

2.- Anexo 1. Marco teórico

Para la total comprensión de este documento, sus objetivos y su razón de ser es interesante que previamente se lleve a cabo una definición y una serie de comentarios sobre algunos aspectos que conducen a la necesidad de llevar a cabo un correcto cálculo de la huella de carbono de procesos logísticos.

2.1.- Cadena de Suministro (CdS)

El aumento de la cooperación internacional y la desintegración vertical, junto con un enfoque en las actividades básicas, han dado lugar a la noción de que las empresas son eslabones de una cadena de suministro en red (J. Chen y Paulraj, 2004 [7]).

Es en este contexto que en los últimos años las organizaciones comenzaron a darse cuenta de que no es suficiente con mejorar la eficiencia dentro de una organización, sino que su cadena de suministro tiene que ser competitiva (Li et al., 2005 [8]). Se ha señalado que la comprensión y la práctica de la gestión de la cadena de suministro o Supply Chain Management (SCM) se ha convertido en un requisito previo esencial para mantenerse en la carrera competitiva global con un crecimiento rentable (Power et al, 2001 [9];. Moberg et al, 2002 [10]).

La cadena de suministro engloba todas las actividades asociadas con el flujo y la transformación de los productos desde la etapa de materias primas (extracción) hasta el usuario final, así como los correspondientes flujos de información. Materiales y flujos de información fluyen hacia arriba y hacia abajo en la cadena de suministro.

Otra definición muy semejante es la dada por Christopher, "la red de organizaciones que están involucradas, a través de enlaces ascendentes y descendentes, en los procesos de diferentes actividades y los que producen valor en forma de productos y servicios en manos del último cliente" (Christopher, 1992 [11]). Baatz (1995) [12] amplía aún más la gestión de la cadena de suministro para incluir reciclaje o reutilización. La SCM es la integración de estas actividades a través de la mejora de las relaciones de la cadena de suministro para lograr una ventaja competitiva sostenible (Vrijhoef y Koskela, 2000 [13]). De hecho, hay un creciente reconocimiento de que la competencia moderna se está librando "cadena de suministro frente a cadena de suministro" en lugar de "empresa frente a empresa" (Boyer, et al, 2005 [14];. Ketchen y Giunipero, 2004 [15]).

La SCM considera la cadena de suministro entera, en lugar de sólo la siguiente parte o nivel, y tiene como objetivo aumentar la transparencia y la alineación de la coordinación y la configuración de

la cadena de suministro independientemente de las fronteras funcionales o de las empresas (Cooper y Ellram, 1993 [16]). La idea básica de Gestión de la Cadena de Suministro es el reconocimiento de la interdependencia en la cadena de suministro, y por lo tanto la mejora de su configuración y control basados en factores tales como la integración de los procesos en el negocio (Vrijhoef, Koskela, 2000 [13]).

2.2.- Logística

La globalización de los negocios y el aumento de las presiones competitivas han impulsado a muchas empresas a desarrollar la logística como parte de su estrategia corporativa valiéndose de las ventajas en costes y servicios (McGinnis y Kohn, 2002 [17]).

Tanto ejecutivos de las empresas como académicos han reconocido el valor estratégico de la logística como una manera de diferenciar las organizaciones y establecer una ventaja competitiva sostenible atendiendo a sus clientes mejor que los competidores, a un precio más bajo para el mismo nivel de servicio (Henkoff, 1994 [18]; Harrington, 1996 [19]).

Las características de las capacidades logísticas estratégicas incluyen funciones orientadas a la demanda, tales como pre- y post- venta al cliente, velocidad de entrega, confiabilidad en la entrega y capacidad de respuesta a los mercados de destino, así como la oferta orientada a capacidades como la cobertura de la distribución y los costes (Morash et al., 1996 [20]).

La logística de transporte en una cadena de suministro es generalmente un intermediario que facilita los flujos físicos de bienes desde el punto de origen y los carga a un punto de destino. Las empresas de logística del transporte realizan la función de distribución física para mover mercancías de un lugar a otro (Coyle et al., 1996 [21]) y el proceso de negocio se extiende por los límites organizativos, abarcando de paso a los transportistas y consignatarios. El objetivo de un proveedor de transporte de servicios de logística es la satisfacción de los clientes (tanto aguas arriba como aguas abajo) de la cadena con mayor eficacia y eficiencia que los competidores (Lai et al., 2002 [22]).

2.3.- Terceras Partes Logísticas

Hoy en día, muchos fabricantes y minoristas están tratando de subcontratar sus actividades de logística con proveedores de servicios logísticos (terceras partes logísticas o 3PL) para introducir los productos y las innovaciones de servicios rápidamente en sus mercados (Lai, 2004 [23]). Sus acciones parecen reflejar la tendencia de las empresas comerciales que utilizan las 3PL para satisfacer su creciente necesidad de servicios de logística (Lieb y Miller, 2002 [24]).

La externalización de la función logística a una 3PL se ha convertido en una tendencia cada vez más poderosa para las empresas multinacionales más modernas. Los fabricantes, sobre todo, se dieron cuenta de la necesidad de centrarse en sus actividades primarias y, por lo tanto, externalizar sus actividades operacionales a un proveedor de logística (Rajesh et al., 2011 [25]). El sacar fuera de la empresa las actividades no estratégicas permite a la mayoría de las organizaciones centrarse en sus competencias básicas además de explotar la experiencia de las 3PL en logística externa (Sink y Langley, 1997 [26]). Las investigaciones muestran que las terceras partes logísticas pueden contribuir a la mejora de la satisfacción del cliente y facilitar el acceso a las redes de distribución internacionales (Bask, 2001 [27]). La externalización de la logística ofrece muchas ventajas relacionadas con los costos, tales como la reducción de las inversiones en activos, en mano de obra y en los costos de mantenimiento de equipos (Bardi y Tracey, 1991 [28]). Los proveedores de servicios logísticos pueden servir a varios clientes y son capaces de utilizar su capacidad mejor y distribuir los costos de logística, logrando así economías de escala (Van Damme y Ploos van Amstel, 1996 [29]). La colaboración con 3PL conduce también a beneficios operacionales al incluir la reducción de los niveles de inventario, los tiempos de ciclo del pedido, los plazos de entrega y aumentar la mejora de servicio al cliente (Bhatnagar y Viswanathan, 2000 [30]; Wong et al, 2000 [31]).

En general, una 3PL puede ser ampliamente definida como un proveedor de servicios de logística que realiza la totalidad o parte de la función logística de una empresa cliente (Coyle et al, 1996 [21]; Delfmann et al, 2003 [32]). Este proveedor consta de al menos el manejo y funcionamiento del transporte y almacenaje. Una tercera parte logística también puede ofrecer otros servicios, tales como servicios de gestión de materiales (por ejemplo, gestión de inventario), los relacionados con la información de servicios (por ejemplo, seguimiento y localización), y servicios de valor agregado (Berglund et al., 1999 [33]).

Estas actividades se ofrecen de forma integrada, no sobre una base independiente. La cooperación entre la empresa y las 3PL se prevé que sea continua (duración de al menos un año) (Carbone y A. Stone, 2005 [34]). Los proveedores externos de logística llevan a cabo la gestión, análisis y actividades de diseño relacionados con el transporte y almacenamiento, incluyendo el seguimiento y rastreo; así como las actividades de valor añadido de los productos y Supply Chain Management (Laarhoven et al., 2000 [35]). Una tercera parte logística por lo general proporciona los servicios basados en procesos, más que basados en las funciones de servicios logísticos, orientados a la integración y el control de una parte o incluso todo el proceso de la red logística de transporte.

Los 3PL juegan un papel crítico en la provisión de la logística que contribuye a alrededor del 26% de la logística total de toda la Unión Europea (UE) (Datamonitor, 2000 [36]).

A nivel mundial, el mercado se estima en 390 mil millones de dólares. Este crecimiento se espera que continúe a medida que más empresas externalizan las funciones de logística. Una encuesta reciente encontró que el 69% de las empresas ya externalizan algunas de sus funciones de logística,

con la mayor proporción (46%) de externalización de transporte en funciones logísticas (eyefortransport, 2005 [37]). A pesar de que las grandes empresas han estado a la vanguardia de la externalización de la logística, cada vez es más común que las empresas más pequeñas acudan a las 3PL (Patterson et al., 2010 [38]).

2.4.- Factores contaminantes en la logística

Los procesos logísticos son una de las principales fuentes de contaminación ambiental debido a que consumen una gran cantidad de energía, en su mayor parte por el transporte de mercancías. Los medios utilizados para este transporte, ya sean terrestres, marítimos o aéreos, consumen combustibles fósiles (principalmente petróleo y carbón) para cumplir su labor, formándose durante su combustión productos contaminantes. Los más importantes de estos productos son gases como el CO₂, SO₂ y NO_x, entre otros. Sobre esta gran fuente de emisiones contaminantes se puede actuar con el fin de reducir la contaminación que producen; así como para incidir en una mayor eficiencia energética, lo que podría suponer un ahorro para las empresas y contribuir a la sostenibilidad de los mercados en una economía globalizada con cadenas de suministro cada día más complejas.

Según un estudio del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), el transporte de mercancías por carretera supone el 8,5% del total de emisiones de gases de efecto invernadero que se producen en España. De acuerdo con los datos de este informe, las emisiones en el transporte de mercancías han aumentado un 68% desde 1990, muy por encima del nivel comprometido por España en el Protocolo de Kioto.

Estos datos dejan patente la gran participación de la logística en la contaminación global pues se debe tener en cuenta que ese 8,5% corresponde únicamente a transporte por carretera, a lo que habría que añadir transporte aéreo, marítimo y por ferrocarril; además de otros aspectos como el uso de equipos y maquinaria, movimientos en almacenes, almacenaje y diseño de procesos logísticos.

Por otra parte hay que recalcar que se está hablando de transporte de mercancías por lo que no se tienen en cuenta vehículos de pasajeros. Como se puede ver en las Figuras 7 y 8 esta aportación a la contaminación es tan importante como la del sector terciario, el doble que la agricultura y poco menos que la del sector residencial.

El sector transporte en España

DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL, 2004

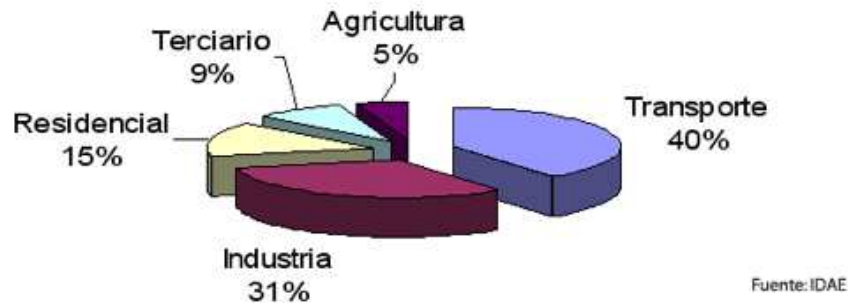


Figura 7: Contribución a la contaminación de diferentes sectores en España.

CONSUMO DE ENERGÍA FINAL POR MODOS, 2003

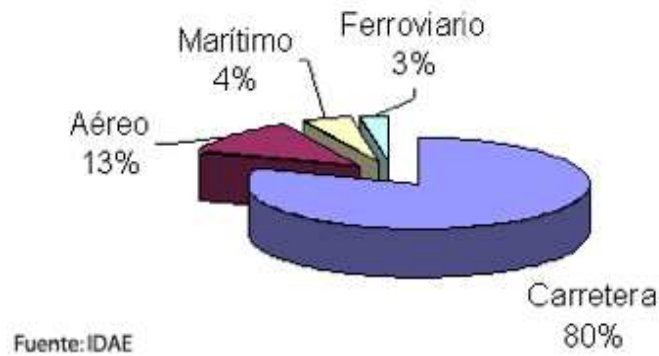


Figura 8: Contribución de los diferentes medios de transporte a la contaminación.

2.5.- Principales documentos para el cálculo de la Huella de Carbono

Entre los principales documentos de referencia para el cálculo de la huella de carbono se encuentran las normas ISO 14000, concretamente la norma internacional ISO 14067 para producto e ISO 14069 para organizaciones. De la misma forma se encuentran los referenciales PAS 2050 y PAS 2060, para productos y para organizaciones, que respectivamente cumplen el mismo cometido de aportar normas a seguir para su análisis. Otra guía muy útil para uso de las compañías con el fin de cuantificar y reportar paso a paso sus emisiones de GEI es el Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol).

Todas ellas mantienen unas actuaciones comunes que deben ser tenidas en cuenta:

- Determinación de los límites del sistema.
- Determinación de las fuentes de emisión y gases de efecto invernadero.
- Determinación y selección de los datos necesarios.
- Selección de metodologías y herramientas aplicables.
- Cálculo de emisiones con los datos obtenidos.

2.5.1.- GHG Protocol [39]

Como se ha mencionado, el GHG Protocol es una guía de uso para empresas que quieran determinar la huella de carbono de su organización o determinados procesos o productos por diferentes motivos:

- Gestión de los riesgos de los GEI e identificación de oportunidades de reducción.
- Publicación de informes y participación en programas de GEI voluntarios.
- Participación en programas de notificación obligatoria.
- Participación en mercados de GEI.
- Reconocimiento por acción temprana y voluntaria.

La contabilidad de los GEI y los informes deben estar basados en una serie de principios para ser fiables y útiles:

- Relevancia: Asegurarse de que el inventario de GEI refleja apropiadamente las emisiones de gases de efecto invernadero de la compañía.
- Completud: Contabilizar e informar de todas las fuentes de emisión de GEI y actividades dentro de los límites de inventario elegidos.
- Consistencia: Usar metodologías consistentes que permitan comparaciones válidas de emisiones a lo largo del tiempo. Documentar transparentemente cualquier cambio de los datos, inventario, límites, métodos u otro factor.
- Transparencia: Dirigir todas las cuestiones relevantes de una manera objetiva, basada en un claro registro de auditoría. Revelar cualquier suposición relevante y hacer referencias apropiadas a la contabilidad y metodologías de cálculo y fuentes de datos usadas.
- Precisión: Asegurarse de que la cuantificación de emisiones de GEI no está sistemáticamente ni por encima ni por debajo de las emisiones actuales tanto como pueda ser juzgado y que las incertidumbres se reduzcan lo más posible.

A la hora de establecer los límites del sistema el GHG Protocol distingue límites de dos tipos:

Límites organizativos

Con el fin de fijar los límites organizativos y realizar los informes corporativos se pueden usar dos aproximaciones para consolidar las emisiones de GEI:

-La propiedad accionaria: La parte de las emisiones de GEI que cuenta la compañía es de acuerdo a la proporción de acciones que posee en la operación. La propiedad accionaria refleja interés económico, que es la extensión de los derechos que una compañía tiene sobre los riesgos y recompensas que vienen de una operación.

-El control: La parte de emisiones de GEI que cuenta la compañía es el 100% de aquellas que pertenecen a las operaciones sobre las que tiene el control. No se cuentan las emisiones de GEI de operaciones sobre las que posee un interés pero no ostenta control. Se puede definir control tanto en términos financieros como operacionales y la compañía debe elegir uno de esos dos criterios.

a) Control financiero: Si tiene la habilidad de dirigir las políticas financieras y operativas con vistas a ganar beneficio económico de sus actividades.

b) Control operativo: Si la empresa o una de sus subsidiarias tiene total autoridad para introducir e implementar sus políticas operativas en la operación.

Una vez elegida una aproximación debe ser aplicada a todos los niveles de la organización.

Si dos compañías calculan las emisiones de GEI para una misma operación utilizando diferente aproximación, esto no tiene importancia en caso de que la finalidad del cálculo sean informes voluntarios, pero debe ser evitado si se trata de informes obligatorios.

Límites operativos

Para determinar los límites operativos se deben identificar emisiones asociadas con sus operaciones, categorizándolas como emisiones directas e indirectas y eligiendo el alcance de la contabilidad y los informes de las emisiones indirectas.

- Emisiones directas de GEI: Si son emisiones de fuentes poseídas o controladas por la compañía.
- Emisiones indirectas de GEI: Si son emisiones producidas como consecuencia de las actividades de la compañía pero en fuentes poseídas o controladas por otra compañía.

Como punto más importante del GHG Protocol se definen tres alcances (Alcance 1, Alcance 2 y Alcance 3) para ayudar a diferenciar entre fuentes de emisión directas e indirectas, mejorar la transparencia y dar utilidad para diferentes tipos de organizaciones, políticas climáticas y metas de negocio.

Alcance 1:

Emisiones directas de GEI de fuentes poseídas o controladas por la compañía. No incluye emisiones directas de CO₂ de combustión de biomasa sino que éstas se cuentan por separado. Lo mismo sucede con emisiones de GEI no cubiertas por el Protocolo de Kyoto.

Alcance 2:

Emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la generación de la electricidad comprada y consumida por la compañía.

Alcance 3:

Es una categoría opcional del informe que permite el tratamiento del resto de emisiones indirectas. Son consecuencia de las actividades de la compañía pero provienen de fuentes no poseídas ni controladas por la compañía.

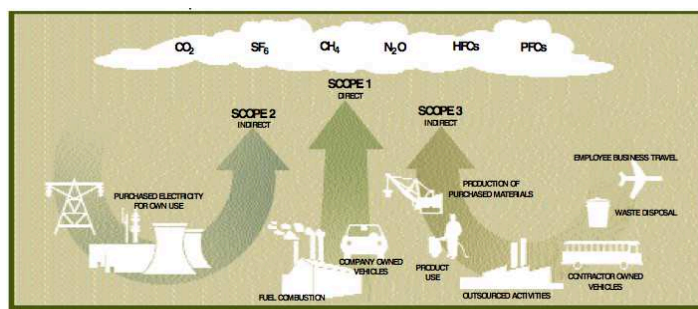


Figura 9: Representación de los tres diferentes alcances.

Identificación y cálculo de emisiones de GHG

1. Identificar las fuentes de emisión de GEI: Caracterización de los tres alcances.
2. Seleccionar una aproximación de cálculo de emisiones de GEI: No es común realizar una medida directa, sino que lo más usual es hallarlas basándose en un balance de masa o un balance estequiométrico. Aun así, la aproximación más común es a través de la aplicación de factores de emisión documentados, ratios que relacionan las emisiones de GEI con una medida aproximada de actividad en una fuente de emisión.
3. Recolectar datos de actividades y elegir los factores de emisión.
4. Aplicar las herramientas de cálculo: Hay dos categorías; las que pueden ser aplicadas a cualquier sector y las que sirven para sectores específicos.
5. Informar de los datos de emisiones de GEI al nivel corporativo: Hay dos maneras de reunir los datos:
 - a) Centralizada: los equipos individuales informan de los datos al nivel corporativo, donde se calculan las emisiones de GEI.
 - b) Descentralizada: los equipos individuales recolectan los datos, calculan sus emisiones de GEI usando métodos aprobados e informan de estos datos al nivel corporativo.

2.5.2.- PAS 2050:2008 [40]

La PAS 2050 ha sido desarrollada en respuesta al gran deseo de la comunidad y la industria de tener a su disposición un método consistente para evaluar las emisiones de GEI del ciclo de vida de bienes y servicios. Las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida son las liberadas como parte del proceso de creación, modificación, transporte, almacenaje, uso, distribución, reciclaje o eliminación de bienes y servicios.

Los requerimientos para la evaluación de las emisiones de GEI del ciclo de vida de productos están especificados para identificar el límite del sistema, las fuentes de emisiones de gases de efecto

invernadero asociadas con los productos que caen dentro del límite del sistema, los requerimientos de datos para llevar a cabo el análisis y el cálculo de resultados.

Una de las finalidades de esta PAS es permitir la comparación de emisiones de GEI entre productos y activar la comunicación de esta información. Sin embargo, no especifica requerimientos para la comunicación.

La PAS 2050 define los GEI como constituyentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación a longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre, la atmósfera y las nubes.

Principios e implementación

La evaluación de las emisiones de GEI de productos debe ser llevada a cabo usando las técnicas LCA (Life Cycle Analysis) de evaluación del ciclo de vida (compilación y evaluación de entradas, salidas e impactos medioambientales potenciales de un sistema de productos a través de su ciclo de vida). Se debe usar la aproximación atribucional, describiendo las entradas y sus emisiones asociadas atribuidas al reparto de una cantidad específica de la unidad funcional de producto.

Principios:

- Relevancia: Seleccionar fuentes de GEI, almacenamiento de carbono, datos y métodos apropiados a las evaluaciones.
- Completud: Incluir y especificar emisiones y almacenamiento de gases de efecto invernadero que proporcionen una contribución material.
- Consistencia: Permitir comparaciones válidas en información relacionada con GEI .
- Precisión: Reducir la parcialidad y la incertidumbre tanto como sea práctico.
- Transparencia: Cuando los resultados de las evaluaciones de emisiones de GEI del ciclo de vida son comunicados a una tercera parte, la organización que comunica los resultados los debe desglosar lo suficiente para permitir a dichas terceras partes hacer decisiones asociadas con confianza.

Las evaluaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero del ciclo de vida de productos debe ser llevada bien siendo una evaluación negocio-consumidor (B2C), que incluye las emisiones provenientes del ciclo de vida completo; o bien una evaluación negocio-negocio (B2B), que incluye las emisiones de GEI liberadas además del punto donde las entradas llegan a la nueva organización.

Fuentes de emisión, compensación y unidad de análisis

Las emisiones deben ser medidas en unidades de masa y convertidas en CO₂ equivalente usando los últimos coeficientes IPCC de potencial de calentamiento global en los 100 años siguientes a la formación del producto.

Las fuentes de emisiones de GEI incluyen: uso de energía, procesos de combustión, reacciones químicas, pérdidas de refrigerante y otros gases fugados, operaciones, servicio de aprovisionamiento y distribución, cambio de uso de la tierra, ganadería y otros procesos agrícolas y, por último, residuos.

La evaluación de emisiones de gases de efecto invernadero debe ser llevada a cabo de manera que permita que la masa de CO₂e sea medida por unidad funcional del producto (por kg o litro de bienes vendidos o por mes o año de servicio proporcionado).

Límite del sistema

Si existe una Regla de Categoría del Producto para el producto en cuestión, ésta debe ser usada para definir el límite del sistema, si no, éste debe ser claramente especificado para cada producto y sus procesos subyacentes.

Se deben incluir las emisiones de GEI de todos los procesos usados en la transformación de materia prima, las relacionadas con abastecimiento y uso de energía en el ciclo de vida del producto, las que proceden de manufacturas y servicios de provisión como parte del mismo, las procedentes de las operaciones de los edificios, las originarias de los métodos de transporte que formen parte del ciclo de vida del producto, las que provienen de almacenamiento, las que se producen durante el uso de bienes o provisión de servicios y las que surgen de la eliminación final.

Se deben excluir las emisiones procedentes de la producción de bienes capitales usados en el ciclo de vida, energía humana, transporte a consumidores desde puntos de compra al por menor, transporte de empleados al lugar de trabajo y animales que provean de servicios de transporte.

Cálculo de las emisiones de GEI de productos

Para llevar a cabo este recuento hay que seguir una serie de puntos:

1. Los datos de actividades primarias y secundarias se deben convertir en emisiones de gases de efecto invernadero multiplicando por el factor correspondiente.
2. Los datos de las emisiones de GEI se deben convertir en emisiones de CO₂e multiplicando por su valor GWP (Global Warming Potential).
3. El impacto de almacenamiento de carbono asociado con el producto se debe expresar como CO₂ equivalente y deducido del total del paso 2.
4. Los resultados se deben poner juntos para obtener las emisiones en términos de CO₂e por unidad funcional distinguiendo B2C y B2B.
5. Las emisiones de GEI deben ser incrementadas para dar cuenta de las materias primas o actividades que fueron excluidos del análisis dividiendo las emisiones estimadas por la proporción de emisiones calculada por el ciclo de vida anticipado.

2.5.3.- Normas ISO 14000 [41]

Las ISO 14000 son normas internacionales que se refieren a la gestión ambiental de las organizaciones. Su objetivo básico es el de promover la estandarización de formas de producir y prestar servicios que protejan al medio ambiente, minimizando los efectos dañinos que pueden causar las actividades organizacionales.

Para el objetivo de este documento son interesantes las Normas ISO 14040 y 14044 que son normas de Análisis de Ciclo de Vida (ACV), herramientas de gestión ambiental que se basan en la recopilación y evaluación, conforme a un conjunto sistemático de procedimientos, de las entradas y salidas de materias primas, de energía y de emisiones durante el ciclo de vida de un producto o servicio.

Tradicionalmente, para evaluar la calidad ambiental de un producto se consideraban sólo los impactos ambientales causados durante la fabricación del mismo; en la actualidad, la metodología utilizada es el análisis del producto a lo largo de todo su ciclo de vida. Para este análisis se considera que el medio ambiente es un consumidor; los impactos ambientales negativos se consideran defectos de calidad del producto y deben ser reducidos.

Las áreas de análisis están incluidas en una lista de comprobación ambiental, que es utilizada por las empresas para verificar sus ventajas competitivas ambientales respecto a un competidor que fabrica el mismo tipo de producto o para comparar la calidad ambiental de su producto con otros productos diferentes que compiten con el suyo.

Todos los ítems presentes en esta lista de verificación del ciclo de vida del producto son puntos que favorecen la competitividad ambiental de una empresa o producto:

- Contaminación del aire (sin emisiones aéreas, emisiones ocasionales o controladas).
- Contaminación del agua (sin efluentes líquidos, efluentes ocasionales o diluidos, efluentes tratados o biodegradables).
- Residuos sólidos (sin producción, reciclables o biodegradables).
- Materias primas (recursos renovables, obtención de materias primas que no causan impactos ambientales negativos).
- Producto (reciclable, biodegradable, larga vida útil, poco volumen, bajo peso, reduce el consumo de recursos no renovables, disminuye la contaminación).
- Utilidades (no es fuente de contaminación, no consume recursos no renovables).
- Empaquetado (materiales biodegradables, reciclables, reciclados, livianos, de poco volumen).

3.- Anexo 2. Análisis de las herramientas estudiadas

En los puntos siguientes el autor del presente documento ha desarrollado un estudio subjetivo de las herramientas estudiadas en el proyecto.

3.1.- Copert

Esta herramienta no es de utilidad para el cálculo de emisiones de GEI en procesos logísticos ya que está destinada a procesar valores de contaminación a nivel nacional para lo que considera tipos de transporte existentes en el país y en qué cantidad, combustibles empleados, número de habitantes, temperaturas medias del país, velocidades máximas permitidas en los diferentes tipos de vías y otros datos.

3.2.- Simapro

Está diseñado para realizar Análisis de Ciclos de Vida de una manera completa y detallada. Al tratarse de una herramienta tan avanzada, su uso es complejo puesto que dispone de muchas y variadas opciones muy útiles si lo que se desea es analizar un ciclo de vida de un producto pero por esta razón resulta poco práctico.

Existen tres versiones del software para uso profesional:

1. SimaPro Compact para resultados rápidos. Si los criterios principales de elección son fácil manejo, rápido aprendizaje y diseño inteligente. Ha sido elaborado para lograr resultados fiables con poco esfuerzo. Todos los resultados se mantienen completamente transparentes.

2. SimaPro Analyst para estudios detallados de ACV. Si los criterios principales de elección son emplear características avanzadas, transparencia y flexibilidad. Ha sido elaborado para el experto en ACV que quiere determinar realmente cada detalle.

3. SimaPro Developer para herramientas dedicadas al desarrollo. Lo utilizarán consultores o, por ejemplo, asociaciones industriales que quieren desarrollar simples herramientas para sus clientes o miembros. Esta versión ha sido construida para desarrollar nuevos asistentes y nuevas interfaces.

Dispone de un manual de usuario y guías con 6 ejemplos distintos dependiendo de la aplicación para la que se vaya a utilizar.

Al iniciar el programa, se ve la página principal, en la que se puede optar por realizar un tutorial en la ventana "Wizards" (Figura 10), comenzar un nuevo análisis en la sección "Inventory" (Figura 11) o elegir otras opciones.

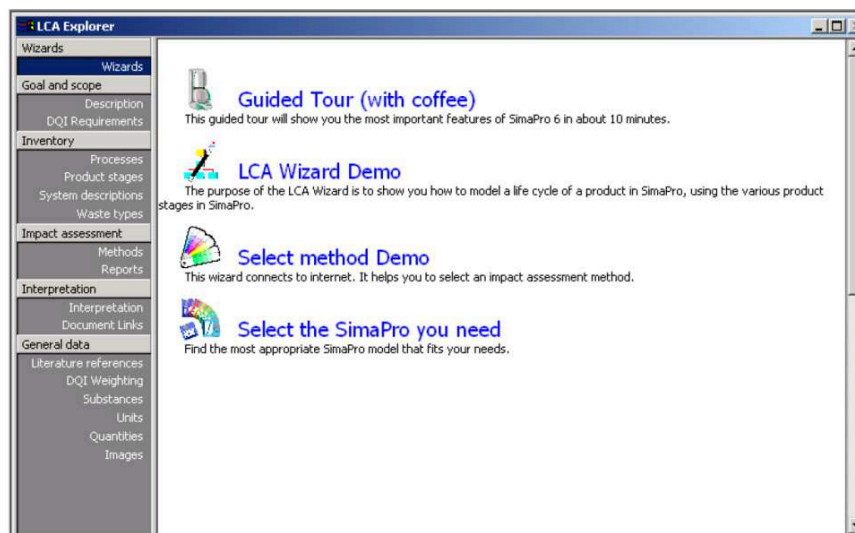


Figura 10: Pantalla inicial SimaPro, tutoriales.

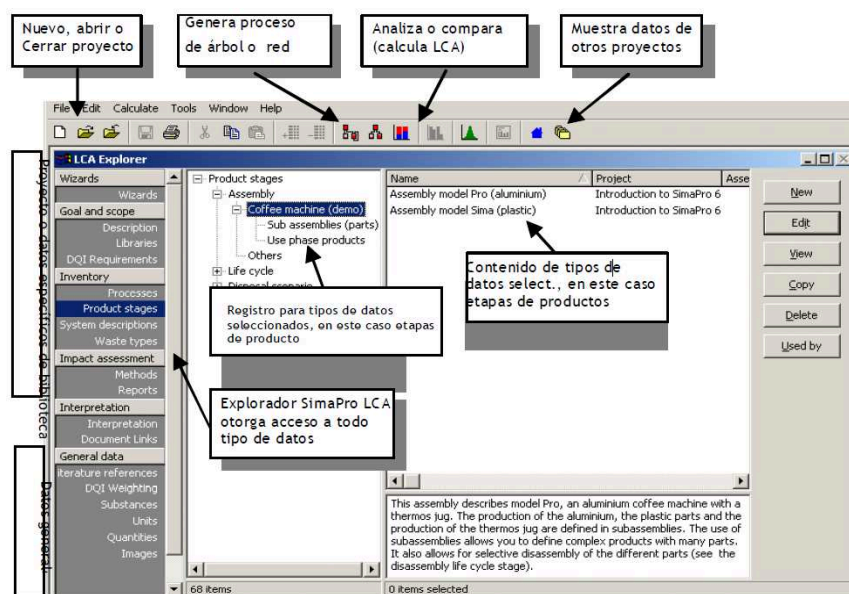


Figura 11: Pantalla inicial SimaPro, fases del producto.

Al finalizar un proyecto, los resultados del análisis son mostrados en la pestaña de "Caracterización" (Figura 12) donde se puede ver qué porcentaje aporta cada elemento del análisis a cada efecto contaminante.

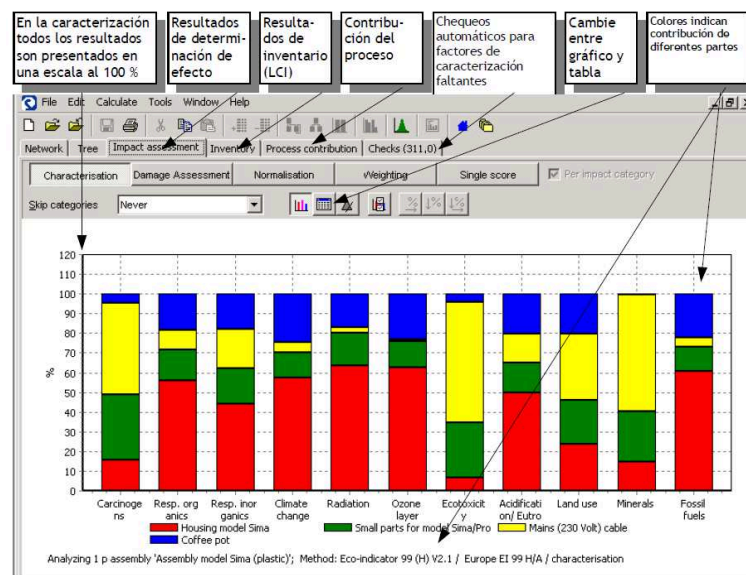


Figura 12: Ventana caracterización.

La pestaña "Normalización" (Figura 13) muestra los mismos resultados pero normalizados para que puedan ser comparados en las mismas unidades que los demás y así poder conocer la verdadera aportación a cada efecto.

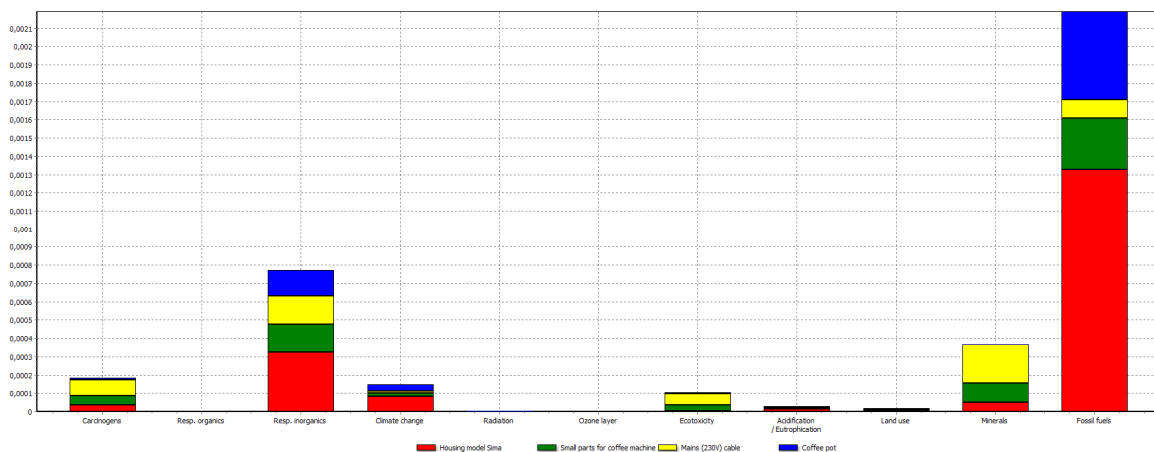


Figura 13: Pestaña normalización.

Como la normalización sólo muestra valores relativos SimaPro aplica factores de ponderación que dan más peso a aquellos efectos más perjudiciales o de más seriedad para el medioambiente. Esto se muestra en la pestaña "Peso" (Figura 14).

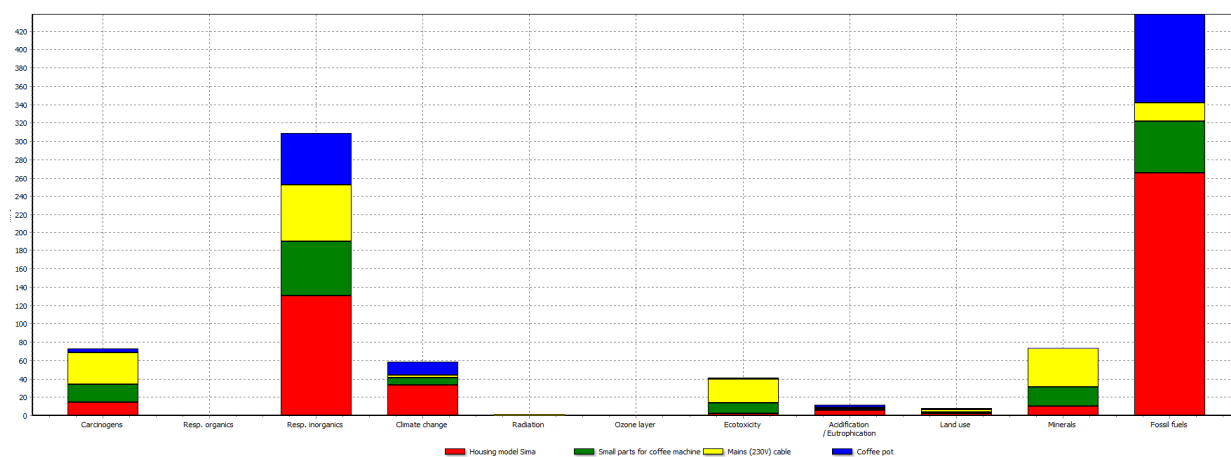


Figura 14: Pestaña peso.

Finalmente los efectos a los que contribuye cada elemento del producto de análisis se suman en una única puntuación en la pestaña "Puntuación única" (Figura 15) de forma que es posible observar qué parte del producto es la más contaminante.

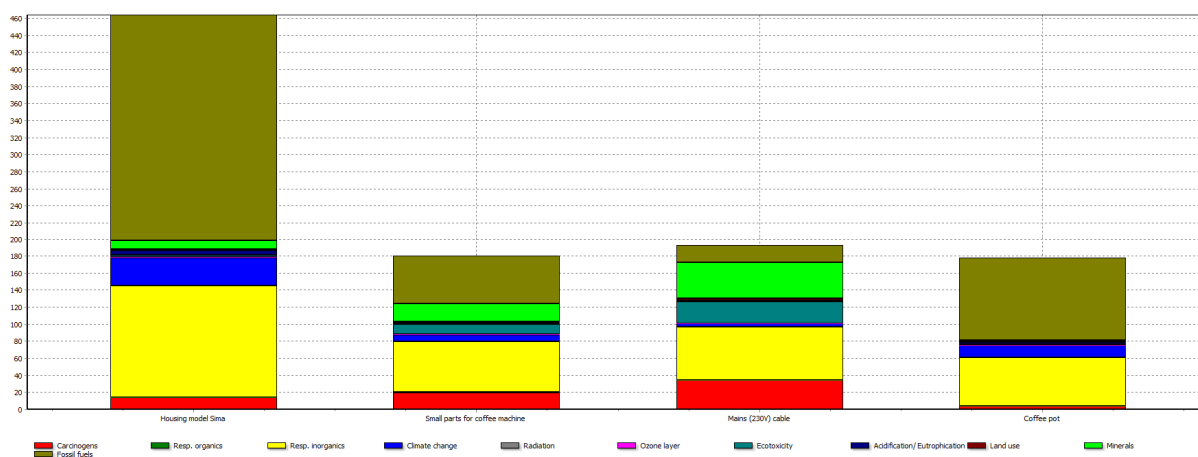


Figura 15: Pestaña puntuación única.

A diferencia de otras herramientas, SimaPro dispone de la opción de comparar las emisiones producidas por dos productos entre sí (Figura 16).

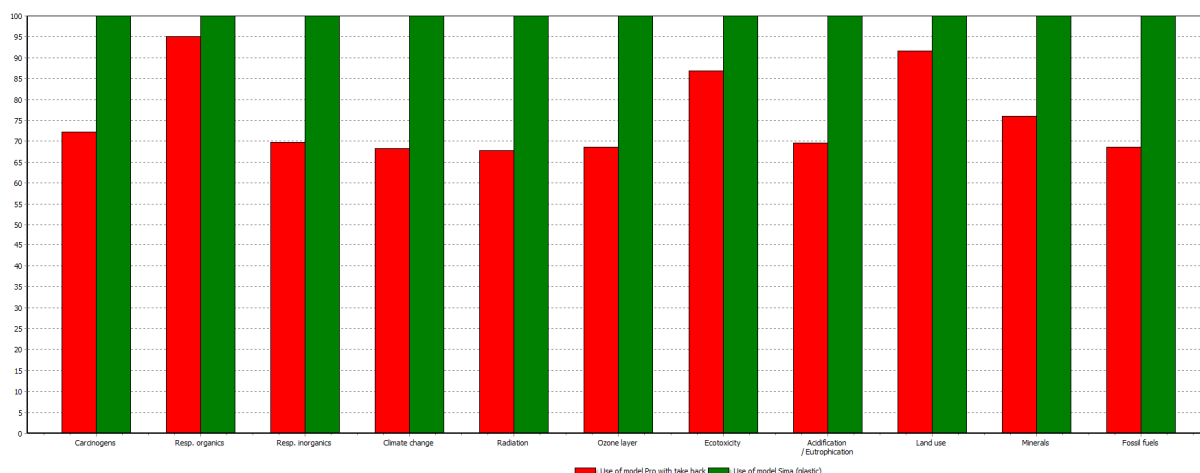


Figura 16: Ejemplo de comparación de emisiones entre dos productos.

Si se está utilizando la versión demo puede observarse que varios modelos de vehículos no están disponibles para el cálculo (en la Figura 17, los de color gris).


Proceso	Nombre	Unidad	Proyecto	Estado
Material	Transport, bicycle/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Agricultural	Transport, coach/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Animal production	Transport, electric bicycle, certified electricity/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Animal foods	Transport, electric bicycle/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Food	Transport, electric scooter, certified electricity/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Others	Transport, electric scooter/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Plant oils	Transport, lorry >16t, fleet average/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Plant production	Transport, lorry >28t, fleet average/CH U	km	Ecointent unit processes	No
Ceramics	Transport, lorry >32t, EURO3/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Chemicals	Transport, lorry >32t, EURO4/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Construction	Transport, lorry >32t, EURO5/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Electronics	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Fuels	Transport, lorry 16-32t, EURO4/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Glass	Transport, lorry 16-32t, EURO5/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Metals	Transport, lorry 20-28t, fleet average/CH U	km	Ecointent unit processes	No
Minerals	Transport, lorry 28t, fleet average/CH U	km	Ecointent unit processes	No
Others	Transport, lorry 28t, fleet average/CH U	km	Ecointent unit processes	No
Paper + Board	Transport, lorry 28t/CH U demo7	km	Introduction to SimaPro 7	No
Plastics	Transport, lorry 3.5-16t, fleet average/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Textiles	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO3/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Water	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO4/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Wood	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO4/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Energy	Transport, lorry 3.5-7.5t, EURO5/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Transporte	Transport, lorry 7.5-16t, EURO4/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Air	Transport, lorry 7.5-16t, EURO4/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Building equipment	Transport, lorry 7.5-16t, EURO4/RR U	km	Ecointent unit processes	No
Electricity	Transport, municipal waste collection, lorry 21t/CH U	km	Ecointent unit processes	No
Others	Transport, passenger car, diesel, EURO4/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Pipeline	Transport, passenger car, diesel, EURO4/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Rail	Transport, passenger car, diesel, EURO5, city car/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Road	Transport, passenger car, diesel, fleet average 2010/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Operations	Transport, passenger car, diesel, fleet average 2010/RR U	person/km	Ecointent unit processes	No
Infrastructure	Transport, passenger car, diesel, fleet average/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Water	Transport, passenger car, diesel, fleet average/RR U	person/km	Ecointent unit processes	No
Transformaciones	Transport, passenger car, electric, LHM304, city car/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Uso	Transport, passenger car, electric, LHM304/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
Escenario de residuo	Transport, passenger car, electric, LHM304, city car, certified	person/km	Ecointent unit processes	No
Tratamiento de residuos	Transport, passenger car, electric, LHM304, city car/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
	Transport, passenger car, ethanol 5%CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
	Transport, passenger car, methane, 96 vol-%, from biogas/C	person/km	Ecointent unit processes	No
	Transport, passenger car, methanol/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
	Transport, passenger car, natural gas/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
	Transport, passenger car, petrol, 15% vol. ETBE with ethanol	person/km	Ecointent unit processes	No
	Transport, passenger car, petrol, 4% vol. ETBE with ethanol	person/km	Ecointent unit processes	No
	Transport, passenger car, petrol, EURO3/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No
	Transport, passenger car, petrol, EURO4/CH U	person/km	Ecointent unit processes	No

Figura 17: Listado de vehículos de SimaPro.

A la hora de definir cada producto es preciso concretar antes sus subproductos (Figura 18). Para ello se pueden especificar “Salidas a la tecnosfera” (coproductos producidos y productos evitados), “Entradas desde la naturaleza” (recursos naturales empleados), “Entradas desde la tecnosfera” (combustibles y otros materiales empleados ó energía empleada) y “Emisiones al aire, agua, suelo, no materiales, flujos de residuos” y otros aspectos.

Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos y co-productos							
Nombre	Cantidad	Unidad	Cantidad	Asignación %	Categoría	Comentario	
Prueba	1	p	Amount	100 %	Road		
(Insertar línea aquí)							
Salidas conocidas a la tecnósfera. Productos evitados							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)							
Entradas							
Entradas conocidas desde la naturaleza (recursos)							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Entradas conocidas desde la tecnósfera (materiales/combustibles)							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	92186,1	tkm	Indefinido			Enero	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	140268,5	tkm	Indefinido			Febrero	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	197962,9	tkm	Indefinido			Marzo	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	159585,7	tkm	Indefinido			Abril	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	137576,3	tkm	Indefinido			Mayo	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	147606,7	tkm	Indefinido			Junio	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	134331,3	tkm	Indefinido			Julio	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	103878,7	tkm	Indefinido			Agosto	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	114214,6	tkm	Indefinido			Septiembre	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	141765,9	tkm	Indefinido			Octubre	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	181797,7	tkm	Indefinido			Noviembre	
Transport, lorry 16-32t, EUROS/RER U	162351,8	tkm	Indefinido			Diciembre	
(Insertar línea aquí)							
Entradas conocidas desde la tecnósfera (electricidad/calor)							
Nombre	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario	
(Insertar línea aquí)							
Salidas							
Emisiones al aire							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Emisiones al agua							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Emisiones al suelo							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Flujos finales de residuos							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Emisiones no materiales							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							
Aspectos sociales							
Nombre	Subcompartimento	Cantidad	Unidad	Distribución	DS ^2 or 2*DSMin	Máx	Comentario
(Insertar línea aquí)							

Figura 18: Ventana de edición del producto.

Una vez definido el producto, SimaPro calcula los resultados y muestra la red o el árbol del producto/proceso gracias a los botones: .

En la Figura 19 se pueden apreciar las contribuciones de cada mes al total de emisiones anuales, representado por el grosor de cada una de las 12 flechas rojas.

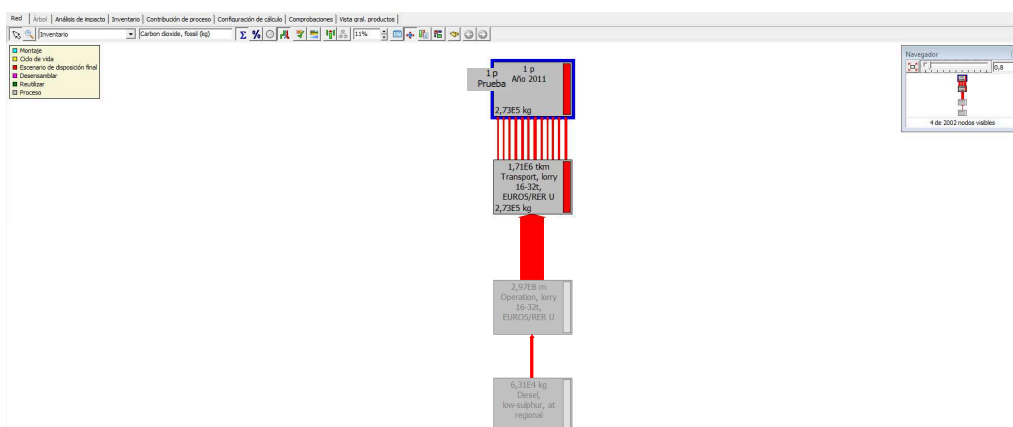


Figura 19: Árbol de proceso y resultados.

En el desplegable se puede elegir el elemento contaminante que se desea representar (Figura 20), en el caso de este estudio interesa conocer el inventario de emisiones atmosféricas, en concreto CO₂ fósil:

Inventario Carbon dioxide, fossil (kg)

Seleccionar una sustancia

Compartimento principal	Nombre	Unidad	Número CAS
Materias primas	Benzo(a)pyrene	kg	000050-32-8
Emisiones atmosféricas	Beryllium	kg	007440-41-7
Emisiones hídricas	Boron	kg	007440-42-8
Flujos finales de residuos	Boron trifluoride	kg	007637-07-2
Emisiones al suelo	Bromine	kg	007726-95-6
Emisiones no materiales	Butadiene	kg	000106-99-0
Aspectos sociales	Butane	kg	000106-97-8
Asuntos económicos	Butene	kg	025167-67-3
	Butyrolactone	kg	000096-48-0
	Cadmium	kg	007440-43-9
	Calcium	kg	007440-70-2
	Carbon-14	kBq	014762-75-5
	Carbon dioxide, biogenic	kg	000124-38-9
	Carbon dioxide, fossil	kg	000124-38-9
	Carbon dioxide, land transformation	kg	000124-38-9
	Carbon disulfide	kg	000075-15-0

Formula: CO2

Filtro act. y

Figura 20: Elementos de inventario proporcionados por SimaPro.

Es posible ajustar el valor del porcentaje de corte de los nodos que se muestran, de esta manera se tiene la opción de que no aparezcan aquellos cuya aportación sea menor a un porcentaje elegido

por el usuario:

En la pestaña “Evaluación del impacto” pueden verse las gráficas de barras ya explicadas siendo de especial relevancia la “Ponderación” y la “Puntuación única” (Figuras 21 y 22).

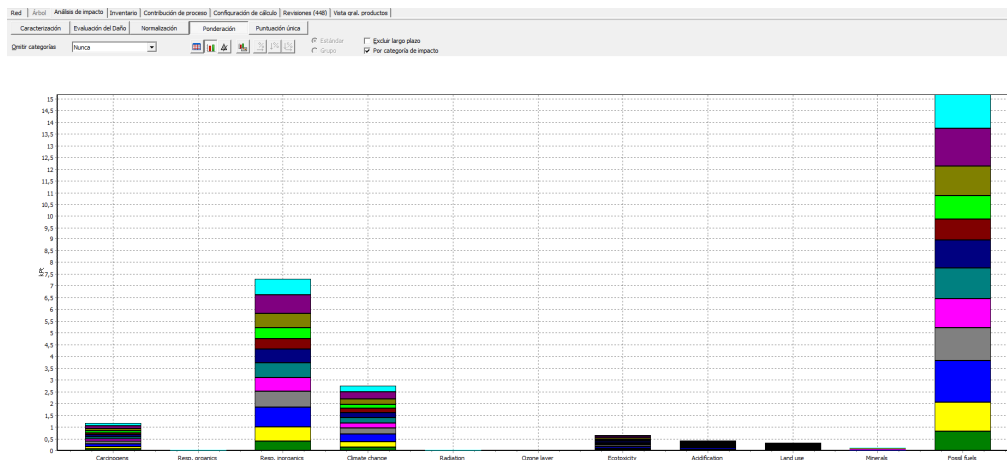


Figura 21: Resultados del cálculo teórico, pestaña ponderación.

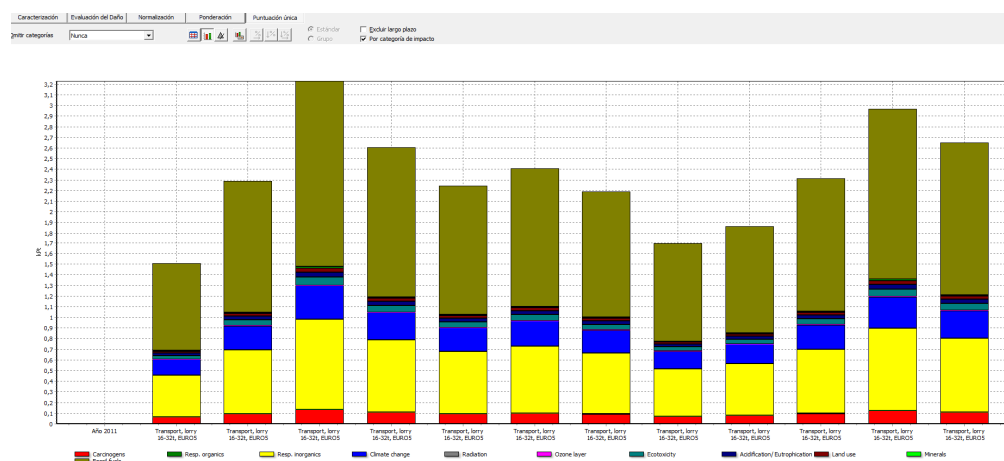


Figura 22: Resultados del cálculo teórico, pestaña puntuación única.

3.3.- Umberto for Carbon Footprint

Al iniciar la aplicación se accede a la pantalla principal (Figura 23). En la ventana “Editor de redes” se puede crear una nueva red para calcular la huella de carbono, en “Explorador del proyecto” aparecen reflejados todos los modelos y materiales del archivo del proyecto, en “Editor de propiedades” se pueden mostrar y editar las propiedades de cualquier elemento y en “Editor de especificaciones” es posible especificar la red.

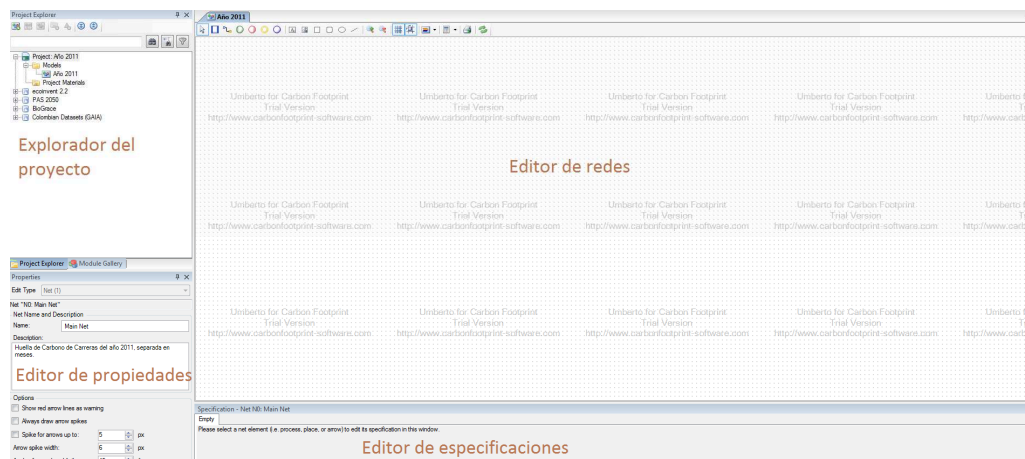


Figura 23: Pantalla principal de Umberto.

Para realizar un nuevo cálculo primero se debe definir un proyecto y un modelo siguiendo con el asistente que Umberto proporciona para realizarlo.

Seguidamente se elige un tipo de estudio, flujo de referencia y unidad funcional.

Hay varios tipos de estudio (Figura 24), la mayoría están pensados para análisis complejos, por lo que se ha utilizado el estudio “Empty (Vacío)” en el que se puede hacer lo que se desee desde una pantalla en blanco, sin ningún tipo de proceso predefinido.

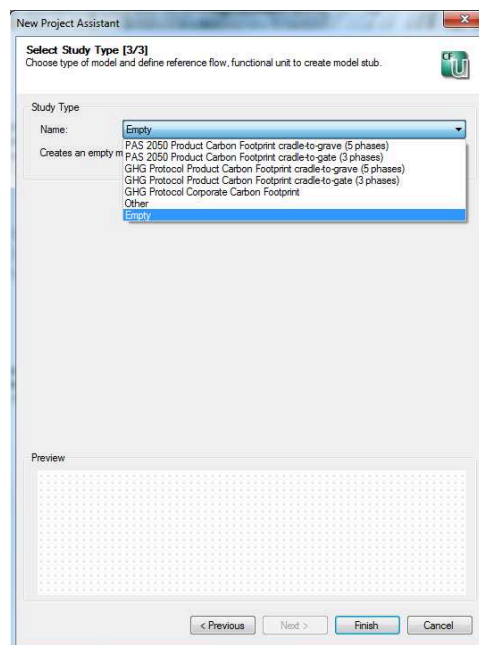







Figura 24: Tipos de estudio disponibles para configurar el proyecto.

Para añadir un producto al proyecto se usa el botón  y se clicca en cualquier punto del editor de redes para situar dicho producto. Se requiere un input (entrada) y un output (salida) para definirlo, son introducidos mediante los botones  . Para unir los tres elementos se utiliza el botón .

Como resultado se tiene la siguiente imagen:



La señal de aviso roja indica que el producto está aún sin especificar. Para ello es necesario añadir un material, estos se encuentran en el explorador del proyecto. La carpeta "Project materials" contiene todos los materiales usados dentro del proyecto, con el botón  se puede crear un nuevo material mediante el "Editor de propiedades" (Figura 25).

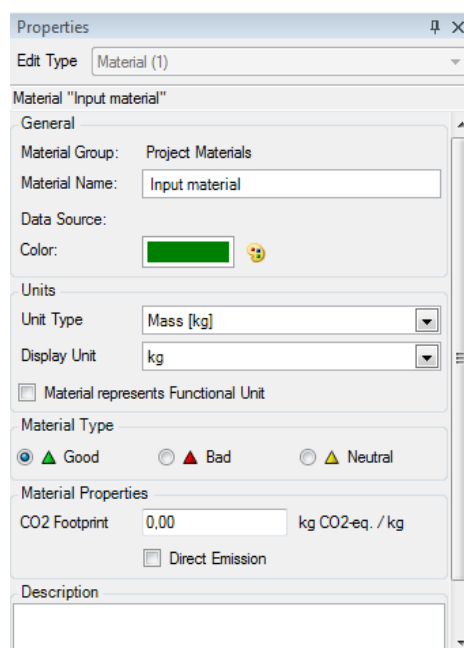















Figura 25: Editor de propiedades de material.

Seleccionando el producto se logran añadir materiales y procesos a él, se muestra la ventana "Editor de especificaciones" (Figura 26) en la que la parte izquierda son los inputs y la derecha los outputs.

Input / Output		Generic Materials	Parameters	Allocations									
	Material	Place	Material Type	Coefficient	Unit	Function		Material	Place	Material Type	Coefficient	Unit	Function
	transport, lorry >32t, EUROS I	Enero	 Good	1,00	tkm	92186,1		Emissiones	Emissiones	 Reference	1,00	kg	
	transport, lorry >32t, EUROS I	Febrero	 Good	1,00	tkm	140268,5							
	transport, lorry >32t, EUROS I	Marzo	 Good	1,00	tkm	197963,0							
	transport, lorry >32t, EUROS I	Abril	 Good	1,00	tkm	159585,7							
	transport, lorry >32t, EUROS I	Mayo	 Good	1,00	tkm	137576,3							
	transport, lorry >32t, EUROS I	Junio	 Good	1,00	tkm	147606,7							
	transport, lorry >32t, EUROS I	Julio	 Good	1,00	tkm	134331,3							
	transport, lorry >32t, EUROS I												
 Add	 Remove												



 Add	 Remove												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figura 26: Editor de especificaciones del proceso.

Arrastrando y soltando en esta ventana desde el “Explorador del proyecto” (Figura 27) se puede añadir cualquier material o actividad a los inputs u outputs. La columna “Coeficiente” es útil para establecer relaciones entre entradas y salidas; por ejemplo que son necesarios 2 Kg del material de entrada para obtener 7 Kg del material de salida.

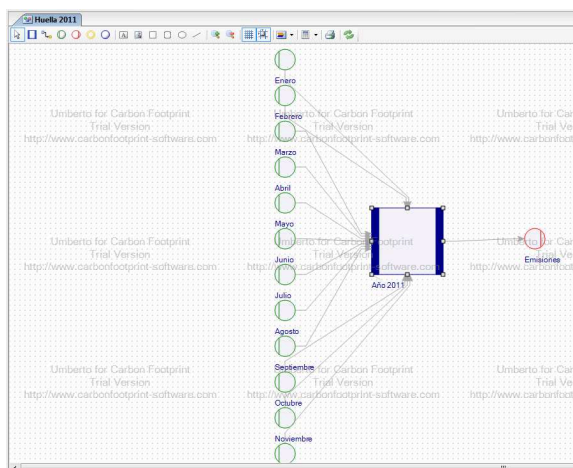



Figura 27: Explorador del proyecto.

Para poder realizar el cálculo falta un último paso, hacer que el flujo sea “manual” clicando en el conector que va a emisiones y llevando hasta él un material, por ejemplo el mismo “emisiones”, de valor 1. Ahora se podrá seleccionar la opción de “Calcular” con el botón  y Umberto mostrará la huella de carbono del producto diseñado (Figura 28).

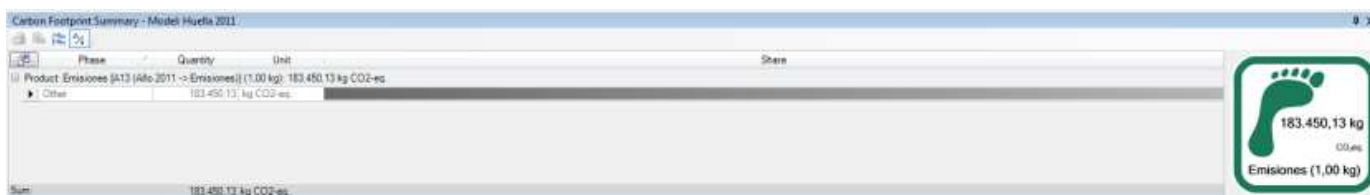


Figura 28: Resultado del cálculo de la huella de carbono.

3.4.- ECOit

El software ECOit se encuentra disponible tanto en inglés como en español.

La aplicación cuenta con diferentes estilos que hacen su utilización mucho más agradable a la vista ya que se puede elegir entre diferentes fondos a gusto del usuario (Figura 29).

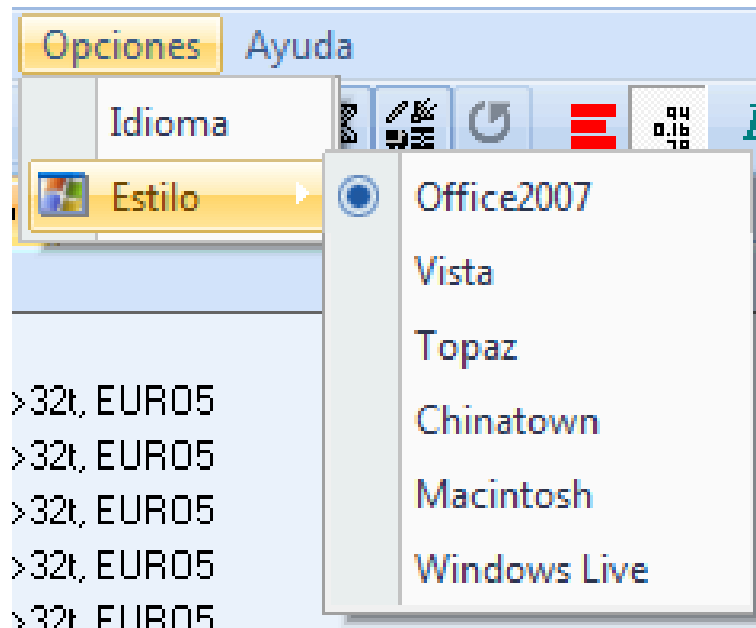


Figura 29: Estilos ofrecidos por ECOit.

Su uso es muy simple, sencillo e intuitivo, no presenta problemas ni con el aprendizaje (incluye una corta y útil guía de uso), ni con su utilización.

Para realizar la estructura del producto ECOit proporciona ayuda como se demuestra en la Figura 30. En ella se quiere diseñar una mesa que tiene cuatro patas, cada una contiene 5 tornillos. ECOit automáticamente calcula que son necesarias 20 unidades de acero, una para cada tornillo.

Life cycle		Production		Use		Disposal	
Item		Amount	Unit	Number	Score		
Table		1	p	1			
Wood		3	kg	1			
Leg		4	p	1			
Wood		0,8	kg	4			
Screw		5	p	4			
Steel		10	g	20			

Figura 30: Ejemplo de ayuda ofrecida por ECOit.

Al comenzar un nuevo proyecto para el análisis de un producto el asistente conduce al usuario a través de una ficha de ciclo de vida (Figura 31) donde se define dicho ciclo: nombre, fecha, autor y descripción.

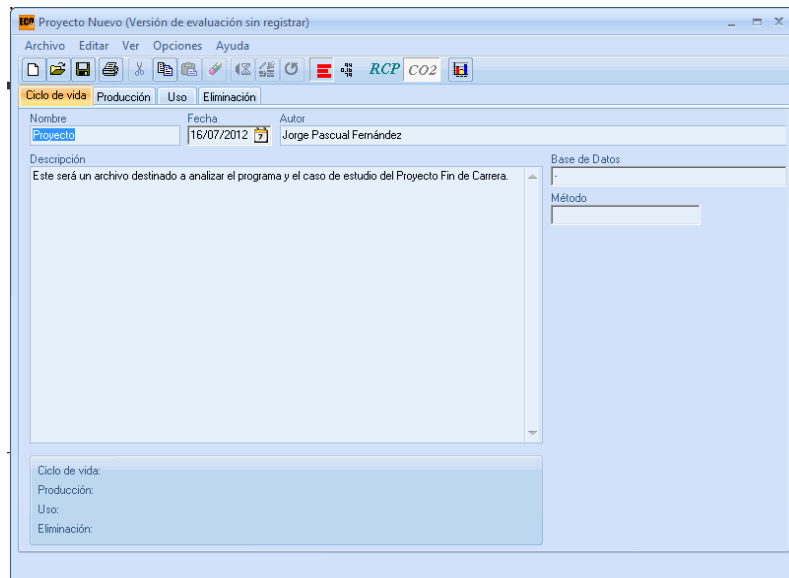
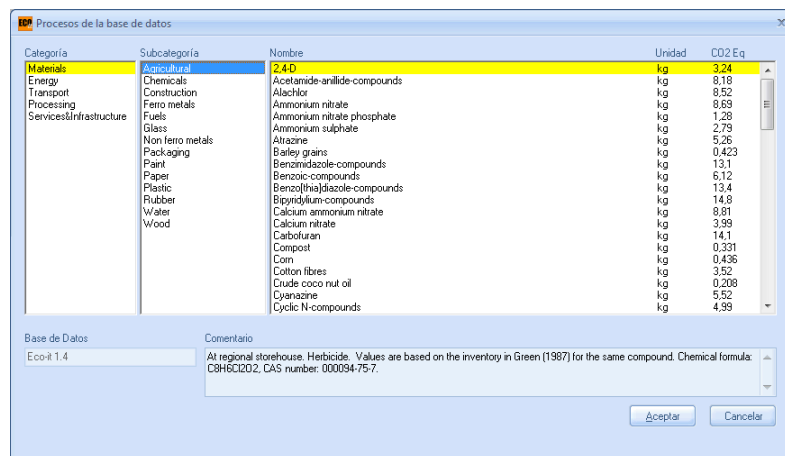


Figura 31: Asistente de creación de un nuevo ciclo de vida.

A cada producto o subproducto se le pueden añadir la multitud de materiales y procesos categorizados y subcategorizados que ofrece el programa como muestra la Figura 32.



Categoría	Subcategoría	Nombre	Unidad	CO2 Eq
Materiales	Agropecuaria	2.4D	kg	3.24
	Chemicals	Acetamide-anilide-compounds	kg	8.18
	Construction	Alachlor	kg	8.52
	Ferro metals	Ammonium nitrate	kg	8.69
	Fuels	Ammonium nitrate phosphate	kg	1.28
	Glass	Ammonium sulphate	kg	2.79
	Non ferro metals	Althazine	kg	5.25
	Packaging	Barley grains	kg	0.423
	Paint	Benzimidazole-compounds	kg	13.1
	Paper	Benzoic-compounds	kg	6.12
	Plastic	Benzothiazole-compounds	kg	13.4
	Rubber	Bipyridylum-compounds	kg	14.8
	Water	Calcium ammonium nitrate	kg	8.81
	Wood	Calcium nitrate	kg	3.99
		Carbotturan	kg	14.1
		Compost	kg	0.331
		Corn	kg	0.436
		Cotton fibres	kg	3.52
		Crude coco nut oil	kg	0.208
		Cyanazine	kg	5.52
		Cyclic N-compounds	kg	4.99


Base de Datos: Ecoit 1.4



Comentario: At regional storehouse. Herbicide. Values are based on the inventory in Green (1987) for the same compound. Chemical formula: C8H6ClO2, CAS number: 000094-75-7.

Aceptar Cancelar

Figura 32: Catálogo de materiales y procesos.

En la pestaña "Producción" se puede definir su estructura añadiendo productos o procesos que componen el proyecto. Haciendo click con el botón derecho en uno de ellos se muestran todas las opciones de edición.

Gracias a los botones  es posible eliminar un producto o proceso, o agregar uno de ellos de manera rápida y sencilla.

Según se van añadiendo nuevos procesos al proyecto ECOit calcula y muestra su aportación a las emisiones totales permitiendo al usuario elegir entre ver el porcentaje que aporta cada uno (Figura 33) o el valor numérico de dicho porcentaje (Figura 34) mediante los botones . También existe la opción de elegir entre ver el valor en toneladas de CO₂e o en puntos ReCiPe gracias a los botones .

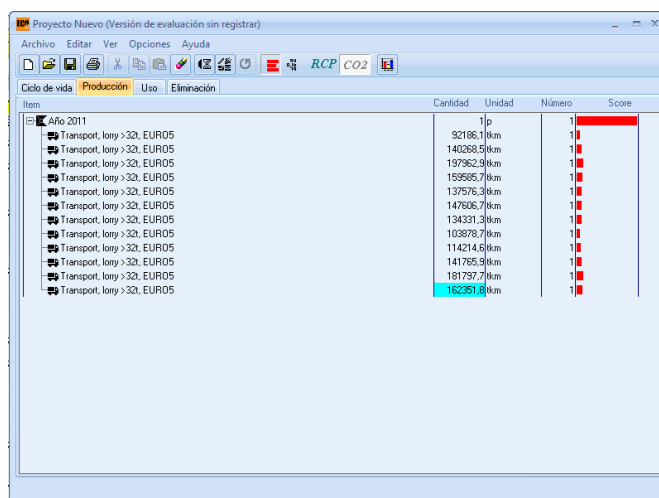


Figura 33: Pestaña producción, porcentajes que aporta cada proceso al total.

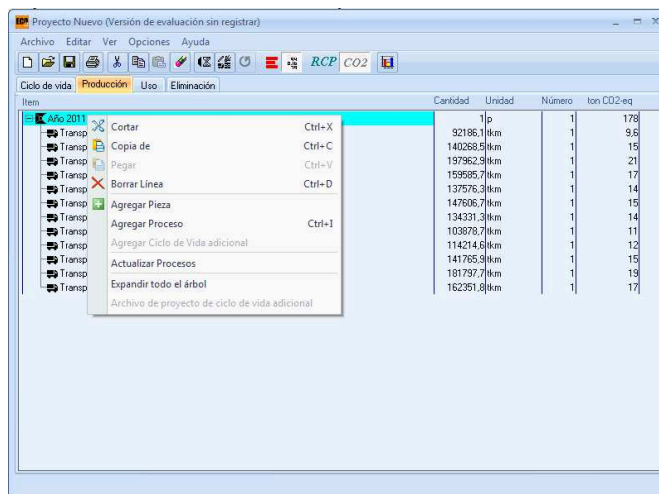


Figura 34: Pestaña producción, aportación de CO₂e de cada proceso.

Se puede elegir las unidades en las que se introducen los valores sencillamente gracias a la pestaña desplegable correspondiente (Figura 35).

Cantidad	Unidad	Número	ton CO2-eq
1	p	1	178
92186,1	tkm	1	9,6
140268,5	tkm	1	15
197962,9	kgm	1	21
159585,7	kgkm	1	17
137576,3	tkm	1	14
147606,7	tmi*	1	15
134331,3	tkm	1	14

Figura 35: Unidades de los datos introducidos.

En la pestaña "Uso" se puede agregar un ciclo de vida adicional si se requiere de otro producto previamente diseñado para utilizar el actual. Por lo demás la estructura es igual que la de producción.

En el último apartado, "Eliminación" se ofrecen 5 escenarios diferentes:

-Incineración: Se asume que es llevada a cabo en una planta moderna con un sistema de depuración de alta calidad.

-Vertedero: Se basa en modernos vertederos con purificación de agua y buenos sellados, como resultado de ello pocas sustancias dañinas alcanzan las fuentes de agua subterráneas.

-Reciclaje: Se asume que los materiales llegan ordenados por tipo y están limpios.

-Residuos domésticos: En un porcentaje de domicilios un número de materiales como cristal, papel o residuos orgánicos son reciclados por separado. El resto es puesto en el cubo de la basura y tirado al sistema de residuos municipal.

-Residuo municipal: Se asume que una cierta proporción de residuos va al vertedero y el resto es incinerado. El impacto medioambiental del transporte en los camiones de la basura también está incluido.

Podría darse el caso de que un valor de contaminación tuviera valor negativo si al reciclar algún material se obtiene un beneficio medioambiental de energía o material.

En el caso de estudio no se emplearán las pestañas "Uso" ni "Eliminación" pues no son necesarias ya que se trata únicamente de procesos de transporte.

Los resultados del cálculo están disponibles en gráficos, tanto de barras (Figura 36) como de tarta (Figura 37).

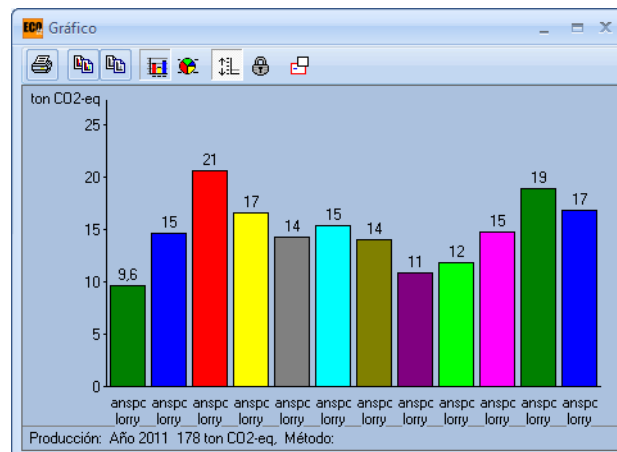


Figura 36: Resultados del cálculo en gráfico de barras.

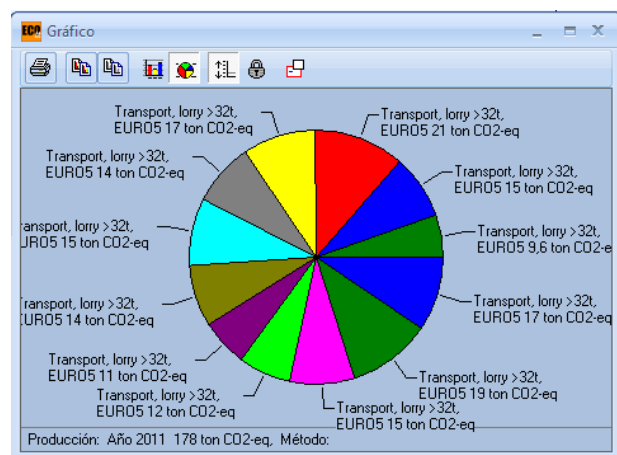


Figura 37: Resultados del cálculo en gráfico de tarta.

3.5.- Air.e

La herramienta Air.e dispone de diferentes versiones dependiendo del uso que se quiera dar de ella, en la Figura 38 se muestran resumidas sus características principales:

- Monopuesto: incluye todas las funciones necesarias para el cálculo de huellas de carbono en un ordenador personal.
- Corporativo: permite el trabajo en grupo compartiendo la base de datos del sistema dentro de una red local o de oficina con posibilidad de integración con los sistemas ERP.

• Online: las bases de datos de cada cliente se almacenan en un servidor virtual albergado por SolidForest. Los usuarios trabajan de forma remota mediante conexión a Internet desde cualquier punto conectándose a su base de datos privada.

Local	Online
Indicada para :	Indicada para:
<ul style="list-style-type: none"> • Empresas de consultoría con muchos clientes pequeños • PYMES con necesidades puntuales de cálculo de emisiones • Grandes corporaciones con una importantes infraestructura de red • Centros de formación privados • Fundaciones y O.N.G.s 	<ul style="list-style-type: none"> • Organizaciones que quieren acceder a los datos desde distintas sedes • Empresas de consultoría con grandes clientes • Consultoras que quieren ofrecer a sus clientes resultados OnLine • Clientes de las consultoras anteriores que acceden a sus datos puntualmente • Administraciones locales, autonómicas y nacionales • Universidades
Incluye todas las herramientas de diseño, cálculo, base de datos y generación de informes	Incluye todas las herramientas de diseño, cálculo, base de datos y generación de informes
Integración con herramientas informáticas corporativas (ERP, MSOffice...)	Integración con herramientas informáticas corporativas (ERP, MSOffice...)
No es necesario disponer de conexión a Internet*	Es necesario disponer de conexión continua a Internet
Trabajo en monopuesto o grupo de trabajo en red local o red privada Virtual	Trabajo en "nube". La base de datos privada siempre está accesible desde cualquier punto con la aplicación air.e y conexión a Internet
Número de usuarios ilimitado	Número de usuarios ilimitado
Permite importar y exportar huellas para compartir trabajo entre distintos puestos sin conexión	Permite el acceso online a las huellas desde cualquier instalación con autorización
Integridad de la base de datos proporcionada por el usuario	Integridad de la Base de datos proporcionada por Solid Forest, con sistemas de seguridad y Backup
Base de datos inicial con capacidad para 4 entornos nuevos	Base de datos inicial con capacidad para 10 entornos nuevos
Ampliaciones de la base de datos disponibles en paquetes pequeños	Ampliaciones de la base de datos disponibles en paquetes grandes
Supone una compra de software puntual	Supone una suscripción mensual
Tarifa de precios adaptada al crecimiento en necesidades del usuario	Tarifa de precios adaptada al crecimiento en necesidades del usuario

Figura 38: Comparativa entre versión base de datos local y base de datos online.

Al ejecutar el programa se muestra la pantalla de inicio (Figura 39) en la que se puede optar por abrir un proyecto de ciclo de vida existente o crear uno nuevo:

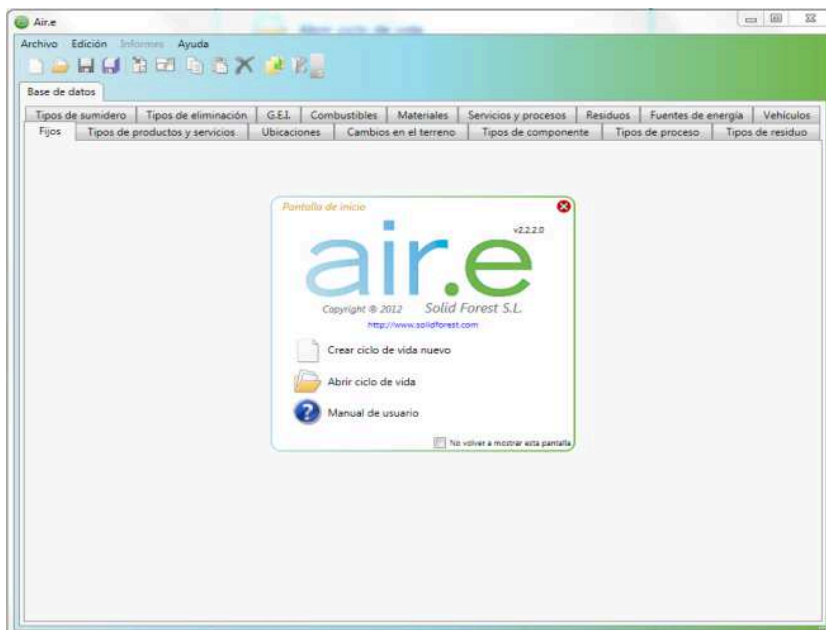


Figura 39: Pantalla de inicio de Air.e.

Para poder definir un ciclo de vida nuevo se muestra la pantalla de la Figura 40 en la que se da nombre al proyecto y se introducen los primeros datos generales:

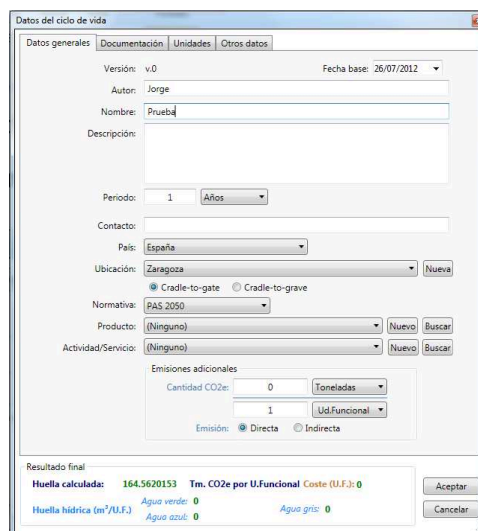


Figura 40: Definición del ciclo de vida, pestaña "Datos Generales".

En la siguiente pestaña, "Unidades" (Figura 41), se podría añadir y crear diferentes unidades a utilizar durante la definición del ciclo de vida y que son muy útiles para ciclos complejos, pero innecesarias para el propósito de este proyecto:

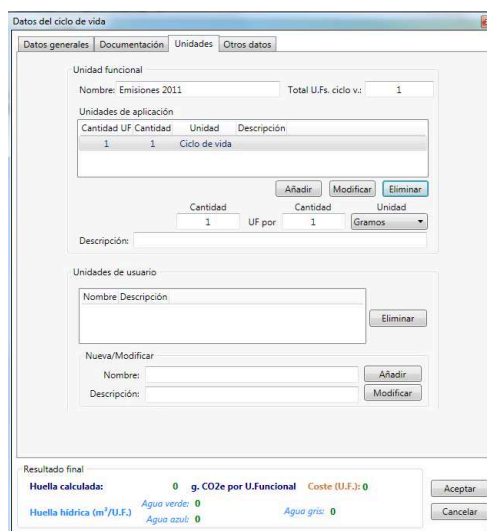


Figura 41: Definición del ciclo de vida, pestaña "Unidades".

Una vez se han introducido estos datos se pasa a la pantalla principal del programa (Figura 42) en la que se diseña el ciclo añadiendo los procesos y materiales que se deseen y que están disponibles en el lateral derecho de la ventana.

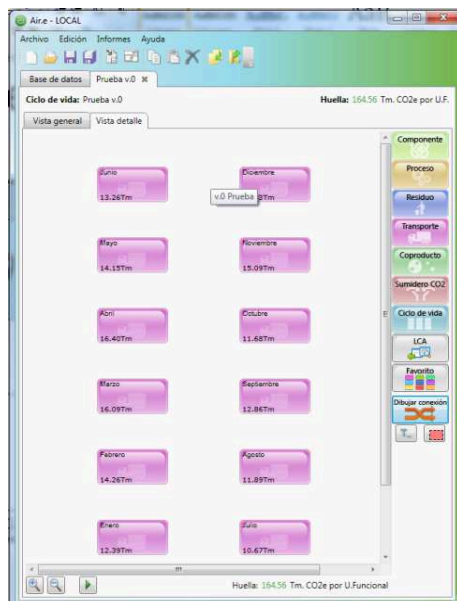


Figura 42: Pantalla principal de Air.e.

Si se elige un nuevo proceso de transporte se abre la ventana que permite definir tanto sus datos generales (Figura 43) como lo más importante, los vehículos utilizados (Figura 44). En esta pestaña se pueden añadir vehículos del listado que ofrece el software y se puede definir su capacidad utilizable y la distancia que recorre.

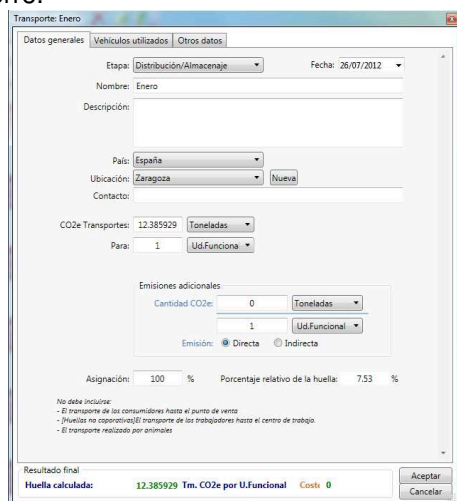
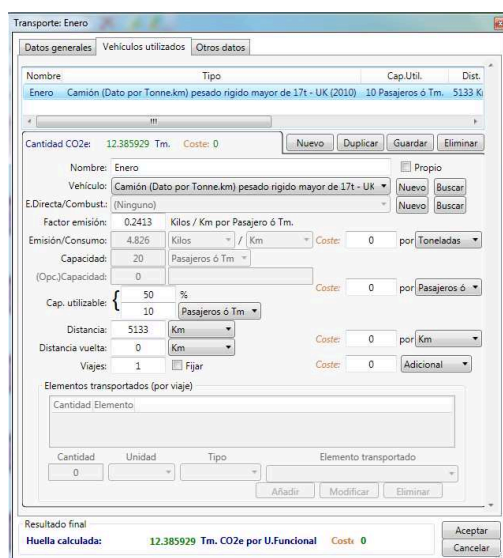


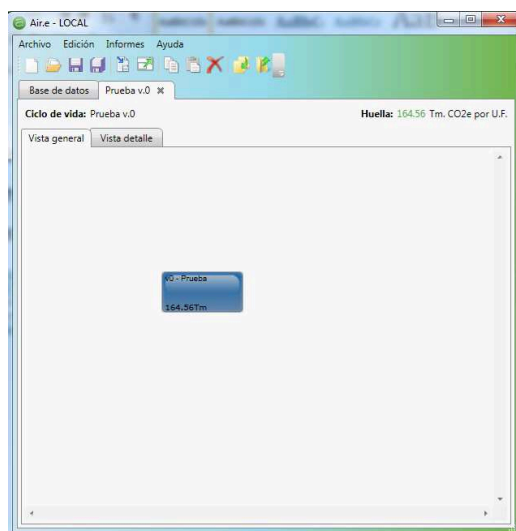
Figura 43: Datos generales del proceso de transporte.



The screenshot shows the 'Transporte: Enero' window with the 'Datos generales' tab selected. It contains fields for vehicle name, type, capacity, and distance. The 'Cantidad CO2e' is calculated as 12.385929 Tm. The 'Resultado final' section shows 'Huella calculada: 12.385929 Tm. CO2e por U.Funcional'.

Figura 44: Vehículos utilizados en el proceso de transporte.

Una vez se van creando todos los procesos, Air.e automáticamente calcula las emisiones parciales y totales de todos ellos en la pestaña "Vista general" (Figura 45) que representa al proceso completo.



The screenshot shows the 'Air.e - LOCAL' window with the 'Vista general' tab selected. It displays a summary of the carbon footprint calculation, including the total 'Huella: 164.56 Tm. CO2e por U.F.' and a list of processes contributing to the total.

Figura 45: Pestaña vista general.


3.6.- Mobile Combustion GHG Emissions Calculation Tool

Esta herramienta proporcionada por la Iniciativa GHG Protocol calcula las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O de vehículos propios, transporte público ya sea por tierra, mar, raíles o aire y maquinaria móvil como equipamiento agrario y de construcción.

Usa factores de emisión por defecto diferentes para cada país, actualmente únicamente Reino Unido y EE.UU. Para el resto, si no están disponibles se usa la categoría "Otros". Es posible añadir factores de emisión o ajustar los GWP de los que la herramienta dispone por defecto. Estos factores provienen del Departamento para el Medioambiente, Comida y Asuntos Rurales de UK (DEFRA), la Agencia de Protección Medioambiental de EE.UU. (EPA) y la guía de 2006 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

Para calcular emisiones de CO₂ lo mejor es introducir datos de combustible utilizado y para calcular emisiones de CH₄ y N₂O es mejor introducir datos de la distancia viajada. Para transportes que no son públicos, se recomienda utilizar ambos tipos.

En cada columna se deben ir completando los campos de una manera sencilla, eligiendo entre las opciones que ofrecen los menús desplegables e introduciendo los datos necesarios donde se requiera (Figuras 46 y 47).



The Greenhouse Gas Protocol Initiative
The foundation for sound and sustainable climate strategies

Total GHG Emissions, exclude Biofuel CO ₂ <small>(metric tonnes CO₂e)</small>	5700,576
Biofuel CO ₂ Emissions <small>(metric tonnes)</small>	0

Activity Data Fuel use data are preferred for calculating CO₂ emissions. Vehicle distance data are preferred for CH₄ and N₂O.

Status	Source Description	Region	Mode of Transport	Scope	Type of Activity Data	Activity Data					
						Vehicle Type	Distance Travelled	Gross Weight	# of Passenger	Unit of Distance	Fuel Used
✓	Enero	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	5133	326,9		Tonne Kilometer	
✓	Febrero	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	5908	349,6		Tonne Kilometer	
✓	Marzo	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	6866	583,6		Tonne Kilometer	
✓	Abril	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	6796	351,2		Tonne Kilometer	
✓	Mayo	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	5886	391,2		Tonne Kilometer	
✓	Junio	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	5497	403,4		Tonne Kilometer	
✓	Julio	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	4421	401		Tonne Kilometer	
✓	Agosto	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	4926	315,7		Tonne Kilometer	
✓	Septiembre	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	5329	332,1		Tonne Kilometer	
✓	Octubre	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	4840	379,2		Tonne Kilometer	
✓	Noviembre	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	6252	460,6		Tonne Kilometer	
✓	Diciembre	Other	Road	Scope 1	Weight Distance (e.g. Freight Transport)	Road Vehicle - HGV - Rigid - Engine Size >17 tonnes	6562	537,1		Tonne Kilometer	

Figura 46: Hoja de introducción de datos 1.

Unit of Fuel Amount	Error Messages	GHG Emissions				
		Fossil Fuel CO2 (metric tonnes)	CH4 (kilograms)	N2O (kilograms)	Total GHG Emissions, exclude Biofuel CO2 (metric tonnes CO2e)	Biofuel CO2 Emissions (metric tonnes)
		341,349	4,023	3,103	342,374	0
		420,169	4,951	3,820	421,431	0
		805,225	9,489	7,320	807,644	0
		485,677	5,723	4,415	487,136	0
		466,824	5,501	4,244	468,226	0
		451,101	5,316	4,101	452,456	0
		380,642	4,250	3,219	381,426	0
		316,359	3,728	2,876	317,310	0
		360,020	4,243	3,273	361,101	0
		373,356	4,400	3,394	374,460	0
		585,807	6,903	5,326	587,567	0
		716,974	8,449	6,518	719,127	0

Figura 47: Hoja de introducción de datos 2.

La herramienta ofrece al usuario una hoja (Figura 48) en la que dispone de la posibilidad de crear nuevos tipos de carburante o incluso vehículos mediante la introducción de los datos necesarios para cada caso.



The Greenhouse Gas Protocol Initiative
The foundation for sound and sustainable climate strategies

Global Warming Potential

Please select the appropriate Global Warming Potential value below:

2007 IPCC Fourth Assessment Report

Custom Fuel Type

Fuel	Emission Factors				Unit of Emission Factors		Notes
	Fossil CO2	CH4	N2O	Biofuel CO2	Numerator (e.g., kg of GHG)	Denominator (e.g., tonne of fuel)	

Custom Vehicle Type

Vehicle	Emission Factors				Unit of Emission Factors		Notes
	Fossil CO2	CH4	N2O	Biofuel CO2	Numerator (e.g., kg of GHG)	Denominator (e.g., kilometer)	

Figura 48: Hoja de creación de nuevos combustibles y vehículos.

Por último en la hoja "Resumen" la aplicación muestra los resultados de las emisiones calculadas diferenciando por alcance (Figura 49) y por modo de transporte (Figura 50).

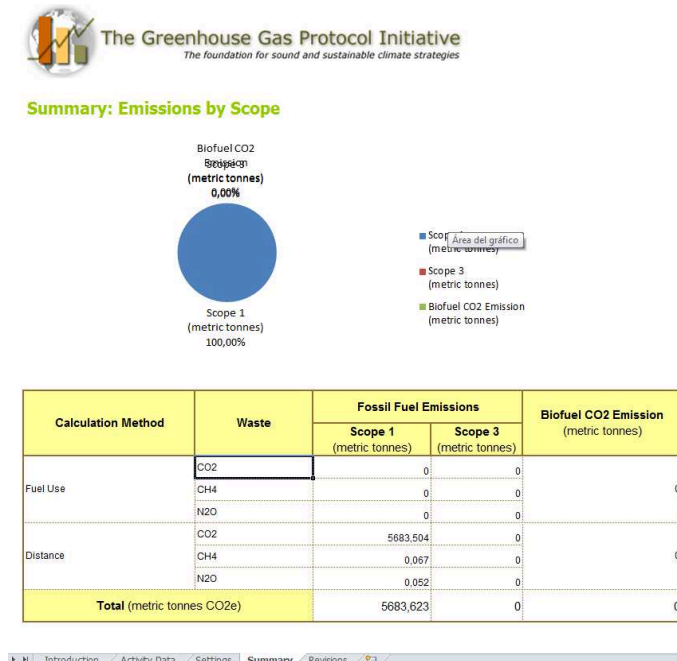


Figura 49: Resultados por tipo de alcance.

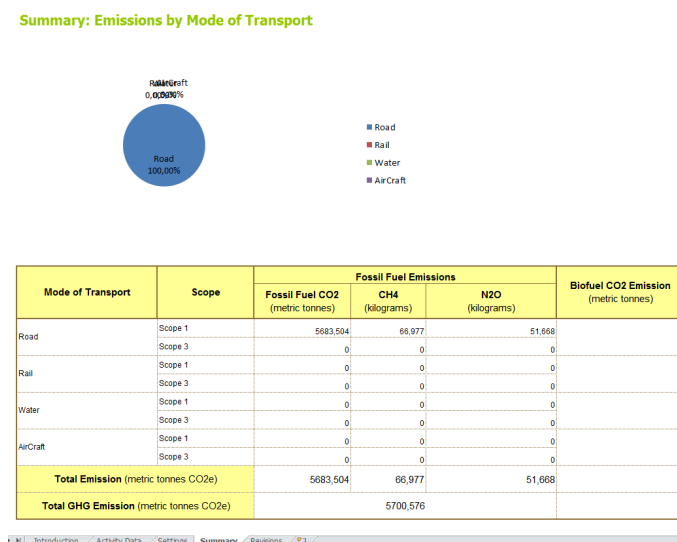


Figura 50: Resultados por modo de transporte.

3.7.- Carbon Footprint for Logistics

Se trata del programa elaborado por la Universidad de Zaragoza especializado en el cálculo de huella de carbono de procesos logísticos. Este programa es totalmente gratuito y no dispone de versión de prueba.

Al estar diseñado únicamente con vistas a aplicaciones logísticas es muy sencillo de utilizar y evita largos y complejos menús. Una vez se inicia la herramienta aparece la pantalla principal (Figura 51) en la que se puede optar entre cuatro medios de transporte diferentes: por aire, mar, raíles o carretera. Otra posibilidad que se ofrece es la de introducir la cantidad y tipo de combustible empleado en el transporte.

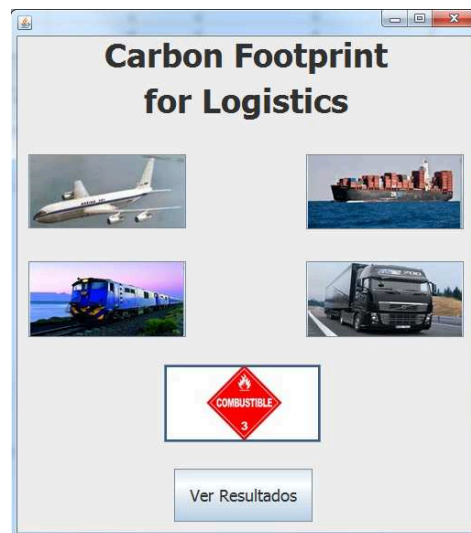
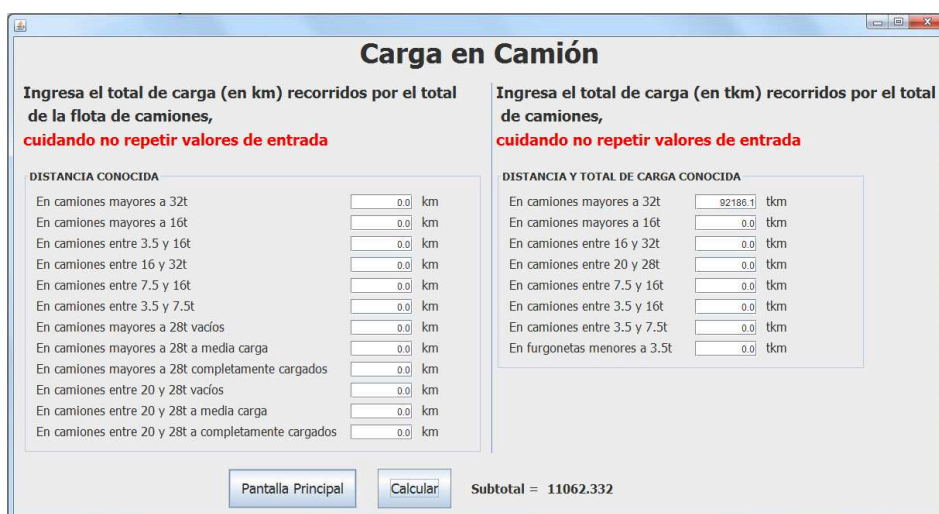


Figura 51: Pantalla inicial de Carbon Footprint for Logistics.

Si se elige el modo de transporte por carretera, se muestra la pantalla de la Figura 52, en la que se introducen los datos del cálculo bien en distancia recorrida, bien en TKm, lo cuál resultará en un cómputo más preciso. El programa permite utilizar diferentes clases de camiones y se puede utilizar uno o varios en un mismo cálculo. Simplemente pulsando el botón "Calcular" se muestra el resultado en toneladas de CO₂ equivalente:



Carga en Camión

Ingresa el total de carga (en km) recorridos por el total de la flota de camiones, cuidando no repetir valores de entrada

DISTANCIA CONOCIDA

En camiones mayores a 32t	0.0	km
En camiones mayores a 16t	0.0	km
En camiones entre 3.5 y 16t	0.0	km
En camiones entre 16 y 32t	0.0	km
En camiones entre 7.5 y 16t	0.0	km
En camiones entre 3.5 y 7.5t	0.0	km
En camiones mayores a 28t vacíos	0.0	km
En camiones mayores a 28t a media carga	0.0	km
En camiones mayores a 28t completamente cargados	0.0	km
En camiones entre 20 y 28t vacíos	0.0	km
En camiones entre 20 y 28t a media carga	0.0	km
En camiones entre 20 y 28t completamente cargados	0.0	km

Ingresa el total de carga (en tkm) recorridos por el total de camiones, cuidando no repetir valores de entrada

DISTANCIA Y TOTAL DE CARGA CONOCIDA

En camiones mayores a 32t	92188.1	tkm
En camiones mayores a 16t	0.0	tkm
En camiones entre 16 y 32t	0.0	tkm
En camiones entre 20 y 28t	0.0	tkm
En camiones entre 7.5 y 16t	0.0	tkm
En camiones entre 3.5 y 16t	0.0	tkm
En camiones entre 3.5 y 7.5t	0.0	tkm
En furgonetas menores a 3.5t	0.0	tkm

Pantalla Principal Calcular Subtotal = 11062.332

Figura 52: Transporte por carretera.

Al optar por el cálculo por vía marítima (Figura 53) el procedimiento es el mismo, la única diferencia es que en este caso sólo se ofrece la posibilidad de introducir los datos en TKm.



Carga en Barco

Ingresa el total de carga (en tkm) transportadas por barco

Barcazas petroleras	0.0	tkm
Petroleros transoceánicos	0.0	tkm
Barcazas de carga seca	0.0	tkm
Transoceánicos de carga seca	0.0	tkm
Transoceánicos de gas natural	0.0	tkm

Pantalla Principal Calcular Subtotal = 0.2655

Figura 53: Transporte marítimo.

Seleccionando el transporte por vía aérea (Figura 54) se ofrecen las posibilidades de viajes dentro de Europa o traslados intercontinentales. Igualmente los datos son introducidos en TKm.



Figura 54: Transporte aéreo.

En caso de que lo único que se conozca sea el gasto en combustible utilizado durante el transporte, se empleará el menú correspondiente a la Figura 55. En él se introducirá el carburante quemado en litros.



Figura 55: Carga por combustible empleado.

Si el traslado ha tenido lugar mediante el uso de trenes la pantalla a emplear será la mostrada en la Figura 56. Debido a la variedad de ferrocarriles el usuario puede introducir las entradas atendiendo al combustible empleado al portar carbón, el territorio a través del que se realiza el transporte o el carburante quemado para acarrear una carga general.

Carga en Tren

Ingresar el total de carga (en tkm) transportadas por tren, cuidando de no repetir valores de entrada

CARBÓN

Traslado de carbón en tren(es) impulsado(s) por diesel

0.0

tkm

Traslado de carbón en tren(es) impulsado(s) por electricidad

0.0

tkm

Traslado de carbón en tren(es) impulsado(s) por vapor

0.0

tkm

POR REGIÓN

Traslado de carga general dentro de territorio suizo

0.0

tkm

Traslado de carga general dentro de territorio francés

0.0

tkm

Traslado de carga general en el resto de la UE

0.0

tkm

Traslado de carga general en el resto del mundo

0.0

tkm

Traslado de carga general en Estados Unidos

0.0

tkm

POR ENERGÉTICO

Traslado de carga general en tren(es) impulsado(s) por diesel

0.0

tkm

Traslado de carga general en tren(es) impulsado(s) por electricidad

0.0

tkm

Pantalla Principal

Calcular

Subtotal = 0.0

Figura 56: Transporte por raíles.

4.- Anexo 3. Información del caso de estudio ficticio

Para la creación de este proceso logístico ficticio, ideado con el único objetivo de comprobar la validez de los resultados de Carbon Footprint for Logistics, se han supuesto una serie de operaciones de transporte que podrían ser llevados a cabo por cualquier empresa logística. Estos traslados se realizan desde Madrid a una serie de ciudades españolas a lo largo de un año cualquiera, con una carga cualquiera y un porcentaje de carga de los vehículos cualquiera.

La relación de ciudades de destino, así como la distancia que los separa de Madrid es la mostrada en la Tabla 6.

VALENCIA	BARCELONA	ZARAGOZA	GETAFE	LEVANTE	SEVILLA
362 Km	650 Km	321Km	15 Km	353 Km	533 Km
GRANADA	CORDOBA	MALAGA	VALLADOLID	PALENCIA	BURGOS
428 Km	401 Km	545 Km	212 Km	257 Km	244 Km

Tabla 6: Distancias desde Madrid hasta las ciudades de destino del caso teórico.

Los datos sobre los cuales se ha basado el citado cálculo teórico son los que aparecen en las Tablas 7 a 18.

	ENERO				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1	40,85235635	1	0%	428	17,48480852
2					
3	2789,50801	1	11%	353	984,6963275
4					
5					
6	17445,74861	1	70%	321	5600,085305
7	39730,73209	2	79%	15	595,9609813
8					
9	8959,423401	1	36%	650	5823,625211
10					
11	44418,96972	2	89%	212	9416,821581
12					
13					
14	11871,97525	1	47%	257	3051,097638
15	22493,13383	1	90%	244	5488,324654
16	34483,81605	2	69%	401	13828,01024
17					
18	34967,88975	2	70%	244	8532,1651
19	17235,24605	1	69%	15	258,5286907
20					
21	39468,6912	2	79%	362	14287,66622
22					
23	26243,96582	1	105%	401	10523,83029
24					
25	23506,33932	1	94%	545	12810,95493
26					
27					
28	826,8733797	1	3%	428	353,9018065
29					
30					
31	2384,907358	1	10%	257	612,9211909
				Total	92186,1

Tabla 7: Datos teóricos de enero.

	FEBRERO				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1					
2	30204,27762	2	60%	401	12111,91533
3					
4	40186,58978	2	80%	545	21901,69143
5	6048,870848	1	24%	212	1282,36062
6	17445,74861	1	70%	353	6158,349261
7					
8	33241,12603	2	66%	362	12033,28762
9					
10	21587,27961	1	86%	257	5547,930859
11					
12	18697,28951	1	75%	244	4562,138639
13	29089,93816	2	58%	321	9337,87015
14	11871,97525	1	47%	428	5081,205406
15	22493,13383	1	90%	491	11044,12871
16					
17					
18					
19	31418,17543	2	63%	257	8074,471085
20					
21	30419,81473	2	61%	650	19772,87957
22					
23	1431,350967	1	6%	244	349,2496359
24					
25	5265,329757	1	21%	257	1353,189748
26	21938,64678	1	88%	533	11693,29873
27					
28	28228,04983	2	56%	353	9964,501591
29					
30					
31					
				Total	140268,5

Tabla 8: Datos teóricos de febrero.

	MARZO				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1	2417,345481	1	10%	321	775,9678993
2	34205,96784	2	68%	362	12382,56036
3	9991,473588	1	40%	533	5325,455423
4	49984,20807	2	100%	353	17644,42545
5	26436,7217	1	106%	15	396,5508255
6					
7					
8					
9	49903,06599	2	100%	545	27197,17097
10	45554,50794	2	91%	362	16490,73187
11					
12					
13	45095,47343	2	90%	244	11003,29552
14	9328,951539	1	37%	321	2994,593444
15	44669,98238	2	89%	401	17912,66293
16					
17					
18	44398,51191	2	89%	545	24197,18899
19	36212,15886	2	72%	212	7676,977678
20	30928,38809	2	62%	257	7948,59574
21					
22	43996,12681	2	88%	15	659,9419022
23	11574,80784	1	46%	362	4190,080438
24	29013,56052	2	58%	244	7079,308767
25					
26	3955,819368	1	16%	428	1693,090689
27	15457,14485	1	62%	401	6198,315087
28					
29	19210,33986	1	77%	212	4072,59205
30	41507,40514	2	83%	533	22123,44694
31					
				Total	197963,0

Tabla 9: Datos teóricos de marzo.

	ABRIL				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1	641,1770611	1	3%	15	9,617655916
2					
3	768,6527807	1	3%	321	246,7375426
4					
5					
6	24962,76821	1	100%	650	16225,79934
7	14944,60001	1	60%	428	6396,288805
8					
9	3342,652778	1	13%	244	815,6072779
10					
11	35336,55542	2	71%	257	9081,494744
12					
13					
14	4643,120198	1	19%	353	1639,02143
15	23650,26928	1	95%	321	7591,73644
16	14885,09199	1	60%	362	5388,403299
17					
18	9581,641535	1	38%	401	3842,238256
19	32251,99255	2	65%	428	13803,85281
20					
21	44655,40183	2	89%	545	24337,194
22					
23	13072,72174	1	52%	212	2771,417008
24					
25	44071,08151	2	88%	533	23489,88644
26					
27					
28	31805,99979	2	64%	650	20673,89986
29	3485,552139	1	14%	650	2265,608891
30	49081,56519	2	98%	428	21006,9099
31					
Total					159585,7

Tabla 10: Datos teóricos de abril.

	MAYO				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1					
2	43823,46536	2	88%	15	657,3519804
3					
4	25436,04846	1	102%	353	8978,925107
5	28900,33207	2	58%	244	7051,681026
6	24962,76821	1	100%	428	10684,06479
7					
8	219,7066612	1	1%	428	94,03445098
9					
10	44912,72348	2	90%	362	16258,4059
11					
12	32353,24864	2	65%	650	21029,61162
13					
14	4643,120198	1	19%	401	1861,891199
15	23650,26928	1	95%	428	10122,31525
16					
17					
18					
19	23055,52931	1	92%	257	5925,271034
20					
21	11551,10139	1	46%	212	2448,833494
22					
23	21921,45727	1	88%	401	8790,504367
24					
25	35787,83289	2	72%	401	14350,92099
26	15921,05687	1	64%	456,96 3937	7275,348829
27					
28	14178,7559	1	57%	428	6068,507524
29					
30					
31	39847,01514	2	80%	401	15978,65307
				Total	137576,3

Tabla 11: Datos teóricos de mayo.

	JUNIO				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1					
2	24169,40003	1	97%	15	362,5410004
3					
4	15757,22697	1	63%	533	8398,601977
5	2515,625375	1	10%	15	37,73438063
6	35771,11025	2	72%	428	15310,03519
7					
8	48897,00173	2	98%	650	31783,05112
9					
10	48182,83193	2	96%	257	12382,98781
11					
12	39027,61751	2	78%	533	20801,72013
13	20721,12169	1	83%	428	8868,640083
14	34806,85572	2	70%	401	13957,54914
15	15061,23597	1	60%	257	3870,737644
16					
17					
18					
19	48400,44507	2	97%	257	12438,91438
20					
21	40962,73977	2	82%	244	9994,908504
22					
23	7573,171301	1	30%	212	1605,512316
24					
25	314,3009565	1	1%	545	171,2940213
26	10978,07262	1	44%	321	3523,961311
27					
28	10220,78651	1	41%	401	4098,535392
29					
30					
31					
Total					147606,7

Tabla 12: Datos teóricos de junio.

	JULIO				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1	9991,473588	1	40%	83	827,4514016
2					
3					
4	49984,20807	2	100%	473	23653,6282
5	26436,7217	1	106%	381	10059,23412
6					
7	11574,80784	1	46%	195	2253,277072
8					
9	49903,06599	2	100%	480	23948,46802
10					
11	19210,33986	1	77%	56	1072,681666
12					
13	45095,47343	2	90%	352	15860,37466
14	9328,951539	1	37%	162	1506,994617
15					
16					
17					
18	44398,51191	2	89%	376	16699,35093
19					
20	5762,329137	1	23%	368	2120,395447
21					
22	36212,15886	2	72%	299	10837,54267
23					
24	13082,6438	1	52%	384	5022,237494
25	23882,60347	1	96%	156	3720,806167
26					
27	14595,67415	1	58%	392	5725,544532
28					
29					
30	41507,40514	2	83%	266	11023,33797
31					
Total					134331,3

Tabla 13: Datos teóricos de julio.

	AGOSTO				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1					
2	18831,55378	1	75%	533	10037,21817
3					
4					
5	39770,11852	2	80%	321	12766,20804
6	1533,855314	1	6%	353	541,4509258
7					
8	4334,259029	1	17%	244	1057,559203
9					
10	13657,3601	1	55%	257	3509,941545
11					
12	13634,1177	1	55%	428	5835,402374
13	44637,03631	2	89%	212	9463,051698
14	18164,10875	1	73%	545	9899,439269
15	2631,902143	1	11%	401	1055,392759
16					
17					
18					
19	31703,08919	2	63%	353	11191,19048
20					
21	45482,57964	2	91%	362	16464,69383
22					
23	14984,56522	1	60%	15	224,7684783
24					
25	33355,02127	2	67%	401	13375,36353
26	31510,85265	2	63%	257	8098,289131
27					
28	1470,120543	1	6%	244	358,7094125
29					
30					
31					
				Total	103878,7

Tabla 14: Datos teóricos de agosto.

	SEPTIEMBRE				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1					
2					
3	28900,33207	2	58%	401	11589,03316
4					
5					
6	24962,76821	1	100%	533	13305,15546
7	14944,60001	1	60%	650	9713,990007
8					
9	3342,652778	1	13%	428	1430,655389
10					
11	35336,55542	2	71%	212	7491,34975
12					
13	39847,01514	2	80%	257	10240,68289
14	4643,120198	1	19%	545	2530,500508
15	23650,26928	1	95%	244	5770,665705
16	14885,09199	1	60%	15	223,2763798
17					
18					
19					
20	21921,45727	1	88%	15	328,8218591
21					
22	13072,72174	1	52%	353	4614,670773
23					
24	44655,40183	2	89%	533	23801,32917
25					
26	15921,05687	1	64%	428	6814,212341
27	14178,7559	1	57%	362	5132,709635
28					
29	31805,99979	2	64%	353	11227,51793
30					
31					
				Total	114214,6

Tabla 15: Datos teóricos de septiembre.

	OCTUBRE				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1					
2	15757,22697	1	63%	15	236,3584046
3					
4					
5	2515,625375	1	10%	353	888,0157575
6	35771,11025	2	72%	650	23251,22166
7					
8	48897,00173	2	98%	321	15695,93755
9					
10	48182,83193	2	96%	401	19321,31561
11					
12	39027,61751	2	78%	545	21270,05154
13					
14	34806,85572	2	70%	244	8492,872796
15	15061,23597	1	60%	257	3870,737644
16					
17					
18					
19	48400,44507	2	97%	401	19408,57847
20					
21	40962,73977	2	82%	353	14459,84714
22					
23	7573,171301	1	30%	428	3241,317317
24					
25	314,3009565	1	1%	15	4,714514348
26	10978,07262	1	44%	401	4402,207121
27					
28	10220,78651	1	41%	212	2166,806741
29					
30					
31	20721,12169	1	83%	244	5055,953692
				Total	141765,9

Tabla 16: Datos teóricos de octubre.

	NOVIEMBRE				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1	19066,71123	1	76%	257	4900,144785
2					
3					
4	45583,98616	2	91%	353	16091,14712
5	45100,85667	2	90%	15	676,5128501
6					
7	34023,36071	2	68%	545	18542,73159
8					
9	40404,29971	2	81%	650	26262,79481
10					
11	2145,169056	1	9%	212	454,7758398
12	37756,34273	2	76%	257	9703,380082
13	36627,88578	2	73%	533	19522,66312
14	23341,55834	1	93%	244	5695,340235
15					
16					
17					
18	7407,269377	1	30%	212	1570,341108
19					
20	26437,52214	1	106%	353	9332,445316
21					
22	2255,58945	1	9%	401	904,4913695
23					
24	48896,55648	2	98%	428	20927,72618
25	42061,78228	2	84%	545	22923,67134
26					
27	18436,68846	1	74%	244	4498,551983
28	29783,41219	2	60%	650	19359,21792
29	1223,151805	1	5%	353	431,7725873
30					
31					
Total					181797,7

Tabla 17: Datos teóricos de noviembre.

	DICIEMBRE				
Días	KGS	# CAMIONES	% DE CARGA	KMS	TKM
1	43900,03582	2	88%	321	14091,9115
2	25858,1711	1	103%	533	13782,4052
3					
4	45772,31908	2	92%	212	9703,731645
5					
6	1209,131002	1	5%	353	426,8232437
7					
8	8838,383888	1	35%	428	3782,828304
9	29964,84754	2	60%	15	449,4727131
10	40034,53063	2	80%	257	10288,87437
11	4449,943061	1	18%	545	2425,218968
12	26476,80023	1	106%	244	6460,339257
13	2179,946528	1	9%	401	874,1585577
14	28857,36744	2	58%	15	432,8605116
15	48771,4762	2	98%	428	20874,19181
16					
17					
18	46026,24504	2	92%	401	18456,52426
19	38837,32747	2	78%	244	9476,307903
20	7877,568811	1	32%	257	2024,535185
21	39944,30609	2	80%	362	14459,8388
22	34683,31931	2	69%	244	8462,729911
23					
24					
25					
26	11837,03558	1	47%	401	4746,651269
27	22431,1092	1	90%	533	11955,7812
28					
29	25854,72494	1	103%	353	9126,717902
30	3324,543749	1	13%	15	49,86815623
31					
				Total	162351,8

Tabla 18: Datos teóricos de diciembre.

5.- Anexo 4. Información de parte de la operativa de Carreras, Grupo Logístico

Con la finalidad de realizar un cálculo real de huella de carbono de un proceso logístico, la empresa Carreras, Grupo Logístico ha prestado la información referente a una parte de sus operaciones. Concretamente, esta información pertenece a una sección de la organización que opera desde La Coruña.

Los transportes realizados se subdividen en dos modalidades:

-**Entregas sin ruta:** Las mercancías pertenecen a varios clientes de Carreras. Los vehículos no van del punto de salida al de destino de manera directa, sino que por el camino van dejando parte de su mercancía en las localizaciones intermedias correspondientes. Es una manera muy común de aprovechar la carga máxima de los vehículos cuando la carga que se ha de transportar de cada cliente es de reducido tamaño y la localización de los puntos de destino de cada una lo permite.

-**Directos con ruta:** En este caso, el volumen a transportar es lo suficientemente grande como para permitir el traslado directo desde el punto A al punto B.

5.1.- Entregas sin ruta

En las Tablas 19 a 22 aparecen reflejados los datos proporcionados por Carreras, Grupo Logístico referentes a las Entregas sin ruta.

Entrega	Kilómetros	Dirección	Procedimiento	C. P.	Km en directo	Km en Bar	Km de Arrastre	Km última milla	Tipo camión última mil	Entre	Tkm Directo (Camiones 40 t)	Tkm (Bar)	Tkm Arrastre (Camiones 40 t)	Tkm Última milla (Camiones 7,5Tn)	Tkm Última milla (Camiones 12Tn)	Tkm Última milla (Camiones 40Tn)
1	6.220	1	8	8734	1.137	0	0	0	0 40Tn	1	7074,394984	0	0	0	0	0
5	4.213	1	2	2006	899	0	0	0	0 40Tn	5	3786,913259	0	0	0	0	0
21	5.298	1	50	50830	879	0	0	0	0 40Tn	21	4655,709431	0	0	0	0	0
33	3.650	1	43	43470	1.082	0	0	0	0 40Tn	33	3949,825826	0	0	0	0	0
52	7.418	1	17	17469	1.248	0	0	0	0 40Tn	52	9259,225515	0	0	0	0	0
68	5.592	1	24	24391	316	0	0	0	0 40Tn	68	1769,254914	0	0	0	0	0
136	4.552	1	48	48230	698	0	0	0	0 40Tn	136	3176,364379	0	0	0	0	0
137	8.564	1	8	8908	1.182	0	0	0	0 40Tn	137	10119,39431	0	0	0	0	0
224	4.039	1	41	41700	953	0	0	0	0 40Tn	224	3849,505754	0	0	0	0	0
262	3.618	1	46	46550	996	0	0	0	0 40Tn	262	3604,978183	0	0	0	0	0
315	4.910	1	41	41710	968	0	0	0	0 40Tn	315	4755,473474	0	0	0	0	0
328	5.185	1	41	41700	953	0	0	0	0 40Tn	328	4942,054578	0	0	0	0	0
405	3.903	1	48	48230	698	0	0	0	0 40Tn	405	2723,929908	0	0	0	0	0
406	6.011	1	8	8908	1.182	0	0	0	0 40Tn	406	7103,0573	0	0	0	0	0
409	4.260	1	28	28340	658	0	0	0	0 40Tn	409	2797,10743	0	0	0	0	0
416	3.617	1	28	28391	658	0	0	0	0 40Tn	416	2379,453561	0	0	0	0	0
427	4.860	1	8	8783	1.143	0	0	0	0 40Tn	427	5554,027717	0	0	0	0	0
429	7.016	1	19	19200	662	0	0	0	0 40Tn	429	4644,396952	0	0	0	0	0
467	7.498	1	8	8110	1.182	0	0	0	0 40Tn	467	8865,637438	0	0	0	0	0
472	4.173	1	29	29200	1.032	0	0	0	0 40Tn	472	4307,870537	0	0	0	0	0
51	1.068	0	8	8400	0	0	1.138	75 7,5Tn	51	0	0	1215,384	80,1	0	0	0
53	2.868	0	43	43006	0	0	1.050	111 12Tn	53	0	0	3011,064	0	318,31248	0	0
54	526	0	28	28042	0	0	691	126 7,5Tn	54	0	0	363,1896	66,2256	0	0	0
55	543	0	47	47197	0	0	432	18 12Tn	55	0	0	234,7056	0	9,7794	0	0
61	49	0	31	31500	0	0	789	525 12Tn	61	0	0	36,3454	0	25,515	0	0
62	34	0	48	48940	0	0	790	24 7,5Tn	62	0	0	26,623	0,8088	0	0	0
63	4	0	48	48940	0	0	790	24 7,5Tn	63	0	0	3,0336	0,09216	0	0	0
65	121	0	28	28914	0	0	691	126 7,5Tn	65	0	0	83,71465	15,2649	0	0	0
66	75	0	24	24010	0	0	432	546 7,5Tn	66	0	0	32,46912	41,03736	0	0	0
85	2.398	0	41	41700	0	0	1.199	45 7,5Tn	85	0	0	2875,52573	107,92215	0	0	0
86	5	0	33	33401	0	0	280	45 7,5Tn	86	0	0	1,26	0,2025	0	0	0
87	5	0	10	10001	0	0	691	891 7,5Tn	87	0	0	3,455	4,455	0	0	0
88	39	0	8	8940	0	0	1.138	75 7,5Tn	88	0	0	44,382	2,925	0	0	0
89	15	0	30	30500	0	0	1.100	249 7,5Tn	89	0	0	15,95	3,6105	0	0	0
90	20	0	29	29700	0	0	1.197	33 7,5Tn	90	0	0	24,4188	0,6732	0	0	0
91	27	0	49	49023	0	0	789	300 7,5Tn	91	0	0	21,0663	8,01	0	0	0
92	82	0	2	2006	0	0	1.024	576 7,5Tn	92	0	0	83,5584	47,0016	0	0	0
93	20	0	3	3205	0	0	1.100	78 7,5Tn	93	0	0	22,44	1,5912	0	0	0

Tabla 19: Información Entregas sin ruta 1.

Entrega	Kilos	Directo	Prov.	C.P.	Km en directo	Km en Barco	Km de Arrastre	Km última milla	Tipo camión última milla	Entrega	Tm Directo (Camiones 40 tn)	Tm (Barco)	Tm Arrastre (Camiones 40 tn)	Tm Última milla (Camiones 7,5Tn)	Tm Última milla (Camiones 12Tn)	Tm Última milla (Camiones 40Tn)
94	35	0	40	40006	0	0	691	396	7,5Tn	94	0	0	24.1159	13.8204	0	0
95	14	0	33	33429	0	0	280	45	7,5Tn	95	0	0	3.7968	0.6102	0	0
96	4	0	29	29200	0	0	1.197	33	7,5Tn	96	0	0	5.17104	0.14256	0	0
97	34	0	13	13700	0	0	691	513	7,5Tn	97	0	0	23.24524	17.25732	0	0
98	357	0	7	7710	0	205	1.178	378	7,5Tn	98	0	73.083	419.957	134.757	0	0
99	15	0	28	28220	0	0	691	126	7,5Tn	99	0	0	10.0195	1.827	0	0
100	20	0	28	28340	0	0	691	126	7,5Tn	100	0	0	13.50214	2.46204	0	0
101	4	0	30	30880	0	0	1.100	249	7,5Tn	101	0	0	4.752	1.07568	0	0
102	219	0	7	7007	0	205	1.178	378	12Tn	102	0	44.834	257.6286	0	82.6686	0
2.136	6.946	1	7	7009	969	205	0	0	40Tn	2.136	6728.491798	1423.8	0	0	0	0
2.147	8.826	1	23	23740	944	0	0	0	40Tn	2.147	8140.1565	0	0	0	0	0
2.170	3.804	1	15	15888	91	0	0	0	40Tn	2.170	326.5650298	0	0	0	0	0
2.175	3.759	1	39	39627	574	0	0	0	40Tn	2.175	2158.336636	0	0	0	0	0
2.197	4.550	1	8	8110	1.182	0	0	0	40Tn	2.197	5380.444999	0	0	0	0	0
2.198	5.859	1	47	47620	405	0	0	0	40Tn	2.198	2373.189356	0	0	0	0	0
2.208	5.676	1	33	33010	328	0	0	0	40Tn	2.208	1859.254745	0	0	0	0	0
2.212	12.184	1	24	24391	316	0	0	0	40Tn	2.212	3854.943147	0	0	0	0	0
2.228	4.712	1	41	41700	953	0	0	0	40Tn	2.228	4490.442761	0	0	0	0	0
2.265	5.418	1	28	28891	668	0	0	0	40Tn	2.265	3564.016055	0	0	0	0	0
2.276	8.150	1	41	41020	938	0	0	0	40Tn	2.276	7647.021815	0	0	0	0	0
6	23.691	1	110	2714	503	0	0	0	40Tn	6	11920.33376	0	0	0	0	0
12	23.325	1	41	41700	953	0	0	0	40Tn	12	22230.10338	0	0	0	0	0
13	23.213	1	1	1400	667	0	0	0	40Tn	13	15240.97705	0	0	0	0	0
41	22.457	1	15	15573	160	0	0	0	40Tn	41	3585.830141	0	0	0	0	0
50	22.863	1	29	29590	1.073	0	0	0	40Tn	50	24530.96123	0	0	0	0	0
64	23.010	1	41	41700	953	0	0	0	40Tn	64	21929.88977	0	0	0	0	0
69	21.222	1	28	28320	659	0	0	0	40Tn	69	13984.8808	0	0	0	0	0
78	22.782	1	8	8110	1.182	0	0	0	40Tn	78	26937.37175	0	0	0	0	0
281	22.095	1	8	8110	1.182	0	0	0	40Tn	281	26125.06491	0	0	0	0	0
322	4.998	1	8	8110	1.182	0	0	0	40Tn	322	5909.571268	0	0	0	0	0
370	23.718	1	41	41710	968	0	0	0	40Tn	370	22970.85015	0	0	0	0	0
459	22.848	1	51	51001	1.116	0	0	0	40Tn	459	25489.60788	0	0	0	0	0
461	20.058	1	52	52006	1.189	0	0	0	40Tn	461	23848.649	0	0	0	0	0
505	21.771	1	8	8110	1.182	0	0	0	40Tn	505	25741.96824	0	0	0	0	0
599	23.316	1	41	41700	953	0	0	0	40Tn	599	2221.52585	0	0	0	0	0
600	23.507	1	1	1400	667	0	0	0	40Tn	600	15434.01301	0	0	0	0	0
606	24.617	1	28	28891	668	0	0	0	40Tn	606	16194.48107	0	0	0	0	0
734	23.591	1	140	4760	150	0	0	0	40Tn	734	3539.174591	0	0	0	0	0
529	356	0	7	7071	0	293	1.178	529	7,5Tn	529	0	104.25	419.1324	188.2182	0	0

Tabla 20: Información Entregas sin ruta 2.

Entrega	Kilos	Directo	Prov.	C.P.	Km en directo	Km en Barco	Km de Arrastre	Km última milla	Tipo camión última milla	Entrega	Tiempo Directo (Camiones 40 tn)	Tiempo Barco	Tiempo Arrastre (Camiones 40 tn)	Tiempo Última milla (Camiones 7.5tn)	Tiempo Última milla (Camiones 12tn)	Tiempo Última milla (Camiones 40tn)
530	908	0	1	1013	0	0	790	530	7.5tn	530	0	0	716,925	480,975	0	0
531	340	0	28	28200	0	0	691	531	7.5tn	531	0	0	234,99825	180,579825	0	0
532	16	0	4	4005	0	0	1197	532	7.5tn	532	0	0	19,152	8,512	0	0
533	27	0	8	8902	0	0	1138	533	7.5tn	533	0	0	30,726	14,391	0	0
534	40	0	29	29006	0	0	1197	534	7.5tn	534	0	0	47,83212	21,33864	0	0
535	16	0	8	8192	0	0	1138	535	7.5tn	535	0	0	17,9235	8,42625	0	0
536	149	0	48	48170	0	0	790	536	12tn	536	0	0	117,4335	0	79,6764	0
537	490	0	46	46950	0	0	1024	537	7.5tn	537	0	0	501,9136	263,21055	0	0
538	84	0	9	9004	0	0	432	538	7.5tn	538	0	0	36,39904	45,24311	0	0
539	474	0	46	46220	0	0	1024	539	7.5tn	539	0	0	485,4272	255,51295	0	0
540	262	0	27	27003	0	0	0	540	7.5tn	540	0	0	0	141,6366	0	0
541	263	0	48	48230	0	0	790	541	7.5tn	541	0	0	207,612	142,1748	0	0
542	1573	0	46	46460	0	0	1024	542	12tn	542	0	0	1610,9778	0	852,68524	0
543	1455	0	24	24400	0	0	432	543	7.5tn	543	0	0	628,6896	790,2279	0	0
544	3095	0	28	28340	0	0	691	544	12tn	544	0	0	2138,91449	0	1683,89216	0
179	3419.4	0	8	8820	0	0	1138	75	12tn	179	0	0	3891,29427	0	256,456125	0
445	2738.9	0	8	8820	0	0	1138	75	40tn	445	0	0	3116,91941	0	0	205,420875
1106	2606	0	8	8908	0	0	1138	75	12tn	1106	0	0	2965,5711	0	195,44625	0
1555	3236.4	0	50	50830	0	0	789	51	12tn	1555	0	0	2653,5196	0	165,0564	0
2781	3483.8	0	8	8820	0	0	1138	75	12tn	2781	0	0	3964,60992	0	261,288	0
3407	2746.7	0	8	8730	0	0	1138	75	40tn	3407	0	0	3868,5741	0	0	254,95875
3408	3496.8	0	41	41710	0	0	1138	75	12tn	3408	0	0	3125,7446	0	206,0025	0
3567	3459.2	0	8	8730	0	0	1138	45	12tn	3567	0	0	4192,6632	0	157,356	0
4271	3045	0	50	50830	0	0	789	75	12tn	4271	0	0	3936,61512	0	259,443	0
5603	2468.8	0	48	48230	0	0	790	51	12tn	5603	0	0	2402,505	0	155,295	0
6350	3350.2	0	8	8734	0	0	1138	24	7.5tn	6350	0	0	1950,3125	59,25	0	0
6999	3172.7	0	39	39627	0	0	790	75	12tn	6999	0	0	3812,51053	0	251,263875	0
7065	2905.4	0	3	3293	0	0	1100	429	40tn	7065	0	0	2506,4488	0	0	1361,09588
7164	3245.5	0	39	39627	0	0	790	78	12tn	7164	0	0	3195,94	0	216,6112	0
8603	3480	0	15	15883	0	0	790	429	7.5tn	8603	0	0	2563,92525	1392,308775	0	0
9027	2470.5	0	8	8400	0	0	1138	63	12tn	9027	0	0	0	0	219,24	0
9151	3289.6	0	19	19200	0	0	691	75	7.5tn	9151	0	0	2811,41193	185,286375	0	0
9204	3085.9	0	14	14700	0	0	1199	282	12tn	9204	0	0	2273,1136	0	917,6672	0
9756	2451.7	0	9	9001	0	0	432	492	12tn	9756	0	0	3699,9941	0	1518,2628	0
11179	3468.9	0	46	46550	0	0	1024	381	7.5tn	11179	0	0	1059,1344	934,0977	0	0
11866	3470.5	0	8	8908	0	0	1138	78	7.5tn	11866	0	0	3552,18872	270,57459	0	0
11937	2896.2	0	46	46550	0	0	1024	75	12tn	11937	0	0	3949,45176	0	260,289	0
								78	12tn				2955,68832	0	225,90304	0

Tabla 21: Información Entregas sin ruta 3.

Entrega	Kilos	Directo	Prov.	C.P.	Km en directo	Km en Barco	Km de Arrastre	Km última milla	Tipo camión última milla	Entrega	Tkm Directo (Camiones 40 tn)	Tkm (Barco)	Tkm Arrastre (Camiones 40 tn)	Tkm Última milla (Camiones 7,5Tn)	Tkm Última milla (Camiones 12Tn)	Tkm Última milla (Camiones 40Tn)
12770	3045,6	0	50	50197	0	0	789	51	12Tn	12770	0	0	2402,9784	0	155,3256	0
12794	2833,5	0	28	28350	0	0	691	126	7,5Tn	12794	0	0	1957,97614	357,02604	0	0
12838	3045	0	28	28891	0	0	691	126	12Tn	12838	0	0	2104,095	0	383,67	0
14011	3166,3	0	46	46190	0	0	1024	78	40Tn	14011	0	0	3242,27072	0	0	246,96984
14320	2616,6	0	8	8908	0	0	1138	75	12Tn	14320	0	0	2977,6339	0	196,24125	0
14391	2741,4	0	7	7007	0	293	1178	378	7,5Tn	14391	0	803,22	3229,3103	1036,2303	0	0
14588	3498,2	0	50	50197	0	0	789	51	12Tn	14588	0	0	2760,04035	0	178,40565	0
14919	2621,3	0	18	18230	0	0	1197	402	12Tn	14919	0	0	3137,6961	0	1063,7626	0
15039	2411,4	0	36	36163	0	0	0	375	7,5Tn	15039	0	0	0	904,275	0	0
15064	2830,2	0	7	7007	0	293	1178	378	12Tn	15064	0	829,23	3333,9167	1322,7396	1069,7967	0
15964	2422,6	0	24	24391	0	0	432	546	7,5Tn	15964	0	0	1046,5632	0	0	0
											473676,6921	3278,4	110627,34	9554,107375	11375,32047	2068,446345

Tabla 22: Información Entregas sin ruta 4.

5.2.- Directos con ruta

En la Tabla 23 aparecen reflejados los datos proporcionados por Carreras, Grupo Logístico referentes a Directos con ruta.

[illegible]**Tabla 23:** Información Directos con ruta.

6.- Anexo 5. Resultados de la huella de carbono de la operativa de Carreras, Grupo Logístico

Una vez tratados los datos proporcionados por la empresa Carreras de su operativa en La Coruña, han sido introducidos en los programas mejor valorados: Air.e, ECOit y Carbon Footprint for Logistics para calcular la huella de carbono de este proceso logístico.

6.1.- Resultados Air.e

Los resultados obtenidos a través del programa Air.e son los reflejados a continuación para Entregas sin ruta (Figura 57) y Directos con ruta (Figura 58).

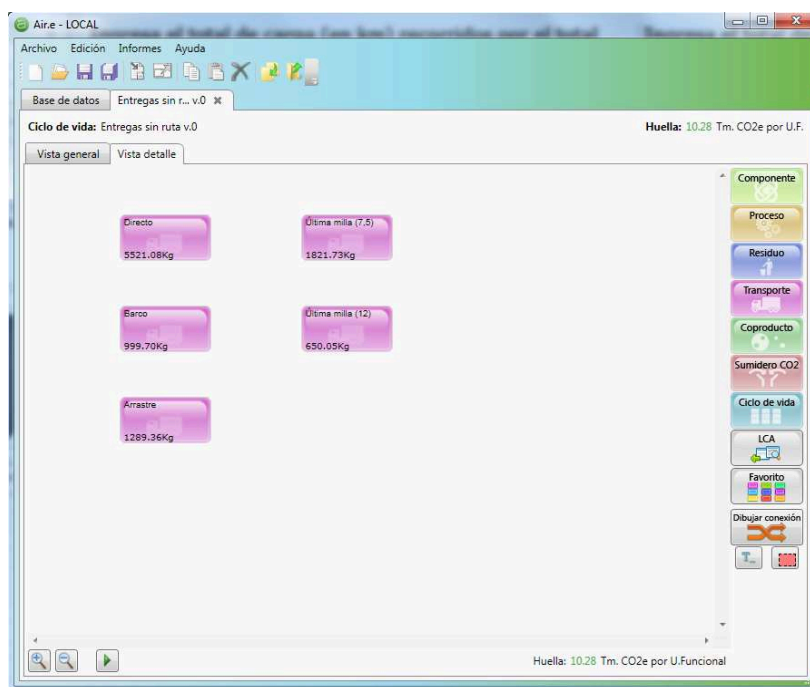


Figura 57: Resultados de Air.e para Entregas sin ruta.

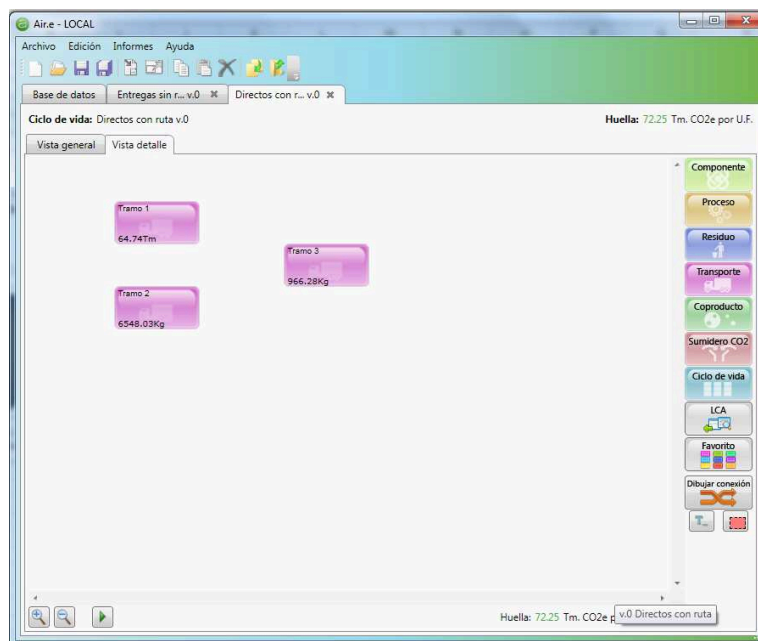
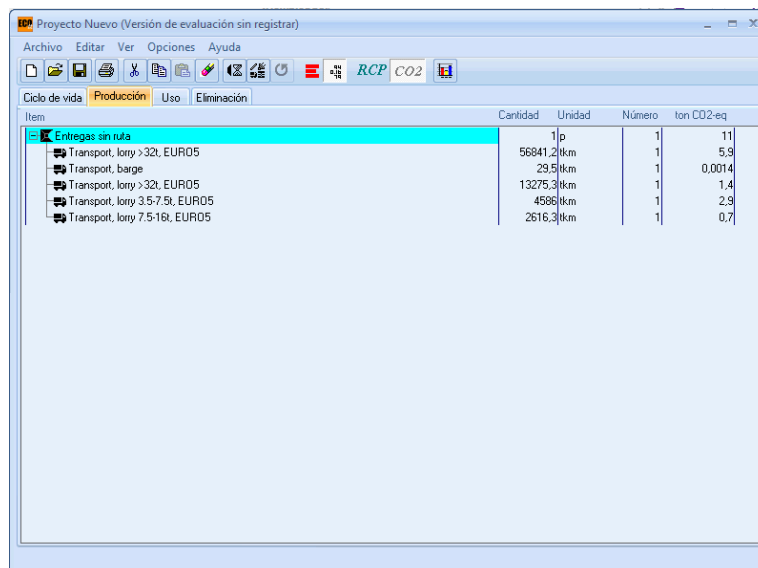


Figura 58: Resultados de Air.e para Directos con ruta.

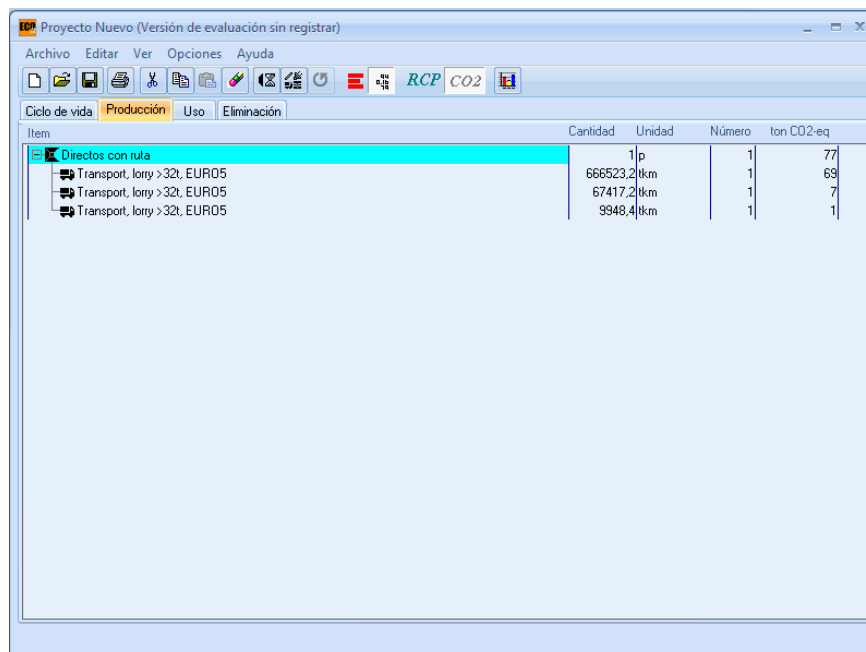
6.2.- Resultados ECOit

La huella de carbono calculada con ECOit correspondiente a Entregas sin ruta se muestra en la Figura 59 y Directos con ruta en la Figura 60.



Item	Cantidad	Unidad	Número	ton CO2-eq
Entregas sin ruta	1	p	1	11
Transport, lorry >32t, EUR05	56841.2	tkm	1	5.9
Transport, barge	29.5	tkm	1	0.0014
Transport, lorry >32t, EUR05	13275.3	tkm	1	1.4
Transport, lorry 3.5-7.5t, EUR05	4586	tkm	1	2.9
Transport, lorry 7.5-16t, EUR05	2616.3	tkm	1	0.7

Figura 59: Resultados de ECOit para Entregas sin ruta.



Item	Cantidad	Unidad	Número	ton CO2-eq
Directos con ruta	1	p	1	77
Transport, lorry > 32t, EUR05	666523,2	tkm	1	69
Transport, lorry > 32t, EUR05	67417,2	tkm	1	7
Transport, lorry > 32t, EUR05	9348,4	tkm	1	1

Figura 60: Resultados de ECOit para Directos con ruta.

6.3.- Resultados Carbon Footprint for Logistics

A continuación se muestra un ejemplo de cálculo de huella de carbono para cada tipo de transporte utilizado por la operativa de Carreras. Camiones de 40 toneladas (Figura 61), Barco (Figura 62) y Camiones de 7,5 y 12 toneladas (Figura 63).



Carga en Camión

Ingresa el total de carga (en km) recorridos por el total de la flota de camiones, cuidando no repetir valores de entrada

Ingresa el total de carga (en tkm) recorridos por el total de camiones, cuidando no repetir valores de entrada

DISTANCIA CONOCIDA

En camiones mayores a 32t	0.0	km
En camiones mayores a 16t	0.0	km
En camiones entre 3.5 y 16t	0.0	km
En camiones entre 16 y 32t	0.0	km
En camiones entre 7.5 y 16t	0.0	km
En camiones entre 3.5 y 7.5t	0.0	km
En camiones mayores a 28t vacíos	0.0	km
En camiones mayores a 28t a media carga	0.0	km
En camiones mayores a 28t completamente cargados	0.0	km
En camiones entre 20 y 28t vacíos	0.0	km
En camiones entre 20 y 28t a media carga	0.0	km
En camiones entre 20 y 28t a completamente cargados	0.0	km

DISTANCIA Y TOTAL DE CARGA CONOCIDA

En camiones mayores a 32t	56841,2	tkm
En camiones mayores a 16t	0.0	tkm
En camiones entre 16 y 32t	0.0	tkm
En camiones entre 20 y 28t	0.0	tkm
En camiones entre 7.5 y 16t	0.0	tkm
En camiones entre 3.5 y 16t	0.0	tkm
En camiones entre 3.5 y 7.5t	0.0	tkm
En furgonetas menores a 3.5t	0.0	tkm

Pantalla Principal Calcular Subtotal = 6820.944

Figura 61: Resultados de Carbon Footprint for Logistics para Camiones de 40 toneladas.

Carga en Barco

Ingresa el total de carga (en tkm) transportadas por barco

Barcazas petroleras	<input type="text" value="0.0"/>	tkm
Petroleros transoceánicos	<input type="text" value="0.0"/>	tkm
Barcazas de carga seca	<input type="text" value="0.0"/>	tkm
Transoceánicos de carga seca	<input type="text" value="29.5"/>	tkm
Transoceánicos de gas natural	<input type="text" value="0.0"/>	tkm

[Pantalla Principal](#)
[Calcular](#)
Subtotal = 0.2655

Figura 62: Resultados de Carbon Footprint for Logistics para Barco.

Carga en Camión

Ingresa el total de carga (en km) recorridos por el total de la flota de camiones, cuidando no repetir valores de entrada

DISTANCIA CONOCIDA

En camiones mayores a 32t	<input type="text" value="0.0"/>	km
En camiones mayores a 16t	<input type="text" value="0.0"/>	km
En camiones entre 3.5 y 16t	<input type="text" value="0.0"/>	km
En camiones entre 16 y 32t	<input type="text" value="0.0"/>	km
En camiones entre 7.5 y 16t	<input type="text" value="0.0"/>	km
En camiones entre 3.5 y 7.5t	<input type="text" value="0.0"/>	km
En camiones mayores a 28t vacíos	<input type="text" value="0.0"/>	km
En camiones mayores a 28t a media carga	<input type="text" value="0.0"/>	km
En camiones mayores a 28t completamente cargados	<input type="text" value="0.0"/>	km
En camiones entre 20 y 28t vacíos	<input type="text" value="0.0"/>	km
En camiones entre 20 y 28t a media carga	<input type="text" value="0.0"/>	km
En camiones entre 20 y 28t a completamente cargados	<input type="text" value="0.0"/>	km

Ingresa el total de carga (en tkm) recorridos por el total de camiones, cuidando no repetir valores de entrada

DISTANCIA Y TOTAL DE CARGA CONOCIDA

En camiones mayores a 32t	<input type="text" value="0.0"/>	tkm
En camiones mayores a 16t	<input type="text" value="0.0"/>	tkm
En camiones entre 16 y 32t	<input type="text" value="0.0"/>	tkm
En camiones entre 20 y 28t	<input type="text" value="0.0"/>	tkm
En camiones entre 7.5 y 16t	<input type="text" value="4586"/>	tkm
En camiones entre 3.5 y 16t	<input type="text" value="0.0"/>	tkm
En camiones entre 3.5 y 7.5t	<input type="text" value="0.0"/>	tkm
En furgonetas menores a 3.5t	<input type="text" value="0.0"/>	tkm

[Pantalla Principal](#)
[Calcular](#)
Subtotal = 1054.78

Figura 63: Resultados de Carbon Footprint for Logistics para Camiones de 7,5 y 12 toneladas.

7.- Fuentes consultadas

- [1] Rincón y Wellens (2011). Rincón, E., Wellens, A., 2011. Cálculo de indicadores de ecoeficiencia para dos empresas ladrilleras mexicanas. *Revista Internacional Contaminación Ambiental*.
- [2] <http://calentamientoglobalclima.org/>
- [3] Alonso, et al. (2011). Alonso, G., Ramírez, J. R., C. Palacios, J., 2011. Energía nuclear en México como alternativa para la reducción de emisiones de CO₂. *Revista Internacional Comunicación Ambiental*.
- [4] <http://www.huellacarbono.es/apartado/general/huella-de-carbono.html>
- [5] Wu y Dunn (1995). Wu, H.J, Dunn, S.C., 1995. Environmental responsible logistics systems. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 25, 265–289.
- [6] Ubeda et al. (2011). Ubeda, S., Arcelus, F.J., Faulin, J., 2011. Green logistics at Eroski: A case study. *Int. J. Production Economics* 131, 44-51.
- [7] J. Chen y Paulraj (2004). J. Chen, I., Paulraj, A., 2004. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements. *Journal of Operations Management* 22, 119–150.
- [8] Li, et al. (2005). Li, S., Rao, S. S., Ragu-Nathan, T.S., Ragu-Nathan B., 2005. Development and validation of a measurement instrument for studying supply chain management practices. *Journal of Operations Management* 23, 618–641.
- [9] Power et al (2001). Power, D.J., Sohal, A., Rahman, S.U., 2001. Critical success factors in agile supply chain management: an empirical study. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 31 (4), 247–265.
- [10] Moberg et al. (2002). Moberg, C.R., Cutler, B.D., Gross, A., Speh, T.W., 2002. Identifying antecedents of information exchange within supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 32 (9), 755–770.
- [11] Christopher (1992). Christopher, M., 1992. *Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Service*. Pitman Publishing, London.
- [12] Baatz (1995). Baatz, E.B., 1995. Best practices: the chain gang. *CIO* 8 (19), 46-52.
- [13] Vrijhoef y Koskela (2000). Vrijhoef, R., Koskela, L., 2000. The four roles of supply chain Management in construction. *European Journal of Purchasing & Supply Management* 6, 169-178.

- [14] Boyer, et al. (2005). Boyer, K.K., Frohlich, M., Hult, G.T.M., 2005. Extending the Supply Chain. AMACOM, New York, NY.
- [15] Ketchen y Giunipero (2004). J. Ketchen Jr., D., C. Giunipero, L, 2004. The intersection of strategic management and supply chain Management. *Industrial Marketing Management* 33, 51–56.
- [16] Cooper y Ellram (1993). Cooper, M.C., Ellram, L.M., 1993. Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing and logistics strategy. *International Journal of Logistics Management* 4 (2), 13-24.
- [17] McGinnis y Kohn (2002). McGinnis, M.A., Kohn, J.W., 2002. Logistics strategy-revisited. *Journal of Business Logistics* 23 (2), 1–17.
- [18] Henkoff (1994). Henkoff, R. (1994) Delivering the goods. *Fortune* 130(11), 64-78.
- [19] Harrington (1996). Harrington, L. H. (1996) Logistics for profit. *Fortune* 133(6), 136.
- [20] Morash et al. (1996). Morash, E. A., Dröge, C. L. M. and Vickery, S. K. (1996) Strategic logistics capabilities for competitive advantage. *Journal of Business Logistics* 17(1), 1-22.
- [21] Coyle et al. (1996). Coyle, J.J., Bardi, E.J., Langley Jr., C.J., 1996. The management of business logistics, sixth ed. Western Publishing Company.
- [22] Lai et al. (2002). Lai, K., Ngai, E.W.T., Cheng, T.C.E., 2002. Measures for evaluating supply chain performance in transport logistics. *Transportation Research Part E* 38, 439–456.
- [23] Lai (2004). Lai, K., 2004. Service capability and performance of logistics service providers. *Transportation Research Part E* 40, 385–399.
- [24] Lieb y Miller (2002). Lieb, R., Miller, J., 2002. The use of third-party logistics services by large US manufacturers, the 2000 survey. *International Journal of Logistics: Research and Applications* 5 (1), 1–12.
- [25] Rajesh et al. (2011). Rajesh, R., Pugazhendhi, S., Ganesh, K., Muralidharan, C., Sathiamoorhy, R., 2011. Influence of 3PL service offerings on client performance in India. *Transportation Research Part E* 47, 149–165.
- [26] Sink y Langley (1997). Sink, H.L., Langley, C.J., 1997. A managerial framework for the acquisition of third-party logistics services. *Journal of Business Logistics* 18 (2), 163–189.
- [27] Bask (2001). Bask, A.H., 2001. Relationships between 3PL providers and members of supply chains – a strategic perspective. *Journal of Business and Industrial Marketing* 16 (6), 470–486.
- [28] Bardi y Tracey (1991). Bardi, E.J., Tracey, M., 1991. Transportation outsourcing: a survey of US practices. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 21 (3), 15–21.

- [29] Van Damme y Ploos van Amstel (1996). Van Damme, D.A., Ploos van Amstel, M.J., 1996. Outsourcing logistics management activities. *International Journal of Logistics Management* 7 (2), 85–95.
- [30] Bhatnagar y Viswanathan (2000). Bhatnagar, R., Viswanathan, S., 2000. Re-engineering global supply chains: alliances between manufacturing and global logistics service providers. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 30 (1), 13–34.
- [31] Wong et al (2000). Wong, Y.Y., Maher, T.E., Nicholson, J.D., Gurney, N.P., 2000. Strategic alliances in logistics outsourcing. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics* 12 (4), 3–21.
- [32] Delfmann, et al (2003). Delfmann, W., Albers, S., Gehring, M., 2003. The impact of electronic commerce on logistics service providers. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 32 (3), 203–222.
- [33] Berglund et al. (1999). Berglund, M., Van Laarhoven, P., Sharman, G., Wandel, S., 1999. Third-party logistics: is there a future? *International. Journal of Logistics Management* 10 (1), 59–70.
- [34] Carbone y A. Stone (2005). Carbone, V., A. Stone, M., 2005. Growth and relational strategies used by the European logistics service providers: Rationale and outcomes. *Transportation Research Part E* 41, 495–510.
- [35] Laarhoven et al. (2000). Laarhoven, P., van Berglund, M., Peters, M., 2000. Third-party logistics in Europe—five years later. *International. Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 30 (5), 425–442.
- [36] Datamonitor (2000). The European logistics benchmarking and profiles series: leading 100 companies in Europe. Available from: <www.datamonitor.com>.
- [37] Eyefortransport (2005). 2nd Annual Outsourcing Logistics Report: Fortune 500 Shipper's Views on their 3PL Partnerships, London. <eyefortransport.com>.
- [38] Patterson et al. (2010). Patterson, Z., O. Ewing, G., Haider, M., 2010. How different is carrier choice for third party logistics companies?. *Transportation Research Part E* 46, 764–774.
- [39] GHG Protocol (2012). The Greenhouse Gas Protocol, A Corporate Accounting and Reporting Standard, Revised Edition.
- [40] PAS 2050:2008 (2008). Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.
- [41] Normas ISO 14000 (2004). www.iso.org/

Tablas y gráficos

Tablas

TABLA 1: VALORACIONES, PUNTUACIÓN FINAL Y RESULTADOS DE CÁLCULO DE CADA HERRAMIENTA.	17
TABLA 2: VALORES DEL CASO TEÓRICO EN TKM.	18
TABLA 3: RESULTADOS DEL CASO TEÓRICO EN TONELADAS DE CO ₂ E.....	18
TABLA 4: DATOS PROPORCIONADOS POR CARRERAS TRAS SER TRATADOS.....	20
TABLA 5: RESULTADOS DEL CÁLCULO DE HUELLA DE CARBONO DE LOS DATOS DE CARRERAS.....	21
TABLA 6: DISTANCIAS DESDE MADRID HASTA LAS CIUDADES DE DESTINO DEL CASO TEÓRICO.....	63
TABLA 7: DATOS TEÓRICOS DE ENERO.	64
TABLA 8: DATOS TEÓRICOS DE FEBRERO.	65
TABLA 9: DATOS TEÓRICOS DE MARZO.	66
TABLA 10: DATOS TEÓRICOS DE ABRIL.	67
TABLA 11: DATOS TEÓRICOS DE MAYO.....	68
TABLA 12: DATOS TEÓRICOS DE JUNIO.....	69
TABLA 13: DATOS TEÓRICOS DE JULIO.....	70
TABLA 14: DATOS TEÓRICOS DE AGOSTO.....	71
TABLA 15: DATOS TEÓRICOS DE SEPTIEMBRE.....	72
TABLA 16: DATOS TEÓRICOS DE OCTUBRE.....	73
TABLA 17: DATOS TEÓRICOS DE NOVIEMBRE.....	74
TABLA 18: DATOS TEÓRICOS DE DICIEMBRE.	75
TABLA 19: INFORMACIÓN ENTREGAS SIN RUTA 1.	77
TABLA 20: INFORMACIÓN ENTREGAS SIN RUTA 2.	78
TABLA 21: INFORMACIÓN ENTREGAS SIN RUTA 3.	79
TABLA 22: INFORMACIÓN ENTREGAS SIN RUTA 4.	80
TABLA 23: INFORMACIÓN DIRECTOS CON RUTA.....	81

Gráficos

FIGURA 1: EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA MUNDIAL 1881-2010.	5
FIGURA 2: ESTIMACIONES DE EMISIONES DE CO ₂ HASTA 2050.	6
FIGURA 3: METODOLOGÍA A EMPLEAR.	16
FIGURA 4: TENDENCIA DE CADA HERRAMIENTA A LO LARGO DEL AÑO FICTICIO.	19
FIGURA 5: TENDENCIA DE CADA HERRAMIENTA PARA ENTREGAS SIN RUTA.	21
FIGURA 6: TENDENCIA DE CADA HERRAMIENTA PARA DIRECTOS CON RUTA.	22
FIGURA 7: CONTRIBUCIÓN A LA CONTAMINACIÓN DE DIFERENTES SECTORES EN ESPAÑA.	28
FIGURA 8: CONTRIBUCIÓN DE LOS DIFERENTES MEDIOS DE TRANSPORTE A LA CONTAMINACIÓN.	28
FIGURA 9: REPRESENTACIÓN DE LOS TRES DIFERENTES ALCANCES.	32
FIGURA 10: PANTALLA INICIAL SIMAPRO, TUTORIALES.	37
FIGURA 11: PANTALLA INICIAL SIMAPRO, FASES DEL PRODUCTO.	37
FIGURA 12: VENTANA CARACTERIZACIÓN.	38
FIGURA 13: PESTAÑA NORMALIZACIÓN.	38
FIGURA 14: PESTAÑA PESO.	39
FIGURA 15: PESTAÑA PUNTUACIÓN ÚNICA.	39
FIGURA 16: EJEMPLO DE COMPARACIÓN DE EMISIONES ENTRE DOS PRODUCTOS.	40
FIGURA 17: LISTADO DE VEHÍCULOS DE SIMAPRO.	40
FIGURA 18: VENTANA DE EDICIÓN DEL PRODUCTO.	41
FIGURA 19: ÁRBOL DE PROCESO Y RESULTADOS.	42
FIGURA 20: ELEMENTOS DE INVENTARIO PROPORCIONADOS POR SIMAPRO.	42
FIGURA 21: RESULTADOS DEL CÁLCULO TEÓRICO, PESTAÑA PONDERACIÓN.	43
FIGURA 22: RESULTADOS DEL CÁLCULO TEÓRICO, PESTAÑA PUNTUACIÓN ÚNICA.	43
FIGURA 23: PANTALLA PRINCIPAL DE UMBERTO.	44
FIGURA 24: TIPOS DE ESTUDIO DISPONIBLES PARA CONFIGURAR EL PROYECTO.	44
FIGURA 25: EDITOR DE PROPIEDADES DE MATERIAL.	45
FIGURA 26: EDITOR DE ESPECIFICACIONES DEL PROCESO.	45
FIGURA 27: EXPLORADOR DEL PROYECTO.	46
FIGURA 28: RESULTADO DEL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO.	46
FIGURA 29: ESTILOS OFRECIDOS POR ECOIT.	47
FIGURA 30: EJEMPLO DE AYUDA OFRECIDA POR ECOIT.	47
FIGURA 31: ASISTENTE DE CREACIÓN DE UN NUEVO CICLO DE VIDA.	48
FIGURA 32: CATÁLOGO DE MATERIALES Y PROCESOS.	48

FIGURA 33: PESTAÑA PRODUCCIÓN, PORCENTAJES QUE APORTA CADA PROCESO AL TOTAL.....	49
FIGURA 34: PESTAÑA PRODUCCIÓN, APORTACIÓN DE CO ₂ E DE CADA PROCESO.....	49
FIGURA 35: UNIDADES DE LOS DATOS INTRODUCIDOS.....	50
FIGURA 36: RESULTADOS DEL CÁLCULO EN GRÁFICO DE BARRAS.....	51
FIGURA 37: RESULTADOS DEL CÁLCULO EN GRÁFICO DE TARTA.....	51
FIGURA 38: COMPARATIVA ENTRE VERSIÓN BASE DE DATOS LOCAL Y BASE DE DATOS ONLINE.....	52
FIGURA 39: PANTALLA DE INICIO DE AIR.E.....	52
FIGURA 40: DEFINICIÓN DEL CICLO DE VIDA, PESTAÑA "DATOS GENERALES".....	53
FIGURA 41: DEFINICIÓN DEL CICLO DE VIDA, PESTAÑA "UNIDADES".....	53
FIGURA 42: PANTALLA PRINCIPAL DE AIR.E.....	54
FIGURA 43: DATOS GENERALES DEL PROCESO DE TRANSPORTE.....	54
FIGURA 44: VEHÍCULOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE TRANSPORTE.....	55
FIGURA 45: PESTALLA VISTA GENERAL.....	55
FIGURA 46: HOJA DE INTRODUCCIÓN DE DATOS 1.....	56
FIGURA 47: HOJA DE INTRODUCCIÓN DE DATOS 2.....	57
FIGURA 48: HOJA DE CREACIÓN DE NUEVOS COMBUSTIBLES Y VEHÍCULOS.....	57
FIGURA 49: RESULTADOS POR TIPO DE ALCANCE.....	58
FIGURA 50: RESULTADOS POR MODO DE TRANSPORTE.....	58
FIGURA 51: PANTALLA INICIAL DE CARBON FOOTPRINT FOR LOGISTICS.....	59
FIGURA 52: TRANSPORTE POR CARRETERA.....	60
FIGURA 53: TRANSPORTE MARÍTIMO.....	60
FIGURA 54: TRANSPORTE AÉREO.....	61
FIGURA 55: CARGA POR COMBUSTIBLE EMPLEADO.....	61
FIGURA 56: TRANSPORTE POR RAÍLES.....	62
FIGURA 57: RESULTADOS DE AIR.E PARA ENTREGAS SIN RUTA.....	82
FIGURA 58: RESULTADOS DE AIR.E PARA DIRECTOS CON RUTA.....	83
FIGURA 59: RESULTADOS DE ECOIT PARA ENTREGAS SIN RUTA.....	83
FIGURA 60: RESULTADOS DE ECOIT PARA DIRECTOS CON RUTA.....	84
FIGURA 61: RESULTADOS DE CARBON FOOTPRINT FOR LOGISTICS PARA CAMIONES DE 40 TONELADAS.....	84
FIGURA 62: RESULTADOS DE CARBON FOOTPRINT FOR LOGISTICS PARA BARCO.....	85
FIGURA 63: RESULTADOS DE CARBON FOOTPRINT FOR LOGISTICS PARA CAMIONES DE 7,5 Y 12 TONELADAS.....	85