de buques, navieras entre otras, que no se tendrán en cuenta para esta evaluación.

Resultados

La aplicación muestra el origen y el destino de cada tramo de la cadena de transporte, el nombre de servicio marítimo y ferroviarios seleccionado, la distancia y el tiempo de tránsito de cada servicio.

Además, muestra las emisiones de la ruta construida, medida en kg de contaminantes.

Como referencia en esta evaluación, vamos a fijarnos en el dato correspondiente al CO₂eq (CO₂ equivalente), que corresponde a una expresión en peso equivalente de CO₂ del potencial de calentamiento global de los gases emitidos por los modos de transporte. Se incluye el CO₂, N₂O y CH₄, dichos gases miden el impacto sobre el cambio climático [Port Link 2016].

4.3. Evaluación de las Emisiones de una Cadena Intermodal.

En el transporte de la mayor parte de la mercancías, es necesario el uso de cadenas intermodales que combinen, no solo diferentes tipos de transporte, sino que además de diversos medios, ya sean terrestres, marítimos y en muy pocos casos, transporte aéreo.

Una vez determinado el origen y el destino de una mercancía, se debe de trazar una ruta intermodal de transporte, combinando uno o varios medios de transporte de los que se dispongan.

En nuestra evaluación vamos a determinar las emisiones de CO₂ de la cadena intermodal, del transporte de un contenedor tipo de 45' desde Europa, hasta el Puerto de Las Palmas de Gran Canaria, en este caso es necesario utilizar el puerto de Barcelona como paso obligatorio, ya que se utilizara la aplicación Port Link del propio puerto.

A modo de ejemplo, se trazó una ruta desde Hamburgo Alemania, pasando por el Puerto de Barcelona, hasta el Puerto de Las Palmas. En la figura 4.2 vemos como se marca la ruta en la aplicación del puerto de Barcelona (Port Link).

Hemos tomado como referencia esta ciudad debido a su importante industria del acero, así como el gran volumen de tránsito de mercancías que circulan por su puerto, que lo posicionan como el segundo más importante de Europa después de Róterdam.

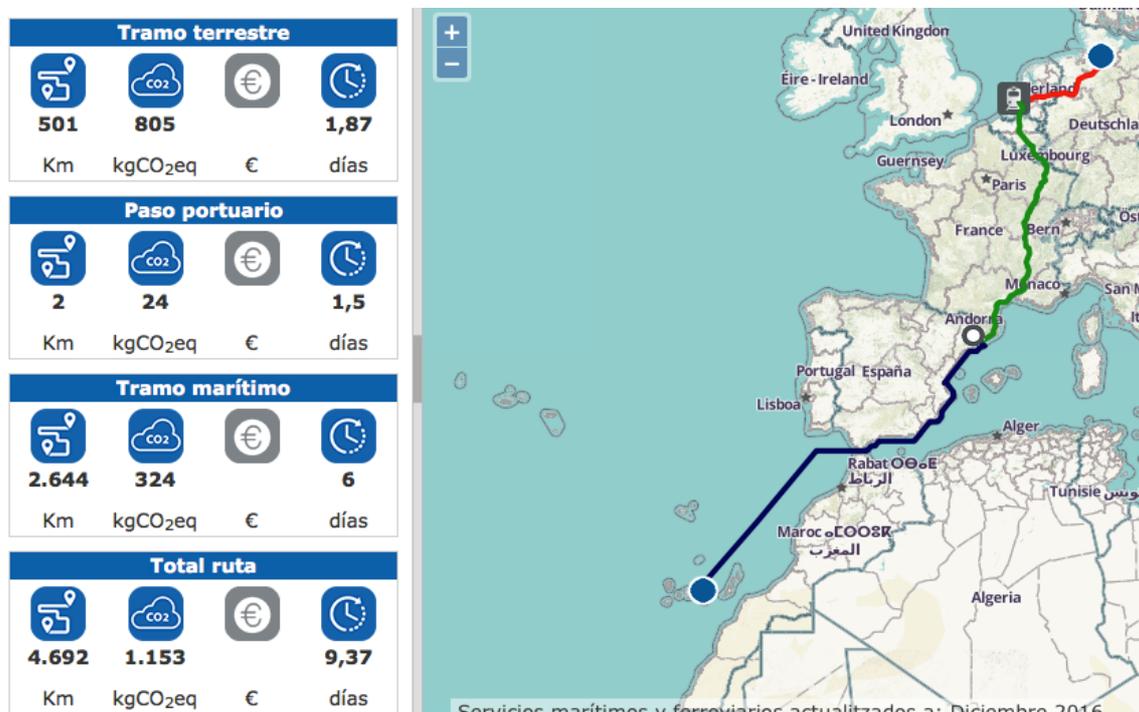


Figura 4.2 Ruta de la cadena intermodal, Port Link (Puerto de Barcelona).

Como se comentó anteriormente, la aplicación nos permite realizar una cadena intermodal, tomando como referencia una población de origen, y escogiendo el tipo de cadena que mejor se adapta al trayecto que se desea realizar, al tratarse de una aplicación del Puerto de Barcelona, obligatoriamente todos los trayectos pasan por este puerto.

Se ha optado por una cadena, cuyo origen es la ciudad de Hamburgo, y destino final el Puerto de Las Palmas. Determinado el tramo terrestre entre Hamburgo y puerto de Barcelona, una combinación de transporte por carretera y ferroviario.

Una vez trazada la ruta, la aplicación nos muestra los distintos resultados obtenidos de la cadena intermodal. En la figura 4.3 podemos observar los distintos tramos de la cadena de transporte, así como la distancia recorrida en cada uno de ellos y el tiempo estimado en días de dicho recorrido.

En este caso, observamos los distintos tramos que componen la cadena intermodal desde el origen, vemos un tramo por carretera, a continuación el tramo correspondiente al transporte ferroviario hasta el Puerto de Barcelona y, por último, el tramo marítimo desde el puerto de Barcelona hasta el Puerto de las Palmas de Gran Canaria.

Ruta	Emisiones	Externalidades	Costes	
	O-D	Nombre del servicio	Dist.(km)	Tiempo (d)
Tramo por carretera	Hamburgo - Rotterdam RSC		499,57	0,26
Servicio ferroviario	Rotterdam RSC - Moll Prat (E	Tp Nova	1.547,01	1,61
Paso portuario	Barcelona		2	1,5
Servicio marítimo	Barcelona - Las Palmas	CANARIAS	2.644	6
Total ruta			4.692,58	9,37

Figura 4.3 Distancias y recorridos de la cadena intermodal (Port Link 2016)

A continuación, veremos los resultado obtenidos de las emisiones generadas en dicho transporte, como se muestra en la figura 4.4, donde se describen las distintas emisiones generadas en cada tramo de la cadena intermodal.

Como habíamos comentado anteriormente, utilizaremos el valor generado por la aplicación, correspondiente a los kilogramos de CO₂eq.

Vemos en la primera columna el resultado de los CO₂eq expresados en kilogramos por tonelada transportada.

Ruta	Emisiones	Externalidades			Costes	
Kilogramos (Kg)	CO ₂ eq	NOx	PM2.5	CO	NMVOC	SOx
Tramo por carretera	453,37	0,12	0	0,42	0,01	
Servicio ferroviario	351,56					
Paso portuario	23,98	0,32				0,01
Servicio marítimo	324,35	8,11	0,57	0,76	0,28	2,05
Total ruta	1.153,26	8,55	0,57	1,18	0,29	2,06

Tabla 4.2 Emisiones en el transporte intermodal (Port Link 2016).

El transporte por carretera es mayor responsable de emisiones de CO₂, en comparación con la distancia recorrida y el peso transportado, frente a los otros dos medios que intervienen en la cadena.

Sin embargo, para nuestra evaluación, es importante destacar que el tramo marítimo, genera un valor añadido a la Huella de Carbono de las mercancías, materiales y materias primas importadas a las Islas, por lo que debe ser parte importante de esta evaluación, ya que dependemos en gran parte de los productos que vienen fuera de las Islas, al igual que sucede en la mayor parte de las regiones ultraperiféricas de Europa.

A modo informativo, la aplicación también genera otro tipo de características, directamente generadas por la cadena intermodal, algunas de ellas son muy importantes para la logística de los transportes, como son las congestiones y las accidentalidades, y otras como el ruido y la polución, que hacen parte de los impactos medioambientales, tal como muestra la figura 4.5.

Estos valores son asignados en céntimos de euro por cada TEU y kilómetro recorrido.

Ruta	Emisiones	Externalidades					Costes	
Euros (€)	Cong	Accid	Poluc	Ruido	C.Clim	AvaPost	Infraes	Total
Tramo por carretera	127,02	6,74	14,05	314,73	46,65	20,23	26,98	556,4
Servicio ferroviario	6,96	13,92	27,85	31,33	14,45	126	83,54	304,05
Paso portuario								
Servicio marítimo			0		0,02	0,01		0,03
Total ruta	133,98	20,66	41,9	346,06	61,12	146,24	110,52	860,48

Figura 4.5 Datos de externalidades de la cadena intermodal (Port Link 2016).

Si analizamos una situación similar a la descrita anteriormente, para el caso de una mercancía transportada desde España Peninsular hasta el puerto de las Palmas, veremos el gran peso que tiene el transporte marítimo, traduciéndose en una mayor cantidad de emisiones que deben ser añadidas a los materiales transportados hasta Canarias, con referencia a su mismo uso dentro del territorio peninsular.

En la figura 4.6, observamos la ruta descrita de un contenedor desde Bilbao hasta el puerto de las Palmas, pasando por el puerto de Barcelona, vemos las distintas distancias del recorrido, observando cómo es claro que la mayor de ellas es el tramo marítimo entre el puerto de Barcelona y el puerto de Las Palmas.

Aunque esta ruta no es la más corta, y posiblemente la más habitual, del transporte de ciertas mercancías y materiales desde la Península, la aplicación no permite realizar los cálculos directos desde otros puertos del sur de España, como pueden ser el de Cádiz o Huelva.

Ruta	Emisiones	Externalidades	Costes	
	O-D	Nombre del servicio	Dist.(km)	Tiempo (d)
Tramo por carretera	Bilbao - Bilbao Mercancías		5,59	0
Servicio ferroviario	Bilbao Mercancías - Morrot	Renfe	736,02	0,77
Tramo por carretera	Morrot - Barcelona		8,28	0
Paso portuario	Barcelona		2	1,5
Servicio marítimo	Barcelona - Las Palmas	CANARIAS	2.644	6
Total ruta			3.395,89	8,27

Figura 4.6 Descripción de la cadena intermodal (Port Link 2016).

Si comparamos las emisiones generadas en la cadena de transporte, como vemos en la figura 4.7, vemos la gran diferencia en la cantidad de CO₂ emitido en el transporte marítimo hasta el Puerto de las Palmas, dicho valor se verá reflejado en el cálculo de la Huella de Carbono de los materiales y mercancías, transportadas hasta Canarias, con respecto a la misma Huella de estos materiales en el continente Europeo y en España Peninsular.

Ruta	Emisiones	Externalidades	Costes			
Kilogramos (Kg)	CO ₂ eq	NOx	PM2.5	CO	NMVOc	SOx
Tramo por carretera	5,08	0	0	0	0	
Servicio ferroviario	167,26					
Tramo por carretera	7,51	0	0	0,01	0	
Paso portuario	23,98	0,32				0,01
Servicio marítimo	324,35	8,11	0,57	0,76	0,28	2,05
Total ruta	528,18	8,43	0,57	0,77	0,28	2,06

Figura 4.7 Resultado de la emisiones en la cadena intermodal (Port Link 2016)

4.4. Evaluación de los Resultados Obtenidos en el Transporte Marítimo.

Para calcular las emisiones de CO₂ en el tramo marítimo desde el Puerto de Barcelona, que hemos utilizado como referencia en el apartado 4.1.1 de este documento.

Teniendo en cuenta la distancia que existe entre el puerto de Barcelona y el puerto de Las Palmas, que es de unos 2.644 Km, además de debemos aplicarle un coeficiente de incremento de longitud de un 13% [Port link 2016] para simular las condiciones reales de navegación, con lo que la distancia que tomaremos para el cálculo será de 2987,72 Km.

Partiendo de la formula de Trozzi, para el cálculo de la potencia.

$$Potencia = 2,9165 * GT^{0,8719}$$

Tomando como valor de GT de 53.600, que el valor que suelen tener los portacontenedores de tamaño medio [Guía Port Link 2016], se obtiene una potencia de: 38.745,45 kW.

Asimismo, calculamos la cantidad de energía consumida, en función de la potencia y el tiempo de recorrido del buque, que aproximadamente de 6 días (144 horas).

$$Energia = 38.745,45 \text{ kW} * 144 \text{ h}$$

Obteniendo una cantidad de Energía de : 5.579.344,8 kW·h

A continuación, se calcula el consumos de combustible en relación a la energía consumida, teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$1kWh = 217g \text{ combustible}$$

Por lo que el consumo combustible de un portacontenedores de tamaño medio, en ruta desde el puerto de Barcelona hasta el puerto de las Palmas será de unos: 1210717821,6 g, es decir 1210,72 T.

Una vez conocido el consumo de combustible del buque en el trayecto completo, se multiplica por el peso de CO₂ en toneladas que se obtiene al quemar una tonelada de combustible (3,17), por el factor de puesta de combustible en el lugar de utilización (1,12) y así se obtendría el consumo máximo teórico. Este valor hay que corregirlo al 87% (en fase de crucero no trabajan al 100%), y tener en cuenta los consumos de fases de maniobra y “hotelling” del barco. Finalmente se dividirá por el número de TEUS que lleva el buque, suponiendo que va cargado al 80% [CORINAIR, Port Link 2016].

Con todo esto, el valor obtenido para las toneladas emitidas de CO₂ por TEU es el siguiente:

$$T CO_2 = \frac{1210,7178 * (0,87 + 0,033 * 0,2 + 0,0233 * 0,2) * 3,17 * 1,12}{4800 * 0,8}$$

Obteniendo un total de 986,5 kg de CO₂ emitidas por cada contenedor que es transportado desde el puerto de Barcelona hasta el puerto de las Palmas.

Una vez obtenido las emisiones de CO₂ en el transporte marítimo, y teniendo en cuenta que éste es factor determinante en el cálculo de la Huella de Carbono de los materiales transportados hasta Canarias.

4.5. Evaluación de los Resultados para el Transporte por Carretera.

Los cálculos correspondientes al transporte por carretera, aunque en los ejemplos anteriores se ha considerado el ferrocarril como parte de la cadena intermodal de transporte, no disponemos de datos necesarios para obtener las emisiones generadas en el transporte ferroviario, sin embargo, consideramos que estos valores serán bajos en referencia a los generados por el transporte por carretera.

Utilizando el método de cálculo de la Ecocalculadora de Port Link, y aplicando la siguiente fórmula descrita en su metodología, podemos obtener la cantidad de CO₂ emitidos a la atmosfera para el transporte de un contenedor por carretera, en un camión tipo, según las referencias de la guía. [Port Link 2014]

$$CO_2 \left(\frac{T}{TEU} \right) = d * C * f_{carga} * \left(\frac{3,14}{2} \right) * f_{combustible}$$

donde:

d = distancia recorrida por el camión

C = Consumo del camión (0,28 Kg/Km)

F_{carga} = 1,25

F_{combustible} = 1,12

3,14 es el valor medio de contenido de Carbono en el gasoil.

Obteniendo un valor medio de 61,5 Kg de CO₂ por cada 100 km recorridos, por cada contenedor.

Si bien este valor parece pequeño en comparación con el obtenido en el tramo marítimo, este se eleva cuando se trata de recorrer grandes distancia por carretera, como puede ser el caso habitual de muchos transportes en España y Europa.

Sin embargo, es necesario tenerlo en cuenta en la cadena intermodal hacia las Islas, ya que algunas mercancías y materiales, deben recorrer largas distancias hasta el puerto antes de continuar con el tramo marítimo hasta Canarias.

De ahí la importancia que tienen estas cadenas intermodales, ya que con el uso de las llamadas autopistas marítimas, se logra reducir las emisiones y los costes de los transportes en Europa.

4.6. Referencias Bibliográficas del Capítulo 4.

[ENTEC, 2005] ENTEC UK LIMITED: Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments.

[COM 2011]. European Commission: White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area-Towards a competitive and resource efficient transport system. (144) Bruselas.

[CORINAIR, 2014] Emission Inventory Guidebook

[Port Link, 2016]Port Link y Ecocalculadora Guía de aplicación, Port de Barcelona.

[Trozzi, 2010] Emission estimate methodology for maritime navigation.

5. Evaluación , El caso de Canarias.

5.1. Introducción.

En este capítulo evaluaremos el consumo de los materiales utilizados en la fase de construcción de las edificaciones en Canarias como Región Ultraperiférica de Europa, determinando la Huella de Carbono de los principales materiales de construcción utilizados en las Islas, además de la correspondiente Huella aplicada al transporte de estos materiales, principalmente los materiales importados.

Se realizará una comparativa de cuatro viviendas tipo en distintas localidades de las Islas, con otras similares en la España Peninsular, como podemos ver en la tabla 5.1. determinando así como el valor añadido de la Huella de Carbono del transporte hasta Canarias, representa una parte importante de la evaluación total de la Huella de Carbono.

Vivienda tipo	Canarias (Islas)	España (península)
I	Las Palmas GC	Badalona
II	Vecindario	Baracaldo
III	Pto. del Rosario	Alicante
IV	La Laguna	Toledo

Tabla 5.1. Ejemplos de viviendas tipo, evaluación y comparación.

La evaluación se ha realizado con viviendas tipo, en dos localidades diferentes, una en Canarias frente a la misma en una localidad en España Peninsular, considerando los mismos materiales (consumo y tipología) en las viviendas tipo I y III, y considerando los materiales habitualmente utilizados en cada localidad en las tipo II y IV, además, de la evaluación de la HdC del transporte de los materiales en ambas localidades.

5.2. Viviendas Tipo.

Hemos determinado cuatro viviendas tipo que nos servirán como ejemplo para evaluar la Huella de Carbono de las edificaciones en Canarias, y a su vez compararlas como una vivienda de iguales características ubicadas en la Península según la figura 5.1.

Determinando, por una parte, las características constructivas de cada una de ellas, y el consumo de los materiales de cada tipología, con el fin de evaluar la Huella de Carbono de estos materiales desde su fabricación hasta la puesta en obra, los consumos necesarios para la puesta en obra están se consideran incluidos en la energía incorporada en los materiales, como vimos en el capítulo anterior.

5.2.1. Vivienda Tipo I.

Se trata de una vivienda plurifamiliar entre medianeras, ubicada en Las Palmas de Gran Canaria, y se comparara con una vivienda similar en Badalona (Cataluña).

• Uso previsto (superficie construida)	
- Vivienda	100.00 m ²
- Elementos comunes	10.00 m ²
- Espacio habitable bajo cubierta	6.00 m ²
- Local comercial	0.00 m ²
- Trasteros	10.00 m ²
- Garaje	30.00 m ²
- Oficinas	0.00 m ²
• Superficie total construida	156.00 m²
• Longitud de fachada a la calle	10.00 m
• 5 plantas sobre rasante	
• 1 planta bajo rasante	

Mediciones producidas por una versión educativa de CYPE.

5.2.2. Vivienda Tipo II.

Esta vivienda ubicada en la localidad de Vecindario (Gran Canaria), se comparara con una de mismas características ubicada en Baracaldo (Bilbao), y se trata de una vivienda plurifamiliar entre medianeras.

• Uso previsto (superficie construida)	
- Vivienda	70.00 m ²
- Elementos comunes	10.00 m ²
- Espacio habitable bajo cubierta	4.00 m ²
- Local comercial	0.00 m ²
- Trasteros	4.00 m ²
- Garaje	20.00 m ²
- Oficinas	0.00 m ²
• Superficie total construida	108.00 m²
• Longitud de fachada a la calle	6.00 m
• 2 plantas sobre rasante	

Mediciones producidas por una versión educativa de CYPE.

En esta evaluación, se han considerado los materiales utilizados tradicionalmente en cada territorio, donde se destaca el uso de bloques de hormigón vibrado en la localidad Canaria, frente a los ladrillos cerámicos en Baracaldo.

5.2.3. Vivienda Tipo III.

Esta tipología corresponde a una vivienda unifamiliar aislada ubicada en la Isla de Fuerteventura, en la localidad de Puerto del Rosario, comparándola con una vivienda de iguales características con una ubicada en Alicante.

• Superficie de la parcela	300.00 m ²
• Uso previsto (superficie construida)	
- Vivienda	120.00 m ²
- Espacio habitable bajo cubierta	15.00 m ²
- Trasteros	10.00 m ²
- Garaje	40.00 m ²
• Superficie total construida	185.00 m ²
• 2 plantas sobre rasante	
• 1 planta bajo rasante	

Mediciones producidas por una versión educativa de CYPE.

5.2.4. Vivienda Tipo IV.

Por último, evaluaremos una vivienda adosada aislada en La Laguna (Tenerife), comparándola con la misma ubicada en Toledo (Castilla-La Mancha). De igual manera a la vivienda tipo II, se diferencia el uso de los materiales locales, bloques de hormigón y ladrillos cerámicos.

• Superficie de la parcela	1600.00 m ²
• Uso previsto (superficie construida)	
- Vivienda	100.00 m ²
- Espacio habitable bajo cubierta	60.00 m ²
- Trasteros	8.00 m ²
- Garaje	30.00 m ²
• Superficie total construida	198.00 m ²
• 2 plantas sobre rasante	

Mediciones producidas por una versión educativa de CYPE.

5.3. Evaluación de la HdC de los materiales en la edificación.

Como ya hemos comentado anteriormente, en este TFM nos centraremos en la evaluación de la Huella de Carbono de los materiales más utilizados en las edificaciones en Canarias y su correspondiente Huella asociada al transporte, principalmente desde el territorio continental, como elemento diferenciador de generación de Huella, sin profundizar en otras emisiones indirectas que se dan en la fase de construcción, dada la dificultad de obtener parámetros reales y fiables para su evaluación, como se ha comentado en el capítulo anterior de Metodología.

Nos centraremos en los principales materiales de construcción utilizados en las edificaciones, los cuales podemos ver resumidos en la tabla 5.2. indicando a su vez, el origen de los mismos que se tendrán en cuenta en la evaluación de la Huella en el transporte.

MATERIAL	ORIGEN
HORMIGON	LOCAL
ACERO	BILBAO
BLOQUE H	LOCAL
LADRILLO	CASTELLON
CERAMICOS	CASTELLON
MORTEROS	LOCAL
PINTURA	CATALUÑA
YESO	ARAGON

Tabla 5.2. Materiales evaluados y sus principales orígenes.

5.3.1. Huella de Carbono de los Materiales de Construcción.

A la hora de evaluar y determinar la HdC de los materiales de construcción, es necesario conocer una serie de parámetros que dependen de su proceso constructivo, como hemos visto en el capítulo 3 Metodología apartado 3.2 y 3.3 es necesario conocer el análisis del ciclo de vida de los materiales, este valor va a depender de su proceso de extracción como materia prima y el grado de industrialización aplicada a este, bien por medio de los kW/h consumidos en su fabricación, o bien obteniendo la energía incorporada al mismo para la obtención de un material comercial.

Estos valores deberían ser facilitados por los fabricantes, pero, actualmente son valores difíciles de obtener, pues esta información no se ve reflejada en las etiquetas de los productos, ni en la información que ofrecen las páginas web de los principales fabricantes.

En esta evaluación, hemos utilizados los valores de energía incorporada, contenidos en la tabla 3.6 del capítulo anterior, correspondientes a los valores reunidos por el ITEC y el IDAE. En la tabla 5.3 veremos un resumen de estos valores, correspondientes a los principales materiales utilizados en las edificaciones.

Partiendo de las mediciones de proyecto obtenidas con una versión educativa de CYPE [© CYPE, 2016], obtenemos el consumo en peso de los materiales empleados. Como hemos comentado anteriormente, nos hemos centrado en los materiales más representativos y de mayor consumo en la edificación.

5.3.1. Evaluación de la HdC en el Consumo de Materiales.

Utilizando la metodología descrita en el capítulo 3, en el apartado 3.3.1, cálculo de la Huella de los materiales, y aplicando la metodología y formulaciones que allí se describen, según la siguiente metodología de aplicación:

- Utilización de los valores de la energía incorporada que de la tabla resumen 5.3, dicha energía hace relación a la fabricación del material y puesta en obra.
- El consumo en peso de los materiales, obtenidos de las mediciones del proyecto, y los pesos específicos de dichos materiales, sin tener en cuenta de las pérdidas y los residuos generados de cada uno de los materiales durante la fase de construcción.
- Determinar la Huella energética de los materiales, suponiendo que la energía necesaria para su fabricación procede de combustibles fósiles, cuya productividad energética (Pc) es de 71.000 MJ/ha.

MATERIAL	Eiem (MJ/kg)
Hormigón tipo, fabricado en central con una cantidad media de cemento de 250 kg/m³.	1,2
Armaduras de Acero B500 S, manufacturado en taller.	37,0
Bloque hueco de Hormigón vibrado.	2,4
Ladrillo cerámico hueco.	2,8
Alicatados y pavimentos cerámicos.	2,4
Morteros para revestimientos, solados y enfoscados.	1,0
Pintura plástica.	20,0
Yeso para Guarnecidos.	2,9

Tabla 5.3. Tabla resumen de la energía incorporada en los materiales [ITEC, IDAE]

Aunque durante la construcción de una edificación intervienen muchos mas materiales de construcción, hemos considerado centrarnos, únicamente en estos dada su importancia y peso en la edificación, frente a los demás materiales, como carpinterías, instalaciones, entre otros, cuyo consumo en peso es menor y su cuantificación resulta mas compleja.

Las formulaciones descritas en el capítulo 3, donde se describe la metodología de cálculo de la Huella de los materiales de construcción, se utilizarán como base de cálculo de la HdC de los materiales, utilizando como datos de cálculo los descritos en la tabla 5.3, que muestran la energía incorporada en los materiales de construcción que forman parte de la edificación.

Para simplificar el proceso hemos utilizado directamente la siguiente fórmula, que permite calcular la Huella de Carbono en (ha) en hectáreas a partir de la energía incorporada en el material y su consumo en peso.

$$HdC = \left(\frac{\sum Cm * Eiem}{Pc} \right)$$

Donde:

HdC: Huella de Carbono de los materiales de construcción (ha)

Cm: consumo del material (kg)

Eiem: Energía incorporada específica del material (MJ/kg)

Pc: productividad energética del petróleo, cuyo valor es 71.000 MJ/ha

Obteniendo la superficie total de terreno en hectáreas necesarias para absorber las emisiones de CO₂ generadas por el consumo de los materiales utilizados en fase de construcción de una vivienda tipo.

No se tendrán en cuenta las emisiones correspondientes a la Huella de Carbono de la maquinaria y herramientas necesarias para la puesta en obra de estos materiales, durante la fase de edificación, dada su complejidad y considerando que los valores de energía incorporada ya contempla este consumo aunque de manera generalizada.

A continuación, veremos las tablas resumen de los resultados obtenidos de la evaluación del consumo de los materiales en las viviendas tipo descritas anteriormente.

5.4. Tablas Resumen de la HdC del Consumo de Materiales.

5.4.1. HdC de los Materiales. Vivienda tipo I.

MATERIAL	Cm (kg)	Eiem (MJ/kg)	HdC (ha)	HdC %	TCO2
Hormigón tipo, fabricado en central con una cantidad media de cemento de 250 kg/m3.	393477,6	1,2	6,3732	55,78	1,2233
Armaduras de Acero B500 S, manufacturado en taller.	7656,6	37,0	3,9900	34,92	0,7658
Bloque hueco de Hormigón vibrado.	14633,5	2,4	0,4947	4,33	0,0949
Ladrillo cerámico hueco.	556,1	2,8	0,0219	0,19	0,0042
Alicatados y pavimentos cerámicos.	4875,0	2,4	0,1648	1,44	0,0316
Morteros para revestimientos, solados y enfoscados	23053,2	1,0	0,3247	2,84	0,0623
Pintura plástica.	88,1	20,0	0,0248	0,22	0,0048
Yeso para Guarnecidos	783,2	2,9	0,0323	0,28	0,0062
TOTAL	445123,2		11,43	100	2,1932

A la vista de los resultados obtenidos en la tabla anterior, obtenemos un valor de Huella de Carbono de 11,43 ha, correspondientes a 2,19 toneladas de CO₂ emitidos a la atmósfera, de ellos un 90,7% corresponde solo a la estructura formada por hormigón y acero. Sin embargo, aunque el hormigón es el responsable de más del 50% de esta Huella, vemos igualmente que el acero presenta la segunda Huella más alta y el consumo de este es mucho menor en peso que el hormigón y otros materiales, como podemos ver en la figura 5.1. Recordemos que solo se está evaluando la HdC de los materiales consumidos en una edificación sin su transporte.

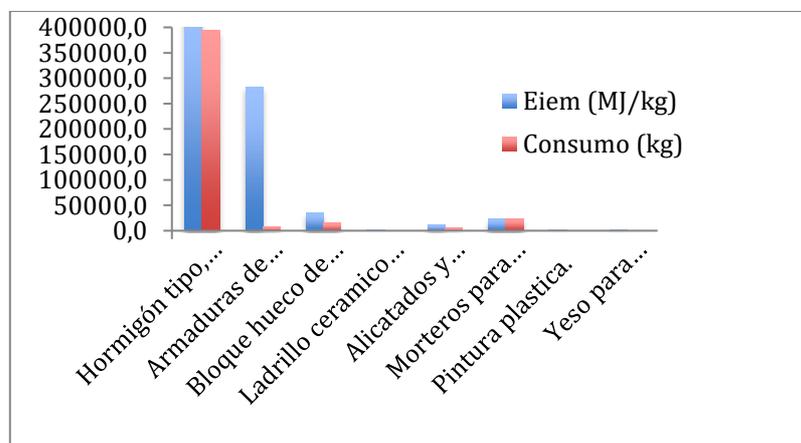


Figura 5.1. Relación de consumo y energía incorporada.

5.4.2. HdC de los Materiales. Vivienda tipo II.

MATERIAL	Cm (kg)	Eiem (MJ/kg)	HdC (ha)	HdC %	TCO2
Hormigón tipo, fabricado en central con una cantidad media de cemento de 250 kg/m3.	169939,2	1,2	2,7525	49,53	0,5283
Armaduras de Acero B500 S, manufacturado en taller.	4618,8	37,0	2,4070	43,31	0,4620
Bloque hueco de Hormigón vibrado.	4583,9	2,4	0,1549	2,79	0,0297
Ladrillo cerámico hueco.	413,4	2,8	0,0163	0,29	0,0031
Alicatados y pavimentos cerámicos.	2323,7	2,4	0,0785	1,41	0,0151
Morteros para revestimientos, solados y enfoscados	8245,22	1,0	0,1161	2,09	0,0223
Pintura plástica.	66,7	20,0	0,0188	0,34	0,0036
Yeso para Guarnecidos	308,5	2,9	0,0127	0,23	0,0024
TOTAL	190499,5		5,6	100	1,0666

Tabla. Resumen HdC de los materiales en Vecindario.

En esta evaluación, destacamos que se han utilizados los materiales de albañilería tradicionalmente usados en cada localidad, en el caso de la vivienda ubicada en Vecindario, esto se traduce al uso de bloques de hormigón vibrado como principal material en cerramientos, frente a ladrillos cerámicos utilizados en la localidad Peninsular de Baracaldo.

MATERIAL	Cm (kg)	Eiem (MJ/kg)	HdC (ha)	HdC %	TCO2
Hormigón tipo, fabricado en central con una cantidad media de cemento de 250 kg/m3.	169939,2	1,2	2,7525	49,53	0,5283
Armaduras de Acero B500 S, manufacturado en taller.	4618,8	37,0	2,4070	43,31	0,4620
Bloque hueco de Hormigón vibrado.	413,4	2,4	0,0140	0,25	0,0027
Ladrillo cerámico hueco.	4583,9	2,8	0,1808	3,25	0,0347
Alicatados y pavimentos cerámicos.	2323,7	2,4	0,0785	1,41	0,0151
Morteros para revestimientos, solados y enfoscados	8245,22	1,0	0,1161	2,09	0,0223
Pintura plástica.	66,7	20,0	0,0188	0,34	0,0036
Yeso para Guarnecidos	308,5	2,9	0,0127	0,23	0,0024
TOTAL	190499,4		6,0	100	1,0711

Tabla. Resumen HdC de los materiales en Baracaldo.

Con lo que tenemos un diferencia de 0,4 ha, en el resultado de la HdC de las dos localidades. Si embargo obtenemos unas emisiones de CO₂ de poco mas de una tonelada, correspondientes a una HdC de 5,6 (ha) de la vivienda en Vecindario, y 6,0 (ha) la vivienda ubicada en Baracaldo, tengamos en cuenta la relación que existe entre las toneladas de CO₂ y las hectáreas equivalentes que corresponden a la Huella de Carbono descritas en el capítulo 3, correspondiente al factor de absorción de los bosques que se ha fijado en una media de 5,21 T CO₂/ha.

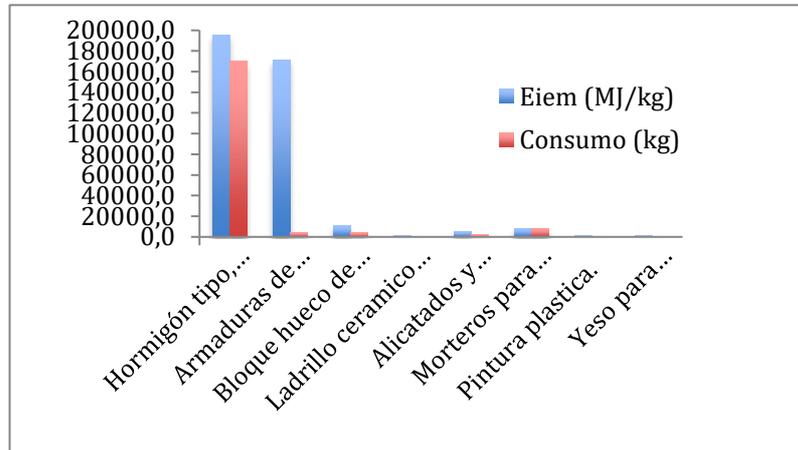


Figura 5.2a. Relación de consumo y energía incorporada.

A la vista de las figuras 5,2a y 5,2b, podemos determinar que la HdC de las edificaciones en las dos localidades, son prácticamente iguales, teniendo en cuenta el uso de los materiales tradicionalmente usados en cada localidad, demostrando una vez más la importancia del conocimiento de la HdC del transporte de estos, a la hora de determinar la Huella de Carbono de una edificación en fase de construcción.

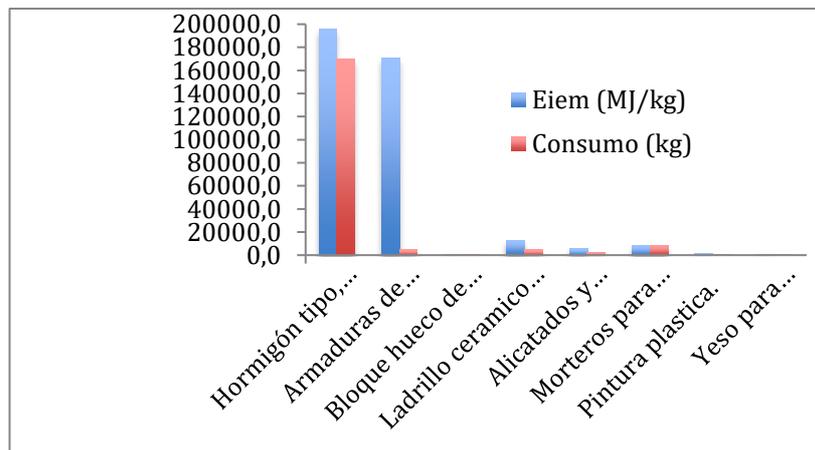


Figura 5.2b. Relación de consumo y energía incorporada.

Comprobamos, de nuevo, como la gran cantidad de energía incorporada en la fabricación de acero, hace que este tenga una Huella de Carbono muy alta en relación en peso, con otros materiales evaluados.

5.4.3. HdC de los Materiales. Vivienda tipo III.

MATERIAL	Cm (kg)	Eiem (MJ/kg)	HdC (ha)	HdC %	TCO2
Hormigón tipo, fabricado en central con una cantidad media de cemento de 250 kg/m3.	481753,0	1,2	7,8030	54,02	1,4977
Armaduras de Acero B500 S, manufacturado en taller.	11685,9	37,0	6,0899	42,16	1,1689
Bloque hueco de Hormigón vibrado.	4150,2	2,4	0,1403	0,97	0,0269
Ladrillo cerámico hueco.	2195,8	2,8	0,0866	0,60	0,0166
Alicatados y pavimentos cerámicos.	5228,7	2,4	0,1767	1,22	0,0339
Morteros para revestimientos, solados y enfoscados	7576,425	1,0	0,1067	0,74	0,0205
Pintura plástica.	79,8	20,0	0,0225	0,16	0,0043
Yeso para Guarnecidos	448,5	2,9	0,0185	0,13	0,0036
TOTAL	513118,2		14,4	100	2,7724

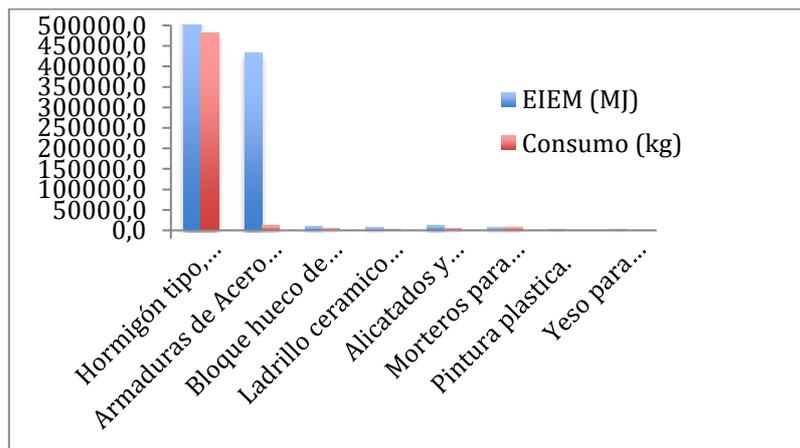


Figura 5.3. Relación de consumo y energía incorporada.

Siguiendo la tendencia, la parte estructural de las edificaciones es la responsable de la mayor parte de la HdC de la edificación con un 96,18%, y se emiten un total de 2,77 T de CO₂ a la atmósfera, cuyo valor parece pequeño, pero tengamos en cuenta que es solo una parte representativa de las emisiones totales de la edificación.

5.4.4. HdC de los Materiales. Vivienda tipo IV.

MATERIAL	Cm (kg)	Eiem (MJ/kg)	HdC (ha)	HdC %	TCO2
Hormigón tipo, fabricado en central con una cantidad media de cemento de 250 kg/m3.	330189,6	1,2	<u>5,3481</u>	<u>65,23</u>	1,0265
Armaduras de Acero B500 S, manufacturado en taller.	4053,6	37,0	<u>2,1124</u>	<u>25,76</u>	0,4055
Bloque hueco de Hormigón vibrado.	6633,3	2,4	<u>0,2242</u>	2,73	0,0430
Ladrillo cerámico hueco.	732,6	2,8	0,0289	0,35	0,0055
Alicatados y pavimentos cerámicos.	6594,4	2,4	0,2229	2,72	0,0428
Morteros para revestimientos, solados y enfoscados	10584,75	1,0	0,1491	1,82	0,0286
Pintura plástica.	141,4	20,0	0,0398	0,49	0,0076
Yeso para Guarnecidos	1779,5	2,9	0,0734	0,90	0,0141
TOTAL	360709,1		<u>8,2</u>	100	1,5737

Tabla. Resumen HdC de los materiales en La Laguna.

MATERIAL	Cm (kg)	Eiem (MJ/kg)	HdC (ha)	HdC %	TCO2
Hormigón tipo, fabricado en central con una cantidad media de cemento de 250 kg/m3.	330189,6	1,2	<u>5,3481</u>	<u>65,23</u>	1,0265
Armaduras de Acero B500 S, manufacturado en taller.	4053,6	37,0	<u>2,1124</u>	<u>25,76</u>	0,4055
Bloque hueco de Hormigón vibrado.	732,6	2,4	0,0248	0,30	0,0048
Ladrillo cerámico hueco.	6633,3	2,8	<u>0,2616</u>	3,19	0,0502
Alicatados y pavimentos cerámicos.	6594,4	2,4	0,2229	2,72	0,0428
Morteros para revestimientos, solados y enfoscados	10584,75	1,0	0,1491	1,82	0,0286
Pintura plástica.	141,4	20,0	0,0398	0,49	0,0076
Yeso para Guarnecidos	1779,5	2,9	0,0734	0,90	0,0141
TOTAL	360709,1		<u>8,7</u>	100	1,5801

Tabla. Resumen HdC de los materiales en Toledo.

Al igual que en la evaluación de la vivienda tipo II, la diferencia entre la HdC de las dos viviendas es poco significativa, teniendo en cuenta la diferencia de los materiales utilizados en los cerramientos, bloques de hormigón en la vivienda ubicada en La Laguna, frente a los ladrillos cerámicos utilizados en el caso de Toledo.

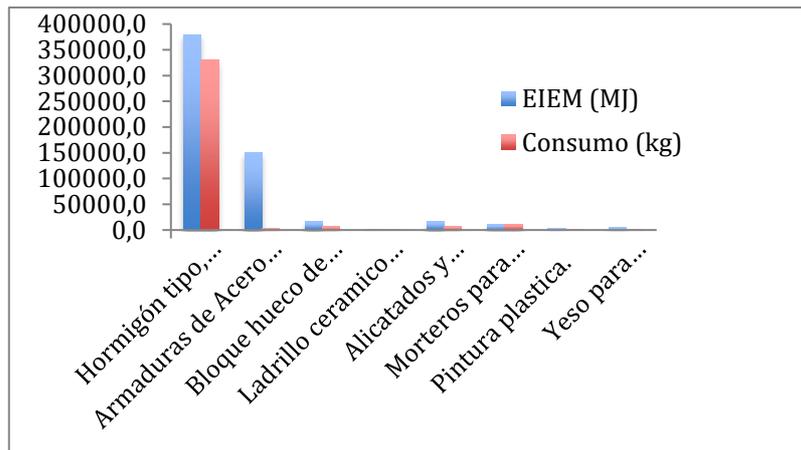


Figura 5.4a. Relación de consumo y energía incorporada.

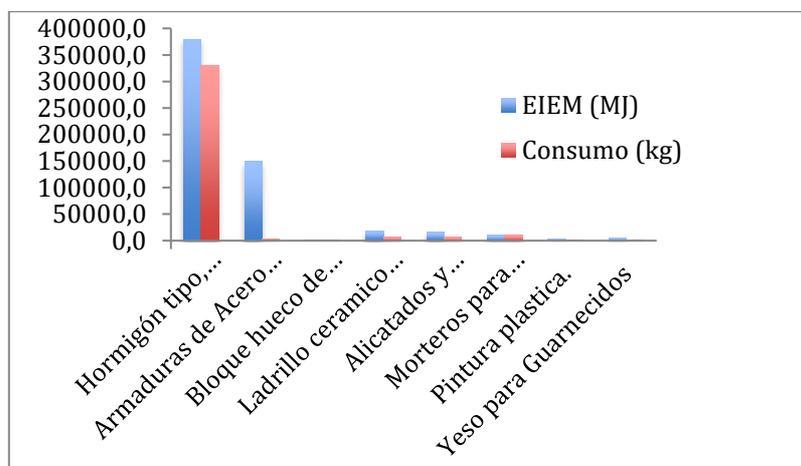


Figura 5.4b. Relación de consumo y energía incorporada.

Además, en esta evaluación vemos como el uso del acero disminuye, reduciendo considerablemente la HdC de este material frente a otras tipologías de viviendas, donde la Huella del acero es superior al 40% del total de la vivienda, esto es debido al uso mayoritario del hormigón como elemento estructural, según el tipo de vivienda.

5.5. Evaluación de la HdC en el Transporte de los Materiales.

Para la evaluación de la Huella de Carbono generada en el transporte de los materiales de construcción utilizados en esta evaluación, seguiremos la metodología descrita en el capítulo 4, basándonos en los resultados obtenidos con la ayuda de la aplicación Port Link del puerto de Barcelona.

Hemos considerado para esta evaluación, que las cuatro viviendas tipo son construidas en las mismas condiciones en dos localidades diferentes cada una de ellas, una localidad ubicada en Canarias como Región Ultraperiférica y otra en una localidad similar en la Península.

Considerando como transporte, el necesario desde pie de fábrica a pie de obra, incluido la carga y las descargas de los mismos. Por lo que se considera un tramo por carretera en camiones tipo y un tramo marítimo para los casos de materiales que son necesarios transportar hasta los puertos Canarios.

5.5.1. Transporte de los Materiales por Carretera.

Como hemos mencionado anteriormente, nos hemos basado en la metodología que describe la aplicación del puerto de Barcelona, descrita en el capítulo 4. Apartado 4.5 obteniendo un valor medio de 61,5 kg de CO₂ por cada 100 kilómetros recorridos.

Además, hemos considerado dos factores de corrección de las emisiones del transporte por carretera, uno correspondiente a los transportes en territorio peninsular y otro correspondientes al transporte insular.

La elección de estos coeficientes se ha determinado partiendo de las condiciones particulares de cada territorio, tipología de las carreteras, tiempos de espera y antigüedad del parque motor, obteniendo los siguientes coeficientes descritos en la tabla 5.4.

Emplazamiento del transporte	Factor de corrección
Transporte Peninsular	1,25
Transporte Insular	1,35

Tabla 5.4. Factores de corrección del transporte por carretera.

Se ha tenido en cuenta el caso que los camiones no vayan cargados del todo, o bien la necesidad de más de un transporte por la cantidad de material demandado, como es el caso del hormigón, donde se considera que un camión recorre un número de kilómetros similar a la cantidad de transporte necesarios para transportar los M³, consumidos en cada una de las edificaciones.

Los resultados obtenidos en TCO₂, han sido traducidos a hectáreas equivalentes (ha), para obtener la Huella de Carbono, utilizando el factor de conversión de 5,21 TCO₂/ha y año.

5.5.2. Transporte Marítimo de los Materiales hacia Canarias.

En el caso del transporte marítimo, hemos utilizado la metodología descrita en el apartado 4.4 del capítulo 4, basado en la metodología descrita en la guía de aplicación, describiendo una cadena intermodal compuesta por la parte del recorrido realizada por carretera, y la correspondiente al tramo marítimo.

Recordemos, que se ha utilizado como punto de inicio del tramo marítimo el puerto de Barcelona, pues la aplicación Port Link solo nos ofrece resultados usando este puerto como parte de la cadena intermodal.

Siguiendo las consideraciones descritas en el apartado 4.4, hemos obtenido las emisiones en TCO₂ correspondientes a las toneladas de material transportado en un contenedor de 40", desde el puerto de Barcelona hasta el puerto Canario que corresponda. Igualmente se ha utilizado el factor de conversión de 5,21 TCO₂/ha y año, para obtener el valor de la HdC del transporte por carretera.

También se ha utilizado un factor de corrección que corresponde al paso portuario, estiba y desestiba de los contenedores. Aparte de los factores de corrección que se aplican en el cálculo del tramo marítimo, correspondientes a las condiciones del transporte como pueden ser, condiciones climáticas, factor de carga entre otros descritos en el apartado 4.4.

Una vez determinado el tramo marítimo, ya podemos obtener los resultados de los transportes hasta los puertos Canarios como veremos en el siguiente apartado.

5.6. Tablas resumen del Transporte de los Materiales.

Teniendo en cuenta el origen de los materiales utilizados en las distintas tipologías de viviendas evaluadas, y la localidad donde estas se emplazan hemos obtenido las siguientes tablas que resumen los resultados de la evaluación de la Huella de Carbono asociada a las emisiones de CO₂ emitidas el transporte tanto por carretera como en el tramo marítimo de cada uno de los materiales descritos al inicio del de este capítulo.

5.6.1. HdC del Transporte de los Materiales. Vivienda tipo I.

Vamos a evaluar la Huella de Carbono correspondiente al transporte de los materiales consumidos en la vivienda tipo I. Teniendo en cuenta que esta será construida con las mismas características en dos localidades diferentes, donde las únicas diferencias que vamos a apreciar es el origen de los materiales utilizados, las distancias y tipología de transporte necesario para poner los materiales a pie de obra.

En las siguientes tablas veremos el origen de los materiales en función al emplazamiento, y a continuación en la tabla 5.5 y 5.6 podemos observar los resultados correspondientes a la evaluación de la Huella de Carbono del transporte de los materiales en cada una de las localidades.

Localidad Canaria: Las Palmas de Gran Canaria.

MATERIAL	ORIGEN	DESTINO
HORMIGON	GC	LPA
ACERO	BILBAO	LPA
BLOQUE H	GC	LPA
LADRILLO	CASTELLON	LPA
CERAMICOS	CASTELLON	LPA
MORTEROS	GC	LPA
PINTURA	BARCELONA	LPA
YESO	ZARAGOZA	LPA

Localidad Peninsular: Badalona (Barcelona).

MATERIAL	ORIGEN	DESTINO
HORMIGON	BADALONA	BADALONA
ACERO	BILBAO	BADALONA
BLOQUE H	BADALONA	BADALONA
LADRILLO	CASTELLON	BADALONA
CERAMICOS	CASTELLON	BADALONA
MORTEROS	BADALONA	BADALONA
PINTURA	BARCELONA	BADALONA
YESO	ZARAGOZA	BADALONA

MATERIAL	DISTANCIA (km)		EMISIONES (TCO2)		FACTOR DE CORRECCION		CAMION	BARCO	CO2 GLOBAL (T)	CO2 Consumido (T)	HdC (ha)	% HdC
	CONSUMO (T)	CAP CARGA (T)	CAMION (KM)	BARCO (KM)	CAMION (T)	BARCO (T)						
HORMIGON	393,48	10,40	960	0	0,801	0	1,35	0	1,0820	1,0820	5,6370	51,6
ACERO	7,66	27,80	660	2590	0,551	0,9865	1,25	1,3	1,9712	0,5429	2,8285	25,9
BLOQUE H	14,63	15,00	50	0	0,042	0	1,35	0	0,0564	0,0564	0,2936	2,7
LADRILLO	0,56	27,80	280	2590	0,234	0,9865	1,25	1,3	1,5746	0,0315	0,1641	1,5
CERAMICOS	4,88	27,80	280	2590	0,234	0,9865	1,25	1,3	1,5746	0,2761	1,4386	13,2
MORTEROS	23,05	15,00	50	0	0,042	0	1,35	0	0,0564	0,0564	0,2936	2,7
PINTURA	0,09	27,80	100	2590	0,083	0,9865	1,25	1,3	1,3868	0,0044	0,0229	0,2
YESO	0,78	27,80	360	2590	0,301	0,9865	1,25	1,3	1,6581	0,0467	0,2434	2,2
TOTAL											10,9217	100,0

Tabla 5.5. Resultados de la evaluación de la HdC en el transporte a Las Palmas G.C.

MATERIAL	DISTANCIA (km)		EMISIONES (TCO2)		FACTOR DE CORRECCION		CAMION	BARCO	CO2 GLOBAL (T)	CO2 Consumido (T)	HdC (ha)	% HdC
	CONSUMO (T)	CAP CARGA (T)	CAMION (KM)	BARCO (KM)	CAMION (T)	BARCO (T)						
HORMIGON	393,48	10,40	960	0	0,801	0	1,25	0	1,0018	1,0018	5,2195	76,0
ACERO	5,50	27,80	650	0	0,543	0	1,25	0	0,6783	0,1342	0,6992	10,2
BLOQUE H	14,63	15,00	50	0	0,042	0	1,25	0	0,0522	0,0522	0,2718	4,0
LADRILLO	0,56	27,80	300	0	0,250	0	1,25	0	0,3125	0,0063	0,0326	0,5
CERAMICOS	4,88	27,80	300	0	0,250	0	1,25	0	0,3131	0,0549	0,2860	4,2
MORTEROS	23,05	15,00	50	0	0,042	0	1,25	0	0,0522	0,0522	0,2718	4,0
PINTURA	0,09	15,00	50	0	0,042	0	1,25	0	0,0522	0,0003	0,0016	0,0
YESO	0,78	15,00	305	0	0,255	0	1,25	0	0,3183	0,0166	0,0866	1,3
TOTAL											6,8691	100,0

Tabla 5.6. Resultados de la evaluación de la HdC en el transporte a Badalona.

A raíz de los resultados obtenidos en la evaluación del transporte de los materiales de construcción en las dos localidades comparadas, observamos que en el transporte de los materiales de origen local apenas hay diferencia, sin embargo, en el caso de transporte de los materiales a las Islas, vemos un incremento de estas emisiones, traducidas en una Huella de Carbono superior en un 61,4% con respecto a la HdC de los materiales transportados hacia Badalona.

Podemos observar que este incremento se debe principalmente a las emisiones generadas en el transporte de los materiales por medios marítimos, y en especial al transporte de aceros y materiales cerámicos, los cuales son necesarios en las edificaciones. También existen una serie de materiales de origen local que en ocasiones son traídos de fuera a un precio muy competitivo pero no se tiene en cuenta esas emisiones que se están generando en el transporte de los mismos, pero esto será discutido mas adelante en el capítulo de conclusiones.

5.6.2. HdC del Transporte de los Materiales. Vivienda tipo II.

En este caso, evaluaremos el transporte de los materiales de dos localidades con características similares, al encontrarse las dos cerca de una zona industrial Vecindario (G.C.) y Baracaldo (Bilbao), sin embargo veremos de nuevo como la localidad Canaria al encontrarse en una Región Ultraperiférica depende mucho de la importación de materiales como el acero para desarrollar sus edificaciones.

Localidad Canaria: Vecindario, Gran Canaria.

MATERIAL	ORIGEN	DESTINO
HORMIGON	GC	VECINDARIO
ACERO	BILBAO	VECINDARIO
BLOQUE H	GC	VECINDARIO
LADRILLO	CASTELLON	VECINDARIO
CERAMICOS	CASTELLON	VECINDARIO
MORTEROS	GC	VECINDARIO
PINTURA	BARCELONA	VECINDARIO
YESO	ZARAGOZA	VECINDARIO

Localidad Peninsular: Baracaldo, Bilbao.

MATERIAL	ORIGEN	DESTINO
HORMIGON	BILBAO	BARACALDO
ACERO	BILBAO	BARACALDO
BLOQUE H	BILBAO	BARACALDO
LADRILLO	CASTELLON	BARACALDO
CERAMICOS	CASTELLON	BARACALDO
MORTEROS	BILBAO	BARACALDO
PINTURA	BILBAO	BARACALDO
YESO	BILBAO	BARACALDO

MATERIAL	DISTANCIA (km)		EMISIONES (TCO2)		FACTOR DE CORRECCION		CO2 GLOBAL (T)	CO2 Consumido (T)	HdC (ha)	% HdC		
	CONSUMO (T)	CAP CARGA (T)	CAMION (KM)	BARCO (KM)	CAMION (T)	BARCO (T)						
HORMIGON	169,94	10,40	330	0	0,276	0	1,35	0	0,3719	0,3719	1,9377	40,1
ACERO	4,62	27,80	680	2590	0,568	0,9865	1,25	1,3	1,9921	0,3310	1,7244	35,7
BLOQUE H	4,58	15,00	20	0	0,017	0	1,35	0	0,0225	0,0225	0,1174	2,4
LADRILLO	0,41	27,80	310	2590	0,259	0,9865	1,25	1,3	1,6060	0,0239	0,1244	2,6
CERAMICOS	2,32	27,80	310	2590	0,259	0,9865	1,25	1,3	1,6060	0,1342	0,6994	14,5
MORTEROS	8,25	15,00	20	0	0,017	0	1,35	0	0,0225	0,0225	0,1174	2,4
PINTURA	0,07	27,80	100	2590	0,083	0,9865	1,25	1,3	1,3868	0,0033	0,0173	0,4
YESO	0,31	27,80	360	2590	0,301	0,9865	1,25	1,3	1,6581	0,0184	0,0959	2,0
TOTAL											4,8340	100,0

Tabla 5.7. Resultados de la evaluación de la HdC en el transporte a Vecindario.

MATERIAL	DISTANCIA (km)		EMISIONES (TCO2)		FACTOR DE CORRECCION		CO2 GLOBAL (T)	CO2 Consumido (T)	HdC (ha)	% HdC		
	CONSUMO (T)	CAP CARGA (T)	CAMION (KM)	BARCO (KM)	CAMION (T)	BARCO (T)						
HORMIGON	169,94	10,40	330	0	0,276	0	1,25	0	0,3444	0,3444	1,7942	59,9
ACERO	4,62	27,80	20	0	0,017	0	1,25	0	0,0209	0,0035	0,0181	0,6
BLOQUE H	0,41	15,00	50	0	0,042	0	1,25	0	0,0522	0,0522	0,2718	9,1
LADRILLO	4,58	27,80	590	0	0,493	0	1,25	0	0,6157	0,1015	0,5289	17,7
CERAMICOS	2,32	27,80	590	0	0,493	0	1,25	0	0,6157	0,0515	0,2681	8,9
MORTEROS	8,25	15,00	20	0	0,017	0	1,25	0	0,0209	0,0209	0,1087	3,6
PINTURA	0,07	15,00	20	0	0,017	0	1,25	0	0,0209	0,0001	0,0005	0,0
YESO	0,31	15,00	50	0	0,042	0	1,25	0	0,0522	0,0011	0,0056	0,2
TOTAL											3,0050	100,0

Tabla 5.8. Resultados de la evaluación de la HdC en el transporte a Baracaldo.

5.6.3. HdC del Transporte de los Materiales. Vivienda tipo III.

En esta tipología de vivienda, hemos optado por comparar una edificación en una de las Islas menores, como es el caso de Fuerteventura, comparándola con una vivienda de iguales características ubicada en la localidad de Alicante.

En las tablas 5.9 y 5.10, podremos observar la gran diferencia que se aprecia con respecto a la vivienda ubicada en la península, teniendo en cuenta incluso que materiales como el acero tienen el mismo origen.

Localidad Canaria: Puerto de Rosario, Fuerteventura.

MATERIAL	ORIGEN	DESTINO
HORMIGON	ANTIGUA	PTO ROSARIO
ACERO	BILBAO	PTO ROSARIO
BLOQUE H	ANTIGUA	PTO ROSARIO
LADRILLO	CASTELLON	PTO ROSARIO
CERAMICOS	CASTELLON	PTO ROSARIO
MORTEROS	ANTIGUA	PTO ROSARIO
PINTURA	BARCELONA	PTO ROSARIO
YESO	ZARAGOZA	PTO ROSARIO

Localidad Peninsular: Alicante.

MATERIAL	ORIGEN	DESTINO
HORMIGON	ALICANTE	ALICANTE
ACERO	BILBAO	ALICANTE
BLOQUE H	ALICANTE	ALICANTE
LADRILLO	CASTELLON	ALICANTE
CERAMICOS	CASTELLON	ALICANTE
MORTEROS	ALICANTE	ALICANTE
PINTURA	BARCELONA	ALICANTE
YESO	VALENCIA	ALICANTE

Donde obtenemos un consumo de HdC en la edificación Canaria de 10,64 (ha), frente a 3,4 (ha) de la misma edificación si esta la ubicamos en alicante. Podremos apreciar un incremento del 75% de la Huella de Carbono entre una localidad a otra, y esto es debido principalmente al transporte marítimo de algunos de los materiales.

MATERIAL	DISTANCIA (km)				EMISIONES (TCO2)		FACTOR DE CORRECCION		CO2 GLOBAL (T)	CO2 Consumido (T)	HdC (ha)	% HdC
	CONSUMO (T)	CAP CARGA (T)	CAMION (KM)	BARCO (KM)	CAMION (T)	BARCO (T)	CAMION	BARCO				
HORMIGON	481,75	10,40	384	0	0,321	0	1,35	0	0,4328	0,4328	2,2548	21,2
ACERO	11,69	27,80	660	2900	0,551	1,3153	1,25	1,3	2,3986	1,0083	5,2532	49,4
BLOQUE H	4,15	15,00	5	0	0,004	0	1,35	0	0,0056	0,0056	0,0294	0,3
LADRILLO	2,20	27,80	280	2900	0,234	1,3153	1,25	1,3	2,0021	0,1581	0,8239	7,7
CERAMICOS	5,23	27,80	280	2900	0,234	1,3153	1,25	1,3	2,0021	0,3766	1,9619	18,4
MORTEROS	7,58	15,00	20	0	0,017	0	1,35	0	0,0225	0,0225	0,1174	1,1
PINTURA	0,08	27,80	100	2900	0,083	1,3153	1,25	1,3	1,8142	0,0052	0,0271	0,3
YESO	0,45	27,80	360	2900	0,301	1,3153	1,25	1,3	2,0856	0,0336	0,1753	1,6
TOTAL											10,6429	100,0

Tabla 5.9. Resultados de la evaluación de la HdC en el transporte a Fuerteventura.

MATERIAL	DISTANCIA (km)				EMISIONES (TCO2)		FACTOR DE CORRECCION		CO2 GLOBAL (T)	CO2 Consumido (T)	HdC (ha)	% HdC
	CONSUMO (T)	CAP CARGA (T)	CAMION (KM)	BARCO (KM)	CAMION (T)	BARCO (T)	CAMION	BARCO				
HORMIGON	481,75	10,40	192	0	0,160	0	1,25	0	0,2004	0,2004	1,0439	30,5
ACERO	11,69	27,80	805	0	0,672	0	1,25	0	0,8401	0,3531	1,8398	53,8
BLOQUE H	4,15	15,00	10	0	0,008	0	1,25	0	0,0104	0,0104	0,0544	1,6
LADRILLO	2,20	27,80	248	0	0,250	0	1,25	0	0,3125	0,0247	0,1286	3,8
CERAMICOS	5,23	27,80	248	0	0,207	0	1,25	0	0,2588	0,0487	0,2536	7,4
MORTEROS	7,58	15,00	10	0	0,008	0	1,25	0	0,0104	0,0104	0,0544	1,6
PINTURA	0,08	15,00	524	0	0,437	0	1,25	0	0,5468	0,0029	0,0151	0,4
YESO	0,45	15,00	176	0	0,147	0	1,25	0	0,1837	0,0055	0,0286	0,8
TOTAL											3,4002	100,0

Tabla 5.10. Resultados de la evaluación de la HdC en el transporte a Alicante.

5.6.4. HdC del Transporte de los Materiales. Vivienda tipo IV.

Para terminar con la evaluación del transporte de los materiales, tomaremos como último ejemplo una vivienda ubicada en la localidad de La Laguna en la isla de Tenerife, esta isla se considera una de las principales junto con gran canaria, donde también se dispone de una pequeña industria, donde se fabrican algunos de los materiales de origen local, sin embargo como en el resto del archipiélago y como en las regiones ultraperiféricas, esta industria no tiene la capacidad para cubrir la demanda de algunos de los materiales de construcción necesarios para la edificaciones locales.

En las tablas 5,11 y 5,12, podremos ver el resultado de la evaluación del transporte en la localidad Canaria de La Laguna y Toledo como emplazamiento peninsular.

Localidad Canaria: La Laguna, Tenerife

MATERIAL	ORIGEN	DESTINO
HORMIGON	GUIMAR	LA LAGUNA
ACERO	BILBAO	LA LAGUNA
BLOQUE H	GUIMAR	LA LAGUNA
LADRILLO	CASTELLON	LA LAGUNA
CERAMICOS	CASTELLON	LA LAGUNA
MORTEROS	GUIMAR	LA LAGUNA
PINTURA	BARCELONA	LA LAGUNA
YESO	ZARAGOZA	LA LAGUNA

Localidad Peninsular: Toledo.

MATERIAL	ORIGEN	DESTINO
HORMIGON	TOLEDO	TOLEDO
ACERO	BILBAO	TOLEDO
BLOQUE H	TOLEDO	TOLEDO
LADRILLO	TOLEDO	TOLEDO
CERAMICOS	CASTELLON	TOLEDO
MORTEROS	TOLEDO	TOLEDO
PINTURA	MADRID	TOLEDO
YESO	PINTO	TOLEDO

MATERIAL	DISTANCIA (km)				EMISIONES (TCO2)		FACTOR DE CORRECCION		CO2 GLOBAL (T)	CO2 Consumido (T)	HdC (ha)	% HdC
	CONSUMO (T)	CAP CARGA (T)	CAMION (KM)	BARCO (KM)	CAMION (T)	BARCO (T)	CAMION	BARCO				
HORMIGON	330,19	10,40	576	0	0,481	0	1,35	0	0,6492	0,6492	3,3822	51,1
ACERO	4,05	27,80	660	2477	0,551	0,9865	1,25	1,3	1,9712	0,2874	1,4975	22,6
BLOQUE H	6,63	15,00	50	0	0,042	0	1,35	0	0,0564	0,0564	0,2936	4,4
LADRILLO	0,73	27,80	280	2477	0,234	0,9865	1,25	1,3	1,5746	0,0415	0,2162	3,3
CERAMICOS	4,88	27,80	280	2477	0,234	0,9865	1,25	1,3	0,3747	0,0657	0,3424	5,2
MORTEROS	10,58	15,00	50	0	0,042	0	1,35	0	0,0564	0,0564	0,2936	4,4
PINTURA	0,14	27,80	100	2477	0,083	0,9865	1,25	1,3	1,3868	0,0071	0,0368	0,6
YESO	1,78	27,80	360	2477	0,301	0,9865	1,25	1,3	1,6581	0,1061	0,5530	8,4
TOTAL											6,6152	100,0

Tabla 5.11. Resultados de la evaluación de la HdC en el transporte a La Laguna.

MATERIAL	DISTANCIA (km)				EMISIONES (TCO2)		FACTOR DE CORRECCION		CO2 GLOBAL (T)	CO2 Consumido (T)	HdC (ha)	% HdC
	CONSUMO (T)	CAP CARGA	CAMION	BARCO	CAMION	BARCO	CAMION	BARCO				
HORMIGON	330,19	10,40	192	0	0,160	0	1,25	0	0,2004	0,2004	1,0439	42,4
ACERO	4,05	27,80	468	0	0,391	0	1,25	0	0,4884	0,0712	0,3710	15,1
BLOQUE H	0,73	15,00	50	0	0,042	0	1,25	0	0,0522	0,0522	0,2718	11,0
LADRILLO	6,63	27,80	20	0	0,017	0	1,25	0	0,0209	0,0050	0,0259	1,1
CERAMICOS	6,59	27,80	455	0	0,380	0	1,25	0	0,4748	0,1126	0,5868	23,8
MORTEROS	10,58	15,00	20	0	0,017	0	1,25	0	0,0209	0,0209	0,1087	4,4
PINTURA	0,14	15,00	80	0	0,067	0	1,25	0	0,0835	0,0008	0,0041	0,2
YESO	1,78	15,00	75	0	0,063	0	1,25	0	0,0783	0,0093	0,0484	2,0
TOTAL											2,5010	100,0

Tabla 5.12. Resultados de la evaluación de la HdC en el transporte a Toledo.

5.7. Evaluación de los Resultados Obtenidos.

Veremos a continuación los resultados obtenidos en la evaluación de la Huella de Carbono de los materiales en la edificaciones tipo que han sido estudiadas, teniendo en cuenta los dos factores calculados, la HdC correspondiente a la fabricación del material, y su correspondiente transporte en cada uno de los casos que se han descrito.

5.7.1. Huella de Carbono Vivienda tipo I.

En las tablas 5,13 y 5,14 correspondientes a los resultados obtenidos tras la evaluación de la Huella de Carbono de los materiales utilizados en la edificación, tanto la parte correspondiente a su producción y puesta en obra, como a la parte correspondiente al transporte hasta la obra.

HUELLA DE CARBONO					
MATERIAL	CONSUMO (T)	FABRICA (ha)	TRANSPORTE (ha)	TOTAL (ha)	TOTAL T CO2
HORMIGON	393,48	6,37	5,64	12,01	2,31
ACERO	7,66	3,99	2,83	6,82	1,31
BLOQUE H	14,63	0,49	0,29	0,79	0,15
LADRILLO	0,56	0,02	0,16	0,19	0,04
CERAMICOS	4,88	0,16	1,44	1,60	0,31
MORTEROS	23,05	0,32	0,29	0,62	0,12
PINTURA	0,09	0,02	0,02	0,05	0,01
YESO	0,78	0,03	0,24	0,28	0,05
TOTAL HdC				22,35	4,29

Tabla 5,13. Resultados de la Huella de Carbono vivienda tipo I, Las Palmas.

Podemos observar la diferencia que existe entre el transporte de los materiales de una localidad a otra, básicamente en el transporte de los materiales que deben ser transportados por medios marítimos, ya que la parte del transporte por carretera es muy similar en ambos casos, pudiendo variar solo por las características particulares de cada localidad, sobre todo teniendo en cuenta el factor de corrección aplicado, que depende de las características de la carretera, antigüedad del parque automotor, tiempos de parada entre otros.

Tomando como referencia los resultados de la tabla 5.14, correspondientes a la HdC de la vivienda tipo, ubicada en Badalona, observamos en ella una HdC de 18,57 (ha), correspondientes a 3,56 T CO₂, frente a 22,35 (ha) y 4,29 T CO₂ de la vivienda en Las Palmas, esto corresponde un incremento de un 9,24% debido al transporte. Recordemos que se han considerado los mismo consumos y materiales en las dos viviendas evaluadas.

HUELLA DE CARBONO					
MATERIAL	CONSUMO (T)	FABRICA (ha)	TRANSPORTE (ha)	TOTAL (ha)	TOTAL T CO2
HORMIGON	393,48	6,37	5,22	11,59	2,23
ACERO	7,66	3,99	0,97	4,96	0,95
BLOQUE H	14,63	0,49	0,27	0,77	0,15
LADRILLO	0,56	0,02	0,03	0,05	0,01
CERAMICOS	4,88	0,16	0,29	0,45	0,09
MORTEROS	23,05	0,32	0,27	0,60	0,11
PINTURA	0,09	0,02	0,01	0,03	0,01
YESO	0,78	0,03	0,09	0,12	0,02
TOTAL HdC				18,57	3,56

Tabla 5,14. Resultados de la Huella de Carbono vivienda tipo I, Badalona.

A raíz de los resultados obtenidos en las dos tablas anteriores, en la figura 5.5 observamos el incremento de la Huella de Carbono de transportes de los materiales hacia Canarias, ya que los materiales de origen local, presentan un consumo de Huella similar.

Es importante recordar que la Huella de Carbono de los materiales importados hacia Canarias no tienen un gran consumo en peso en la edificación, pero si presentan una Huella de Carbono muy alta, tanto en su fabricación como en su transporte en relación a su consumo.

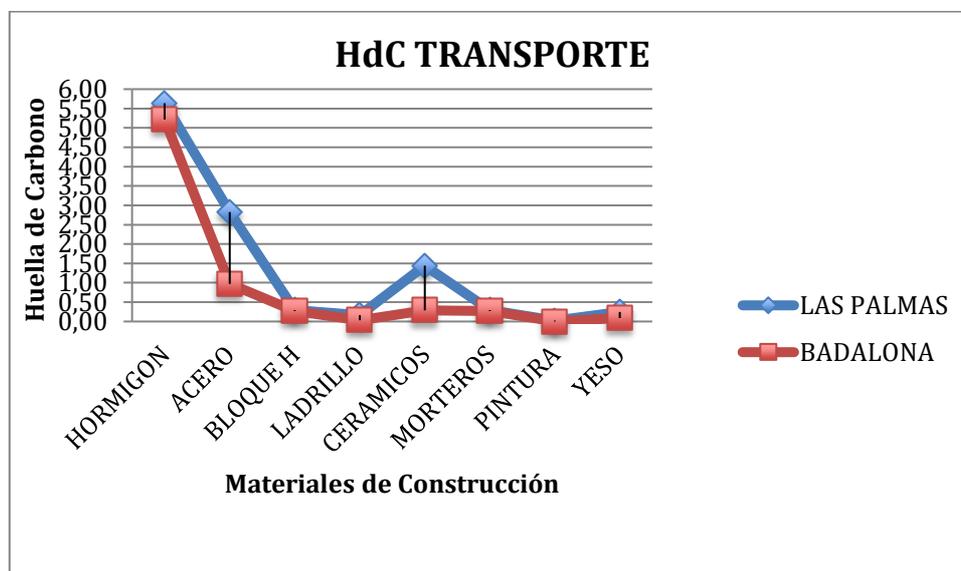


Figura 5.5. Comparación de Huella de Carbono en el transporte de los materiales.

Como conclusión inicial, podemos decir que el uso de los materiales locales reducen el consumo de Huella de Carbono, especialmente en las regiones ultraperiféricas, evitando la dependencia de ciertos materiales que tradicionalmente son importados, buscando fomentar el uso de materiales utilizados tradicionalmente.

5.7.1. Huella de Carbono Vivienda tipo II.

En las tablas 5.15 y 5.16 podemos ver el resumen de los resultados obtenidos en la evaluación de la vivienda tipo II, tengamos en cuenta que se consideran que son localidades próximas a zonas industriales, donde el transporte de los materiales es menor que en otras localidades, sin embargo el transporte por mar hacia la localidad Canaria es un factor que no podemos evitar en algunos de los materiales de construcción básicos.

HUELLA DE CARBONO					
MATERIAL	CONSUMO (T)	FÁBRICA (ha)	TRANSPORTE (ha)	TOTAL (ha)	TOTAL T CO2
HORMIGÓN	169,94	2,75	1,94	4,69	0,900
ACERO	4,62	2,41	1,72	4,13	0,793
BLOQUE H	5,44	0,15	0,12	0,27	0,052
LADRILLO	0,41	0,02	0,12	0,14	0,027
CERÁMICOS	2,32	0,08	0,70	0,78	0,149
MORTEROS	8,25	0,12	0,12	0,23	0,045
PINTURA	0,07	0,02	0,02	0,04	0,007
YESO	0,45	0,01	0,10	0,11	0,021
TOTAL HdC				10,39	1,99

Tabla 5,15. Resultados de la Huella de Carbono vivienda tipo II, Vecindario G.C.

En este caso particular, la localidad de Badalona, está ubicada cerca de una zona de producción de acero industrial, con lo que la Huella del transporte de ese material se reduce considerablemente, dejando prácticamente la Huella de ese material en la correspondiente a su fabricación.

HUELLA DE CARBONO					
MATERIAL	CONSUMO (T)	FÁBRICA (ha)	TRANSPORTE (ha)	TOTAL (ha)	TOTAL T CO2
HORMIGÓN	169,94	2,75	1,79	4,55	0,873
ACERO	4,62	2,41	0,02	2,43	0,465
BLOQUE H	0,41	0,01	0,11	0,12	0,024
LADRILLO	4,58	0,18	0,53	0,71	0,136
CERÁMICOS	2,32	0,08	0,27	0,35	0,067
MORTEROS	8,25	0,12	0,11	0,22	0,043
PINTURA	0,07	0,02	0,01	0,02	0,004
YESO	0,31	0,01	0,01	0,02	0,004
TOTAL HdC				8,41	1,61

Tabla 5,16. Resultados de la Huella de Carbono vivienda tipo II, Baracaldo.

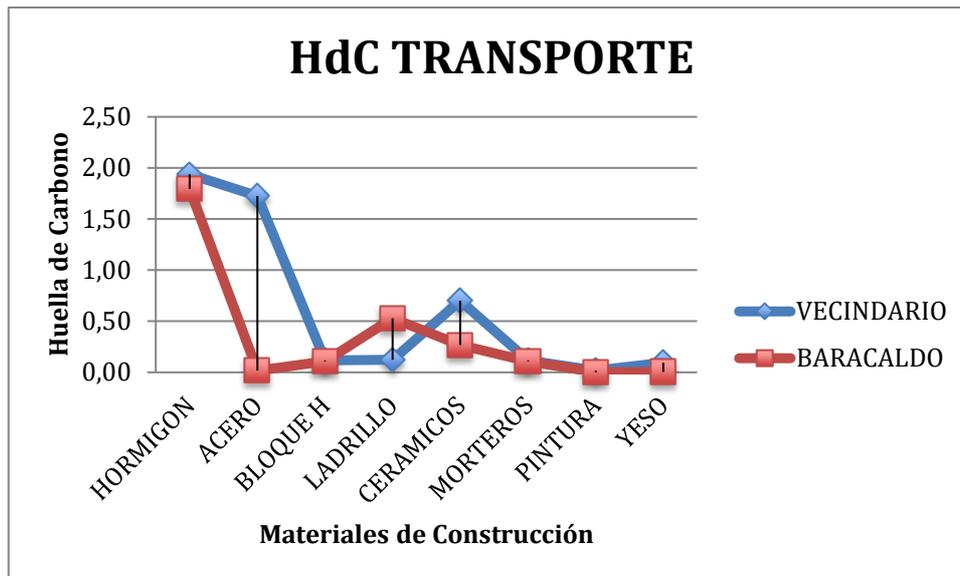


Figura 5.6. Comparación de Huella de Carbono en el transporte de los materiales.

La figura 5.6 muestra la gran diferencia de la Huella de Carbono principalmente generada por el transporte de acero a las Islas, donde el incremento total de las emisiones es de 10,54% más que la localidad de Baracaldo, también podemos observar el incremento en transporte de los ladrillos cerámicos hacia Baracaldo, pues este material no es de producción local, siendo estos transportados desde la zona de Castellón.

5.7.1. Huella de Carbono Vivienda tipo III.

En la siguiente evaluación cabe distinguir que la localidad Canaria, ubicada en la isla de Fuerteventura es una de las consideradas Islas menores, donde la dependencia de traer materiales de fuera puede aumentar en ciertas ocasiones, incluso materiales de las Islas principales, sin embargo en esta evaluación se han considerado estos materiales como de origen local.

HUELLA DE CARBONO					
MATERIAL	CONSUMO (T)	FABRICA (ha)	TRANSPORTE (ha)	TOTAL (ha)	TOTAL T CO2
HORMIGON	481,75	7,80	2,25	10,06	1,930
ACERO	11,69	6,09	5,25	11,34	2,177
BLOQUE H	4,15	0,14	0,03	0,17	0,033
LADRILLO	2,20	0,09	0,82	0,91	0,175
CERAMICOS	5,23	0,18	1,96	2,14	0,410
MORTEROS	7,58	0,11	0,12	0,22	0,043
PINTURA	0,08	0,02	0,03	0,05	0,010
YESO	0,45	0,02	0,18	0,19	0,037
TOTAL HdC				25,09	4,82

Tabla 5,17. Resultados de la Huella de Carbono vivienda tipo III, Pto. del Rosario.

HUELLA DE CARBONO						
MATERIAL	CONSUMO (T)	FABRICA (ha)	TRANSPORTE (ha)	TOTAL (ha)	TOTAL CO2	T
HORMIGON	481,75	7,80	1,04	8,85		1,698
ACERO	11,69	6,09	1,84	7,93		1,522
BLOQUE H	4,15	0,14	0,05	0,19		0,037
LADRILLO	2,20	0,09	0,13	0,22		0,041
CERAMICOS	5,23	0,18	0,25	0,43		0,083
MORTEROS	7,58	0,11	0,05	0,16		0,031
PINTURA	0,08	0,02	0,02	0,04		0,007
YESO	0,45	0,02	0,03	0,05		0,009
TOTAL HdC				17,86		3,43

Tabla 5.18. Resultados de la Huella de Carbono vivienda tipo III, Alicante.

En la figura 5.7 analizamos los resultados obtenidos en las tablas 5.17 y 5.18, donde podemos observar el incremento de un 16,83% mas en la vivienda ubicada en Fuerteventura, esto como ya hemos comentado es debido a la Huella de Carbono generada en el transporte, donde en este caso el valor de acero es muy alto, principalmente por la cantidad consumida y su correspondiente transporte a la isla, debido principalmente al tratarse de una isla menor.

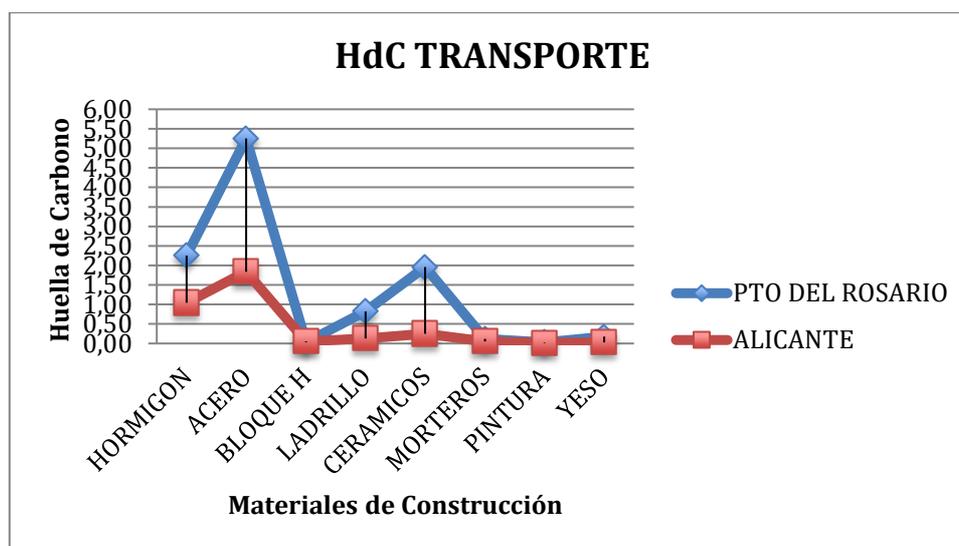


Figura 5.7. Comparación de Huella de Carbono en el transporte de los materiales.

También podemos destacar el incremento que se muestra en el transporte de los materiales cerámicos, procedentes de Castellón, sabemos que el caso específico de la Isla de Fuerteventura, tendrá siempre una Huella mas alta en relación al transporte de los materiales y materia primas.

5.7.1. Huella de Carbono Vivienda tipo IV.

Por último, analizaremos los resultados obtenidos en la vivienda tipo IV, donde comparamos una edificación en La Laguna, con otra ubicada en Toledo. En este caso tenemos una diferencia de un 16,15% mas alta en la vivienda ubicada en Canarias, como ya hemos comentado en las evaluaciones anteriores este incremento se debe a las condiciones particulares del transporte de los materiales en nuestra región.

HUELLA DE CARBONO						
MATERIAL	CONSUMO (T)	FABRICA (ha)	TRANSPORTE (ha)	TOTAL (ha)	TOTAL T CO2	
HORMIGON	330,19	5,35	3,38	8,73	1,676	
ACERO	4,05	2,11	1,50	3,61	0,693	
BLOQUE H	6,63	0,22	0,29	0,52	0,099	
LADRILLO	0,73	0,03	0,22	0,25	0,047	
CERAMICOS	4,88	0,22	0,34	0,57	0,108	
MORTEROS	10,58	0,15	0,29	0,44	0,085	
PINTURA	0,14	0,04	0,04	0,08	0,015	
YESO	1,78	0,07	0,55	0,63	0,120	
TOTAL HdC				14,81	2,84	

Tabla 5,19. Resultados de la Huella de Carbono vivienda tipo IV, La Laguna.

En las tablas 5.19 y 5.20 tenemos los resultados de la Huella de Carbono de la vivienda tipo IV, donde podemos observar la diferencia existente en la Huella del transporte de los materiales en la edificación ubicada en Canarias.

HUELLA DE CARBONO						
MATERIAL	CONSUMO (T)	FABRICA (ha)	TRANSPORTE (ha)	TOTAL (ha)	TOTAL T CO2	
HORMIGON	330,19	5,35	1,04	6,39	1,227	
ACERO	4,05	2,11	0,37	2,48	0,477	
BLOQUE H	0,73	0,02	0,27	0,30	0,057	
LADRILLO	6,63	0,26	0,03	0,29	0,055	
CERAMICOS	6,59	0,22	0,59	0,81	0,155	
MORTEROS	10,58	0,15	0,11	0,26	0,049	
PINTURA	0,14	0,04	0,04	0,04	0,008	
YESO	1,78	0,07	0,05	0,12	0,023	
TOTAL HdC				10,69	2,05	

Tabla 5,20. Resultados de la Huella de Carbono vivienda tipo IV, Toledo.

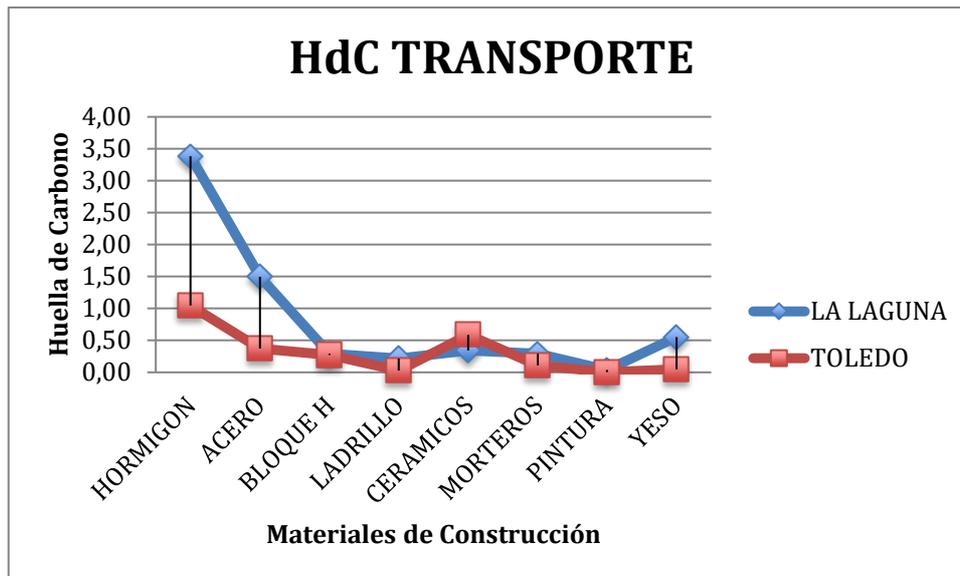


Figura 5.8. Comparación de Huella de Carbono en el transporte de los materiales.

En la figura 5.8 vemos la gran diferencia que existe en el transporte de los materiales como el hormigón y acero, esto debido a la distancia que estos deben recorrer para ser puestos en obra, observamos en este caso que el transporte de los materiales cerámicos son muy similares en las dos localidades, esto se debe al recorrido que estos deben hacer en función del medio de transporte utilizado especialmente los materiales que son transportados por medios marítimos.

5.8. Conclusiones del Capítulo 5.

A raíz de los resultados obtenidos en las viviendas tipo evaluadas, podemos determinar que la Huella de Carbono asociada al transporte de los materiales es superior entre un 10% y un 16% en comparación con una edificación similar ubicada en el territorio continental.

Además, si consideramos que en esta evaluación solo se tuvieron en cuenta unos pocos materiales de los muchos utilizados en la edificaciones, que gran parte de ellos no se pueden fabricar en Canarias, este valor de la Huella podría aumentar considerablemente.

De igual manera, si utilizamos materiales fuera de los tradicionalmente utilizados que deben ser importados del continente incluso de terceros países, como puede ser el caso del uso ladrillos cerámicos en vez del bloque de hormigón vibrado tradicionalmente utilizado en las Islas.

Consideramos que esta evaluación puede ser extrapolable a otras regiones ultraperiféricas de Europa, donde el valor de la Huella de transporte puede ser superior, debido a la condiciones particulares de estas.

6. Conclusiones.

Este documento parte de la necesidad de establecer una evaluación de la Huella de Carbono en las regiones Ultraperiféricas de Europa, centrandó en el territorio Canario, específicamente en el sector de la edificación.

Partiendo de la primera parte de esta evaluación, en el estado del conocimiento, hemos visto como diversos autores, organizaciones y gobiernos, buscan establecer una metodología, para medir de la mejor manera posible el impacto de las emisiones derivadas de todos los sectores productivos, que influyen de manera directa o indirecta en la edificación.

6.1. Conclusiones Generales.

- En cuanto a la discusión de la metodología entre diversos autores, estos se centran en modelos a escala urbana y de producción en la industria, pero en cuanto al sector de la construcción y edificación, existe una dificultad a la hora de extrapolar dichos métodos.
- Principalmente, en el sector de la edificación con respecto a otros sectores, resulta muy complejo definir la unidades de mediación, a la hora de realizar el cálculo o evaluación de la Huella, debido a las particularidades de la actividad de la construcción.
- Consideramos que es necesario profundizar en las metodologías de análisis y evaluación de otro tipo de indicadores, como son los asociados al consumo de agua en la construcción de edificaciones, teniendo en cuenta no solo el consumo de agua, sino que debemos tener en cuenta la propia Huella generada en la producción, transporte y tratamiento del agua, especialmente en las regiones como Canarias, donde el agua es un bien escaso y dependemos en gran de parte de la producción de agua, procedente de la desalación.
- Con el sistema económico actual, muchos de los productos y materiales, utilizados en la edificación, son fabricados a cientos de kilómetros del lugar donde van a ser utilizados. Las emisiones derivadas de estas producciones, afectan directamente a la Región donde este instalada dicha industria, pero dicha Huella debe ser asumida en el lugar donde se ha construido el edificio.
- Existe la necesidad de crear una gran base de datos actualizada y revisada constantemente, de las emisiones y las Huellas parciales de los productos, materiales y materias primas, utilizados en las edificaciones, con el fin de agilizar y mejorar las metodologías existentes para determinar la Huella de Carbono de una edificación, o cualquier actividad que dependa de una suma de consumos directos e indirectos.

- Se debe continuar con los estudios de metodologías de evaluación y determinación de la Huella de Carbono de las otras fases de la edificación, es especial, la fase de demolición de las edificaciones, pues los residuos generados en esta actividad, generan un gran impacto, que en muchas ocasiones son difíciles de gestionar y eliminar, especialmente en las regiones como Canarias, donde además de la lejanía con el continente, el territorio es limitado y muy sensible ecológicamente.

6.2. Conclusiones de la Metodología.

En la segunda parte de este trabajo, hemos pretendido encontrar la forma de evaluar los impactos del sector de la edificación en Canarias mediante el uso de un indicador, llamado Huella de Carbono, aunque se buscó determinar una metodología adecuada al sector en nuestra región, hemos encontrado una situación difícil de definir, dadas las particularidades de la actividad, la falta de valores y datos de medición y información.

Por tanto, hemos descrito una evaluación metodológica generalista, adaptando diversos métodos y datos obtenidos de diversas fuentes publicadas en España y algunas regiones Europeas.

A partir de dicha evaluación hemos definido las siguientes conclusiones:

- Podemos constatar la dificultad de determinar un método preciso, y ajustado al sector de la edificación, debido a la complejidad de las actividades, la cantidad de unidades que intervienen en la fase de edificación, la diversidad de los materiales y productos utilizados, entre otros. Todos necesarios para determinar el estado de HdC en el sector.
- Actualmente, la metodología mas fácil de aplicar consiste en un método de cuentas contables basado en la suma de una serie Huellas parciales, obtenidas de las emisiones de cada uno de los consumos directos e indirectos, determinado por el método MC3 utilizado en la Huella corporativa de los productos.
- Para realizar la evaluación de la Huella de Carbono en la edificación, es necesario determinar múltiples hipótesis, materiales, métodos constructivos, personal de obra, herramientas,... algunas de ellas son fáciles abordar, pero otras presentan algunas complejidades, debido a las particularidades del sector. Por tanto, las metodologías deberán ser revisadas constantemente.

- La Huella de Carbono derivada del consumo de combustible y electricidad, en las Islas, deberán tener un análisis específico para la región, pues dadas las particularidades insulares, no se deben analizar como se hace en las regiones continentales, donde existe una interconexión de la red, además de la conjunción de diversos tipos de centrales de generación eléctrica.
- La Huella de Carbono vinculada al consumo de los materiales, presentan el mayor reto en Canarias, dado que muchos de los productos y materias primas necesarios, deben ser importados de otras regiones del país o del continente, por lo que debemos tener en cuenta el añadido del transporte hasta las Islas, donde se aprecia la diferencia de la HdC en las Islas, con respecto a la Huella en el continente.
- El análisis del ciclo de vida de los productos y materiales, es una buena manera de determinar todos los procesos por los cuales pasa un producto, desde su origen como materia prima, hasta el producto terminado, incluso hasta su posterior eliminación una vez ha terminado su vida útil. Analizando todos los consumos de energía y las emisiones de cada uno de los procesos para su fabricación.
- Actualmente no existe una base de datos de las Huellas parciales de los materiales, aunque algunas organizaciones y empresas están trabajando en estudios de evaluación de estas Huellas, y publicando de manera directa o indirectamente datos útiles, que pueden ser utilizados en el cálculo de la Huella de Carbono de una edificación o cualquier sector.
- Igualmente es necesario hacer un estudio profundo de los materiales utilizados tradicionalmente en Canarias, generando a su vez una base de datos de las emisiones, impactos y Huellas que generan o han generado en nuestro entorno, con el fin de comparar con las Huellas generadas por los materiales importados a las Islas, así como determinar los impactos al propio entorno.
- Igualmente, consideramos que la Huella de los residuos, tanto los generados durante el proceso constructivo, como los derivados de las demoliciones de las edificaciones, deberán ser tenidos en cuenta en investigaciones futuras, y en especial en las regiones de alta sensibilidad como la mayoría de las RUPs.
- Para terminar, podemos destacar de los resultados generales, que la Huella mas representativa es de origen fósil, dada la dependencia de estos combustibles, para la generación de energía eléctrica, transporte y uso de maquinaria en la obras. Por lo que apostamos por el uso de otras fuentes de generación de energía eléctrica, reduciendo así las emisiones y con ello reducir la Huella de Carbono de los procesos y los productos.

6.3. Conclusiones de la Evaluación.

En cuanto a la última parte de este documento, hemos tratado de analizar el transporte de los materiales y productos utilizados en la construcciones de edificaciones hasta Canarias, con el fin de determinar la Huella de Carbono asociada a este proceso, dada la gran dependencia de importar muchos de estos productos desde el continente Europeo, y en algunos casos de otras regiones del mundo.

De esta evaluación podemos definir las siguientes conclusiones:

- Aunque existen algunas bases de datos, con información de importaciones de todo tipo de productos desde el continente, por parte de la cámara de comercio y la autoridad portuaria, esta información no muestra con detalle la cantidad y tipo de producto que es importado, con lo cual no se puede describir el volumen exacto los materiales importados a las Islas.
- Hemos utilizado la aplicación Port Link, del puerto de Barcelona, que permite hacer una análisis global de una cadena intermodal de transporte, desde cualquier Región Europea, hasta cualquier puerto de región, tomando como referencia el propio puerto de Barcelona, una herramienta muy útil a la hora de determinar las emisiones en el transporte de los productos hacia Canarias.
- Es necesario partir de una buena base de datos, de cada uno de los materiales y materias primas transportadas a las Islas, definiendo los consumos de las rutas de transporte, siguiendo una metodología similar a la vista en Port Link, para determinar las Huellas parciales del transporte de los productos y materiales, traídos a las Islas.

Para concluir el presente trabajo, queremos destacar una serie de actuaciones que podemos tener en cuenta en las distintas fases de nuestras edificaciones, con el fin de reducir la Huella de Carbono, reduciendo el impacto sobre el medio ambiente, así como mejorar la eficiencia en los procesos reduciendo los consumos energéticos y proponiendo la implantación de sistemas alternativos de energía.

Acciones en el sector de la edificación:

- Es necesario reducir las emisiones directas, mediante la implantación de nuevos procesos constructivos, más eficientes y con menor consumo de recursos.
- Reducción de las emisiones indirectas, moderando el consumo de combustibles y fomentando la eficiencia energética en las distintas fases de la edificación.

- Actuación en las medidas de gestión, que incluyen la gestión de los consumos, la concienciación del personal en el uso eficiente de los materiales, el agua y el uso de la energía.
- Promover el consumo de materiales locales, frente materiales procedentes de importación, reduciendo la HdC en especial la asociada al transporte, como hemos visto en la evaluación este valor corresponde entorno a un 30% de la Huella de los materiales en la edificación.
- Reducir en la medida de lo posible el uso de metales y aceros en las edificaciones, pues estos son responsables de una parte importante de la HdC. En relación al volumen utilizado en las obras estos materiales presentan el índice más alto energía incorporada en su fabricación y transporte.
- Promover la importancia de una buena planificación de las obras, desde la fase de proyecto, evitando sobredimensionar elementos estructurales, responsables de una parte importante de la HdC, dado a su alto volumen de consumo, como hemos visto en la evaluación.
- Mejorar la eficiencia energética de los procesos, optimizando las instalaciones de fabricación de los materiales, tales como cementos, aceros y cerámicos, que son responsables de la mayor parte de la HdC de los materiales en la edificación, con el fin de reducir la Huella de Carbono de estos materiales.
- Rediseño de procesos, como la optimización de las distancia de transporte, fomentando el consumos de recursos locales mas cercanos a la obra, en la medida de lo posible.
- Crear un etiquetado similar al certificado de eficiencia energética, actualmente utilizado en las viviendas, de los edificios de nueva construcción, premiando con algún beneficio fiscal, las edificaciones con una menor Huella de Carbono en su construcción, incluso en su fase de uso y mantenimiento, similar a la existente en el caso de los vehículos de bajas emisiones.

En cuanto a los transportes, proponemos:

- Promover el uso de materiales de origen local, evitando el consumo extra en los transportes.
- Crear campañas de sensibilización y formación sobre conducción y uso de maquinaria más eficiente.
- Elaboración de mapas de emisiones.
- Medición de las emisiones asociadas a todos los combustibles (gas natural, gasóleo, gasolina entre otros). Con el fin de determinar las Huellas de cada uno de ellos, así como una monitorización en tiempo real de los consumos a través de herramientas tecnológicas avanzadas.

Destacar también, como medida especial, la formación y sensibilización de la sociedad, en especial los operarios, técnicos y empresarios, en el sector de la construcción y edificación, con el fin de reducir los consumos y hacer un uso mas responsable de los recursos, materiales y fuentes de energía, así como la reducción y tratamiento de los residuos generados en las obras.

7. Referencias bibliográficas.

[Gallego, 2012] Álvarez Gallego, S. Análisis DAFO, Seminario 2013 del Grupo de Investigación Ecología y Paisaje de la Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Montes.

[SE] Doménech, 2017] Doménech, J.L. Huella Ecológica y desarrollo sostenible. Ed. AENOR Ediciones. España.

[HCe, 2014] Proyecto para la Huella de Carbono en la edificación, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

[John Wiley & son, 2104] Green building illustrated.

[Rees W.,1996], Revisiting Carrying Capacity: Area-Based Indicators of Sustainability. Population and Environment: A Journal of Interdisciplinary Studies Volume 17, Number 3, January. Human Sciences Press, Inc.

[Wackernagel, M. y W. Rees, 1995], Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, BC and Philadelphia, PA: New Society Publishers.

[Wiedmann, T. y Jan Minx 2007], A Definition of 'Carbon Footprint'. ISA Reino Unido Research Report. 07- 01. ISA Reino Unido Research & Consulting.

[Carballo, 2008] P. A., Juan Luis Doménech Quesada, María do Carme García-Negro, Carlos Sebastián Villasante, Gonzalo Rodríguez Rodríguez, Mónica González-Arenales, abril, mayo, junio de 2008, Análisis comparativo de la Huella ecológica de dos empresas del sector pesquero gallego. Observatorio Iberoamericano del Desarrollo Local y la Economía Social. Revista académica, editada y mantenida por el Grupo EUMED.NET de la Universidad de Málaga. Año 1, No 4 .

[WRI, 2004] World Business Council for Sustainable Development WBCSD & World Resources Institute

The Greenhouse Gas Protocol A Corporate Accounting and Reporting Standard. Revised Edition.

En <http://www.ghgprotocol.org/files/ghg-protocol-revised.pdf>

[Hoekstra, 2007]. A. Y. y A. K, Chapagain. Water Footprints of Nations: Water Use by People as a Function of Their Consumption Pattern. Water Resource Manage 21:35-48.

[WWF, 2008] World Wildlife Fund Informe Planeta Vivo. En línea http://assets.panda.org/downloads/lpr_2008_span_lo_res.pdf

[Edwards B., 2008]. Guía Básica de la Sostenibilidad. Gustavo Gili. Barcelona, España.

[SE]

Global Footprint Network (GFN). Ecological footprint and biocapacity. Technical notes: 2006 edition, Oakland, CA, USA. (2006).

Pandey, D. M. Agrawal y J. Pandey. Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1-4), 135-160 (2010).

DELOS, Desarrollo Local Sostenible, vol 2, Nº 5, 2009

Estructura de generación eléctrica en España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2016. La Energía en España 2014. ^[1]_[SEP]

[PER, 2011] Plan de Energías Renovables 2011-2020 IDAE.

[ITEC, 2016] Instituto Tecnológico de la Construcción de Cataluña. Metabase TCQ 2000.

[IDEA, 2009] Guía de la edificación Sostenible (IDAE) Ministerio de Fomento 1999.

[DELOS 2009] MC3 Metodología para estimar la Huella corporativa del Carbono.

Port Link y Ecocalculadora Guía de aplicación, Port de Barcelona 2016.

[COM 2011] European Commission: *White Paper: Roadmap to a Single European Transport Area-Towards a competitive and resource efficient transport system*. (144) final, Bruselas.

ENTEC UK LIMITED: *Service Contract on Ship Emissions: Assignment, Abatement and Market-based Instruments*, 2005.