

**DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE
CALCULADORA HUELLA DE CARBONO
ENVASES DE MADERA
FEDEM-CO₂-DATA**

FEDEMCO
FEDERACION ESPAÑOLA DEL ENVASE DE MADERA Y SUS COMPONENTES

Febrero 2015

ITENE

INDICE

1.	Introducción.....	5
1.1	Antecedentes.....	5
1.2	Objetivo.....	6
1.3	Metodología de evaluación de impacto ambiental.....	6
2.	Descripción de los sistemas de envase objeto de estudio.....	8
3.	Alcance, uso del informe y público objetivo.....	9
4.	Unidad funcional.....	9
5.	Descripción del ciclo de vida. Límites del sistema e hipótesis consideradas.....	9
6.	Toma de datos y calidad de los datos.....	11
7.	Análisis de inventario.....	12
7.1	Fabricación de cuadradillo.....	12
7.2	Fabricación de fondos de listones.....	13
7.3	Fabricación de tablero contrachapado.....	15
7.4	Fabricación de tablero de MDF.....	16
7.5	Fabricación de envases de madera (cajas).....	17
7.6	Distribución a cliente.....	19
8.	Modelización y cálculo de los inventarios.....	20
9.	Desarrollo de la calculadora de Huella de Carbono.....	21
10.	Consideraciones finales.....	27
Anexo I. Indicadores de potencial de calentamiento global IPCC GWP 2007 a 100 años.....		28
Anexo II. Inventarios de entradas y salidas de los procesos de fabricación		31
Anexo III. Factores de emisión.....		34

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Envases objeto de estudio.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 2. Número de envases de madera transportados por palet y por camión.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 3: Opciones existentes para los datos introducidos en la calculadora por parte del usuario</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 4: Contenido en materia seca de cada componente. Fuente: Ecoinvent.....</i>	<i>23</i>
<i>Tabla 5: Emisiones de CO₂ absorbidas por cada m³ de madera, expresadas en kg CO₂.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 6: Indicadores de potencial de calentamiento global IPCC GWP 2007 a 100 años.....</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 7. Descripción detallada inventario entradas y salidas etapa de Fabricación de cuadradillo.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 8. Descripción detallada inventario entradas y salidas etapa de Fabricación de fondos.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabla 9. Descripción de inventario entradas y salidas etapa de fabricación de tablero contrachapado ...</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 10. Descripción detallada inventario entradas y salidas etapa de fabricación de MDF.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 11. Descripción detallada inventario entradas y salidas etapa de Fabricación de un envase medio</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 12: Factores de emisión considerados en el desarrollo de la calculadora de huella de carbono</i>	<i>34</i>

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema simplificado del ciclo de vida de las cajas de madera para productos hortofrutícolas	10
Figura 2: Detalle cuadradillo	13
Figura 3: Detalle proceso fabricación de fondos. Fuente: FEDEMCO	14
Figura 4: Detalle fondos	14
Figura 5: Detalle proceso fabricación tableros de contrachapado. Fuente: FEDEMCO	16
Figura 6: Detalle de tablero de MDF	17
Figura 7: Detalle envase de madera	18
Figura 8: Detalle proceso fabricación envases de madera.....	19

1. Introducción.

El concepto de huella de carbono ha alcanzado en los últimos años una gran difusión tanto en la comunidad científico-técnica como en el público en general. La huella de carbono se define como la **cantidad total de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero (GEI) (por ejemplo metano, óxido nitroso, CloroFluoroCarbonados, HidroCloroFluoro Carbonados, Hidrofluoro Carbonados etc.) asociado a un producto, entendido como un bien o servicio, a lo largo de todo su ciclo de vida incluyendo sus materias primas, producción, distribución, uso y su recuperación o vertido**. Algunas de las causas de estas emisiones son por ejemplo, la producción de electricidad, la generación de calor a partir de combustibles fósiles, las operaciones de transporte u otros procesos industriales o agrarios¹.

1.1 Antecedentes.

En este sentido FEDEMCO coincidió con ITENE en el interés de conocer la huella de carbono de varios tipos de envases de madera. FEDEMCO es la Federación Española del Envase de Madera y sus Componentes está integrada por empresas que fabrican:

- Envases de madera para frutas y hortalizas, pescado y mariscos, etc.
- Cajas y estuches para vinos, aceites, licores y otros agro-alimentos
- Palets y Embalaje industrial de madera
- Componentes de envases de madera (maderas, fondos, tablero contrachapado, etc.)
- Otros suministros
- Maquinaria

Para ello, ha sido llevado a cabo el presente proyecto, en el que se ha **desarrollado una calculadora de Huella de Carbono** que permite a las empresas asociadas a FEDEMCO calcular los kilogramos de CO₂ equivalentes que se emiten a lo largo del ciclo de vida de **los envases domésticos y comerciales de madera para productos hortofrutícolas**. En concreto, el cálculo de la Huella de Carbono de aquellos formatos de envase de madera normalizados según las normas UNE 49051, UNE 49052, UNE 49052, UNE 49053 , UNE 49054, UNE 49055 y UNE 49056. Esto permitirá tanto a la

¹ Carbon footprint-what it is and how to measure it. European Platform on Life Cycle Assessment (EPLCA). Joint Research Center (JRC). European Commission, 2007.

Federación como a las empresas asociadas conocer las etapas del ciclo de vida, así como los procesos y/o materiales y su contribución a la huella de carbono asociada al envase, permitiendo poner en valor los envases objeto del estudio desde el punto de vista medioambiental.

1.2 Objetivo.

El **objetivo** del presente informe es el de servir de **soporte técnico** a todas aquellas empresas que utilicen la calculadora de FEDEMCO para calcular la Huella de Carbono de sus envases de madera, y necesiten **respaldar los resultados** obtenidos con la misma.

1.3 Metodología de evaluación de impacto ambiental.

Para el cálculo de la huella de carbono de productos existen actualmente diferentes enfoques. No obstante, el enfoque de huella de carbono más ampliamente utilizado para el análisis de productos es el basado en la técnica de Análisis de Ciclo de Vida. Así, por ejemplo, en la norma ISO/TS 14067, se considera que la huella de carbono de un producto o servicio no es más que un Análisis de Ciclo de Vida (en adelante ACV) pero limitando el estudio a las emisiones que producen el cambio climático².

Teniendo en cuenta lo anterior, para el cálculo de esta huella de carbono, se partió de la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) limitando el análisis a la categoría de impacto de cambio climático. Cabe citar que el ACV es una técnica capaz de evaluar y comparar cuantitativamente los impactos ambientales potenciales asociados a un producto a lo largo de todo su ciclo de vida. Esta metodología está normalizada internacionalmente según dos estándares:

- UNE-EN ISO 14040:2006 Gestión medioambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y estructuras.
- UNE-EN ISO 14044:2006. Gestión medioambiental. Análisis de ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida.

De forma general, un estudio de Análisis de Ciclo de Vida está compuesto por diferentes fases, las cuales se definen a continuación:

a) Definición de los objetivos y alcance del análisis de ciclo de vida. En esta fase se define el objeto del estudio y se incluyen la aplicación prevista y las razones para realizar el estudio.

² ISO/TS 14067:2013. Greenhouse gases -- Carbon footprint of products -- Requirements and guidelines for quantification and communication

También en esta fase se establece la unidad funcional la cual describe la función principal del sistema analizado.

b) Descripción del ciclo de vida. Límites del sistema e hipótesis consideradas. En esta fase se incluye un esquema de ciclo de vida así como su explicación detallada de cada una de las etapas. Asimismo se determinan los límites del sistema y las hipótesis planteadas para la realización de los cálculos.

c) Análisis de inventario simplificado de entradas y salidas. En esta fase se describen las fuentes de donde se han obtenido los datos, distinguiendo entre datos primarios y datos secundarios. Los datos primarios son aquellos que proceden directamente de las empresas asociadas a FEDEMCO y los datos secundarios son aquellos que se han obtenido de bases de datos seleccionadas. De esta manera se dispone de un inventario de consumos de recursos y emisiones al aire, suelo y agua más significativas.

d) Evaluación de los impactos ambientales e interpretación de los resultados. En esta última fase se define la metodología de evaluación del impacto ambiental así como las categorías de impacto consideradas en el estudio. En esta fase se realiza además la evaluación de los impactos ambientales derivados del ciclo de vida del producto y se interpretan los resultados obtenidos.

Posteriormente, y debido al auge de los cálculos de huella de carbono de productos, ISO desarrolló la especificación técnica ISO 14067, publicada en Mayo de 2013, y que describe los conceptos y métodos para desarrollar un cálculo de huella de carbono de productos, basada en las normas de Análisis de Ciclo de Vida ISO 14040-44. En concreto, la calculadora "FEDEM-CO₂-data" se basa en la metodología de cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero según la norma ISO/TS 14067.

El cálculo de la huella de carbono se basa en el concepto de convertir las sustancias que contribuyen al cambio climático (CO₂, CH₄, N₂O, CFC, HCFC, etc.) a una unidad común que son los g o kg de CO₂-equivalente (abreviado CO₂-eq). Es decir todas las sustancias que contribuyen a dicho impacto se convierten a una unidad común que utiliza el CO₂ como referencia para el cálculo. Para realizar dicha conversión se utilizan unos factores denominados "factores de caracterización" que para la metodología han sido los indicados por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)³. Más concretamente se han utilizado indicadores de potencial de calentamiento global GWP (Global Warming Potential) a 100 años para el año 2007. La selección del método IPCC 2007 GWP a 100 años de perspectiva temporal responde a las recomendaciones del Centro de Ingeniería Ambiental de la








³ Estos factores se pueden encontrar en el enlace: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html denominados como Global Warming Potential.

Universidad de Leiden (CML) y de la Agencia Alemana de Medio Ambiente que recomiendan el modelado en la base a 100 años para reflejar los efectos del impacto del calentamiento global a largo plazo. Todos los resultados obtenidos de la aplicación del método se expresan en equivalentes de CO₂ (kg CO₂-eq).

2. Descripción de los sistemas de envase objeto de estudio.

Los envases objeto de este estudio poseen materiales y dimensiones diferentes y están destinados, a contener frutas y hortalizas. Las principales características dimensionales de los **envases objeto de estudio** normalizados según norma se resumen en la Tabla 1:

Tabla 1. Envases objeto de estudio

Referencias de Envase	Fotografía	Características
1: UNE 49051		Base de 300 x 200 mm
2: UNE 49052		Base 440 x 300 mm Parte 1 (altura lado distinta a la del testero)
3: UNE 49052		Base 440 x 300 mm Parte 2 (altura lado igual a la del testero)
4: UNE 49053		Base de 500 x 320 mm
5: UNE 49054		Base 400 x 300 mm
6: UNE 49055		Base 500 x 300 mm
7: UNE 49056		Base 600 x 400 mm

3. Alcance, uso del informe y público objetivo.

El **alcance** de los resultados de la herramienta de huella de carbono "FEDEM-CO₂-data" es para **uso interno** por parte de FEDEMCO y de sus empresas asociadas dentro de la cadena de valor del envase.

Asimismo, el Documento Técnico de Soporte también estará disponible bajo petición, para todas aquellas empresas que lo soliciten con la finalidad de respaldar los cálculos realizados. Será en este caso la propia FEDEMCO, quien pueda dar acceso al documento a las diferentes empresas que lo soliciten.

4. Unidad funcional.

La función analizada en el presente estudio es la de fabricar, transportar, transformar, imprimir y ensamblar los diferentes componentes que forman parte de cada referencia de envase, así como transportar las diferentes referencias terminadas del envase hasta las instalaciones del envasador. Teniendo en cuenta la función cumplida por los envases seleccionados y con el fin de obtener datos comparables, se ha establecido la misma **unidad funcional** para todas y cada una de las referencias de envase:

"Fabricación y ensamblaje de todos los componentes que forman parte de cada referencia de envase seleccionada, y transporte de cada referencia terminada de envase hasta las instalaciones del usuario del mismo (envasador)"

Esta unidad funcional es el valor a partir del cual se referirán todos los cálculos de la huella de carbono de la calculadora de huella de carbono "FEDEM-CO₂-data" .

5. Descripción del ciclo de vida. Límites del sistema e hipótesis consideradas.

Para la realización de un cálculo de huella de carbono se pueden emplear diferentes enfoques, dependiendo del objetivo perseguido. En el caso de la calculadora de huella de carbono "FEDEM-CO₂-data" , se ha utilizado un **enfoque "Cradle-to-Gate"**, lo que también se conoce como enfoque de la cuna a la puerta de la fábrica. Este enfoque se caracteriza por incluir las fases del ciclo de vida siguientes: (a) extracción y procesado de materias primas (madera en verde, cuadradillos, tabillas de pino, contrachapado, MDF, etc.), (b) la manufactura de la caja de madera y (c) el transporte al cliente final (envasador de frutas y verduras). En cada una de estas fases se consideran como entradas el

consumo de materiales (madera, colas, tintas, materiales de embalaje, etc.), los consumos de agua y de energía (electricidad, combustibles, etc.). Asimismo se consideran como salidas los residuos y emisiones generados en cada una de las fases mencionadas.

El ciclo de vida para todas las referencias de envase consideradas en la calculadora de huella de carbono de FEDEMCO es muy similar, por lo que ha sido ilustrado en una única figura (Figura 1).

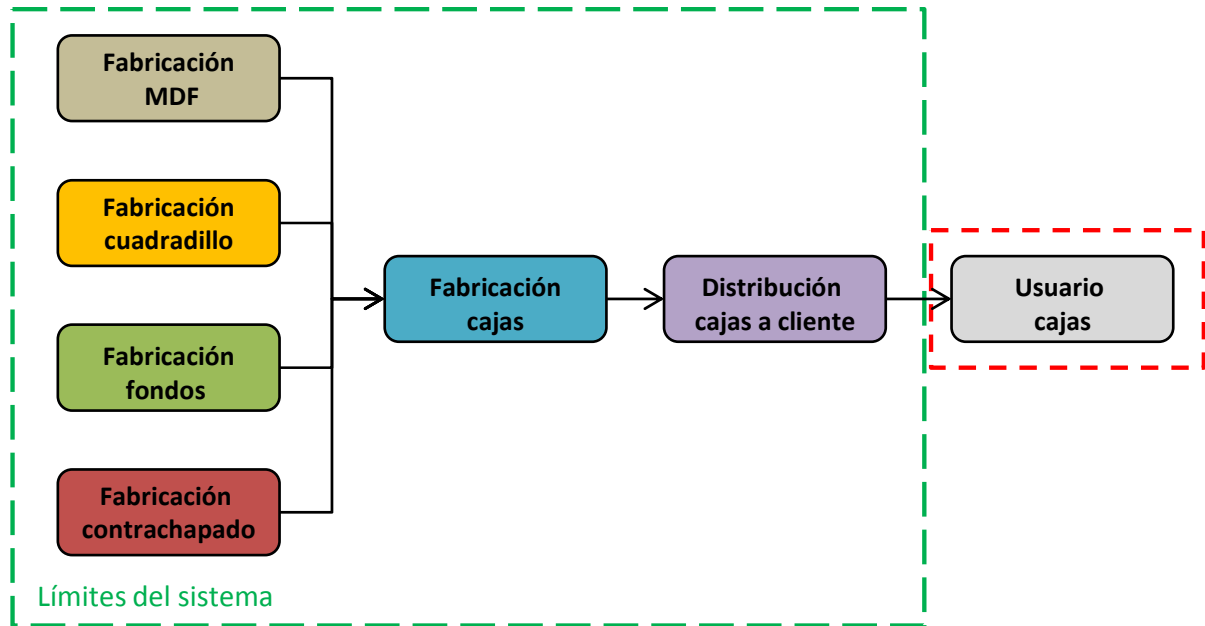


Figura 1: Esquema simplificado del ciclo de vida de las cajas de madera para productos hortofrutícolas

Tal y como puede observarse en Figura 1, cada una de las etapas del ciclo de vida consideradas en la calculadora están representadas en diferentes colores. Las etapas que han sido consideradas en la calculadora son las de fabricación de los componentes de la caja (cuadradillo, fondos, contrachapado, MDF), seguida de la fabricación del envase (corte, montaje de la caja) y finalmente la distribución al cliente. Todas estas fases se incluyen en el recuadro con línea discontinua verde. Queda excluida la fase de uso de la caja (llenado, almacenamiento y transporte de las frutas y verduras). En las fases de fabricación de los componentes del envase se han incluido los transportes de suministro de la madera utilizada como materia prima al fabricante de cuadradillos, fondos contrachapado y MDF,. Durante el proceso de fabricación de cada componente, se generan diferentes cantidades de residuos, como consecuencia del procesado de la madera, el tratamiento de las cuales también ha sido incluido en el estudio.

Por tanto la presente calculadora de huella de carbono **NO CONTEMPLA**:

- Los impactos derivados de la producción y disposición final de los bienes de equipo para la fabricación de las cajas (maquinaria de corte y ensamblaje, camiones, etc.) y su mantenimiento.
- Los impactos ambientales del producto contenido (frutas y verduras) y por tanto su producción agrícola.
- Los impactos ambientales derivados del uso de las cajas:
 - Envasado de frutas y verduras, así como su distribución, almacenamiento y consumo en las cajas.
 - Pérdidas de producto (frutas y verduras) en envasado, distribución, almacenamiento y consumo.

6. Toma de datos y calidad de los datos.

De acuerdo con el ciclo de vida definido en la Figura 1 y con los límites del sistema considerados, la toma de datos se basó en la consulta directa de datos a diversas empresas fabricantes de envases de madera y sus componentes (cuadradillo, fondos, contrachapado, MDF, etc.) asociadas a FEDEMCO. Esta tarea se realizó a través de un cuestionario específico elaborado al efecto. Como aspectos fundamentales de la toma de datos destacar que los datos empleados proceden de una muestra suficientemente representativa de las empresas del sector, incluyendo a 12 empresas distribuidas a lo largo del territorio nacional, habiendo sido tratados estadísticamente dichos datos en función de los niveles de producción de cada una de las empresas consideradas.

Para el caso de algunas materias primas básicas tales como los materiales tanto principales como auxiliares y los vehículos utilizados en los transportes, se asumieron inventarios medios de fabricación de estos materiales y de la tecnología utilizada a nivel Europeo (siempre y cuando no hubiesen datos a nivel nacional) disponibles en bases de datos de ACV de reconocido prestigio tales como la base de datos Ecoinvent.

7. Análisis de inventario.

En este apartado se resume el cálculo de los datos para los inventarios de componentes basados en la información proporcionada por los asociados de FEDEMCO que participaron en el proceso de toma de datos, y que incluyen:

- Fabricación de cuadradillos de pino
- Fabricación de fondos
- Fabricación de tablero contrachapado
- Fabricación de tablero de MDF
- Fabricación y ensamblaje de las cajas
- Distribución al cliente de las cajas

7.1 Fabricación de cuadradillo.

El cuadradillo es una pieza larga de madera maciza obtenida a partir de listones de perfil cuadrado que al cortarse transversalmente y en diagonal conforma la esquina interior de perfil triangular de las cajas de madera. La fabricación de cuadradillo consiste en obtener una serie de listones de madera de perfil cuadrado, a partir de madera en rollo. Para ello, la madera en rollo pasa por una serie de procesos que van transformando el material hasta que finalmente se obtienen las piezas con la forma y tamaño deseados. En la Figura 3 se muestran listones cuadradillos preparados para su conversión en rinconeras.

El transporte de la madera en rollo para fabricación de los cuadradillos se realiza desde las plantaciones forestales hasta las instalaciones de las empresas fabricantes de cuadradillo. Para este transporte se ha considerado un camión de 24 toneladas Euro IV, y se ha fijado una distancia en función de los datos proporcionados por las empresas fabricantes de cuadradillo.

Los datos de inventario correspondientes a la fabricación de cuadradillo se obtuvieron a partir de datos primarios proporcionados por empresas asociadas a FEDEMCO cuya actividad principal es la fabricación de cuadradillo, completado con datos secundarios obtenidos en bases de datos de reconocido prestigio como Ecoinvent. Los datos de inventario considerados en el estudio para la etapa de fabricación de cuadradillo, han sido calculados a partir de los datos medios proporcionados por cada una de las

empresas, habiéndose realizado una ponderación de los mismos en función de la producción total de cuadradillo de cada una de ellas.



Figura 2: Detalle cuadradillo

7.2 Fabricación de fondos de listones.

El fondo es la base inferior del envase o embalaje, unida a sus laterales y testeros. El de listones está formado por una o varias piezas de madera desenrollada, mientras que el liso puede estar fabricado a partir de tablero contrachapado, de MDF o de Tablex. El diseño del fondo de listones presenta orificios o aberturas mientras que el fondo liso puede presentar opcionalmente orificios efectuados con troquel. En la Figura 4 se puede apreciar en detalle el proceso de fabricación de fondos de listones para su montaje en los envases de madera objeto de la calculadora.

Tal y como puede apreciarse en la Figura 5, el proceso de fabricación de fondos comienza con la alimentación de los troncos desde el parque de madera hasta la cabeza de la línea, donde son cortados y descortezados según especificaciones. Acto seguido se produce el desenrollado del tronco, al mismo tiempo que se troquelan las diferentes piezas del fondo. Las piezas se agrupan y paletizan hasta que son alimentadas manualmente sobre una cadena de conformando los fondos, la cual incorpora un cabezal de grapado al final de la línea para unir las diferentes piezas. Por último los fondos se paletizan manualmente para su secado al aire, almacén y venta.

La calculadora de huella de carbono "FEDEM-CO₂-data" sólo considera la fabricación de fondos de listones de madera de chopo. Se asumió que el transporte de la madera de chopo empleada en los fondos se realiza desde las plantaciones forestales hasta las empresas fabricantes de fondos en un camión de 24 toneladas Euro IV (al igual que en el suministro de madera de pino para los cuadradillos) y se ha fijado una distancia en función de los datos proporcionados por las empresas fabricantes de fondos.

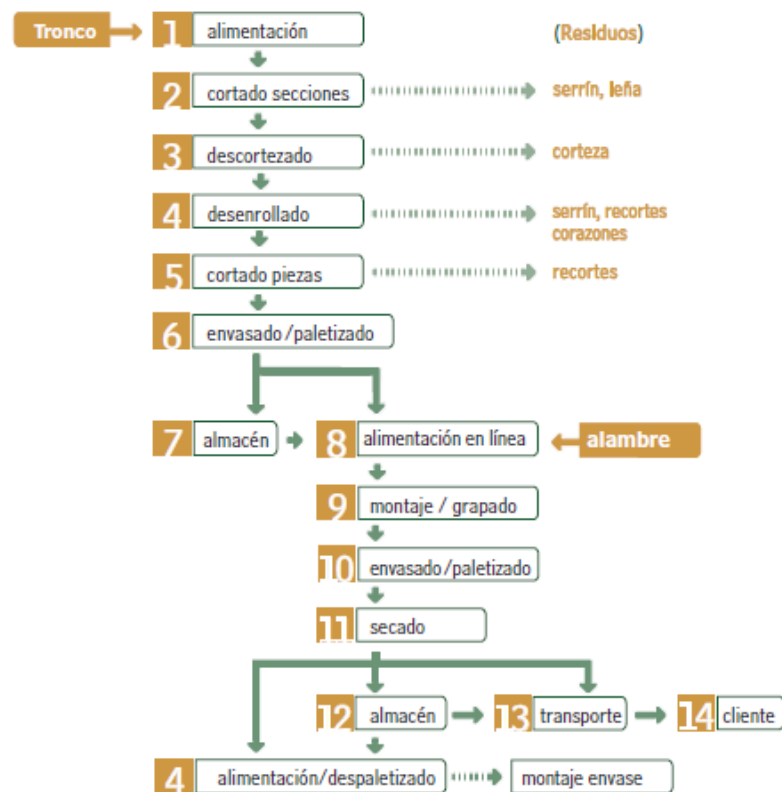


Figura 3: Detalle proceso fabricación de fondos. Fuente: FEDEMCO⁴

Los datos de inventario correspondientes a la fabricación de fondos de listones considerados en la calculadora han sido obtenidos de empresas fabricantes de fondos. Estos datos hacen referencia únicamente a los fondos de listones, mientras que para el caso de los fondos lisos se considerará el impacto del tipo de material en cada caso multiplicado por la superficie del fondo.



Figura 4: Detalle fondos

⁴ Guía de Buenas Prácticas de Fabricación e Higiene para el sector de envase y embalaje de madera y sus componentes en contacto con alimentos. FEDEMCO, 2010.

7.3 Fabricación de tablero contrachapado.

Los datos de inventario correspondientes a la fabricación de contrachapado han sido calculados a partir de la ponderación, en función de la producción de contrachapado, de los datos aportados por las empresas fabricantes de contrachapado asociadas a FEDEMCO que participaron en la fase de inventario y diseño de la calculadora.

El proceso de fabricación de tableros contrachapados comienza con el suministro de la madera desde las plantaciones forestales hasta las instalaciones de las empresas fabricantes de contrachapado. Para este transporte, se ha considerado un camión de 24 toneladas Euro IV, y se ha fijado una distancia en función de los datos proporcionados por las empresas fabricantes de contrachapado. Normalmente se utiliza madera de chopo para la fabricación de este componente.

Una vez suministrada la madera a la planta de fabricación de contrachapado, se procede con la alimentación de los troncos desde el parque de madera hasta la cabeza de la línea. Una vez aquí, los troncos son cortados transversalmente según la medida requerida y capacidad de la máquina. A continuación unas cuchillas tangentes descortezan y “decapan” el tronco mientras gira. Después se produce el secado de los mismos mediante hornos industriales de aceite térmico a partir de calderas de biomasa o al aire. Las chapas secas obtenidas se encolan (cola fabricada a partir de harina industrial) mediante rodillos y una prensa vertical les aplica presión y temperatura. Por último, se produce el mecanizado del tablero o componentes para venta o consumo propio. La Figura 6 muestra las diferentes fases que tienen lugar en la fabricación de tablero contrachapado.

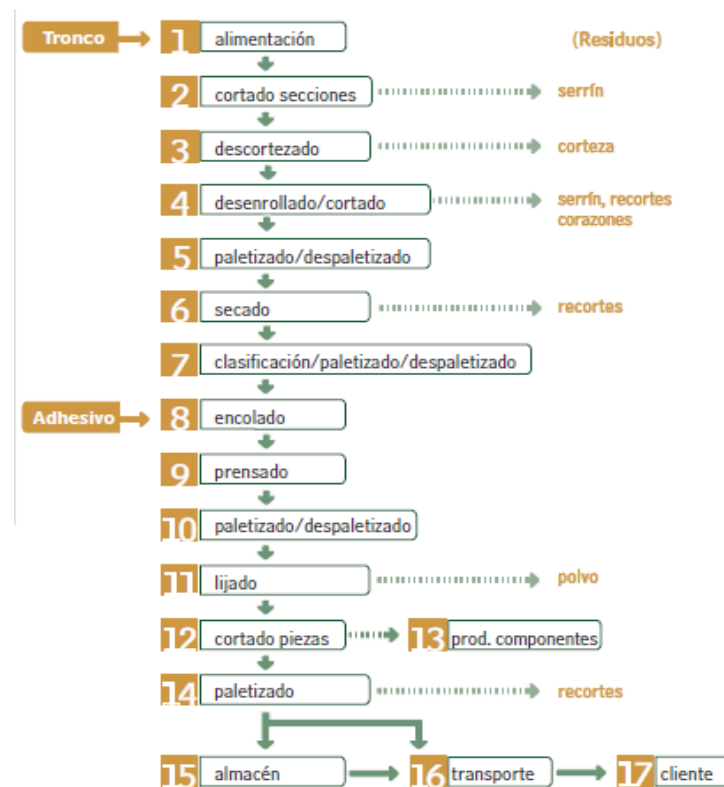


Figura 5: Detalle proceso fabricación tableros de contrachapado. Fuente: FEDEMCO

Los tableros de contrachapado son utilizados habitualmente para formar los laterales y testers, que actuarán como pared del envase de madera, aunque en ocasiones estos tableros de contrachapado también son utilizados para formar algunos tipos de fondos.

7.4 Fabricación de tablero de MDF.

Los tableros de MDF pueden ser utilizados para formar los fondos, laterales y testers de los envases de madera contemplados en la calculadora de huella de carbono "FEDEM-CO₂-data". Un tablero de MDF está formado por fibras ligno-celulósicas aglomeradas con resinas sintéticas u otro adhesivo adecuado y prensado en caliente.

Los datos de inventario correspondientes a la fabricación de MDF (tableros de fibras de densidad media) se obtuvieron a partir de datos primarios proporcionados por empresas tipo dedicadas a la transformación del MDF.

Cabe destacar que las empresas tipo consideradas en el estudio compran dichos tableros a empresas fabricantes, para posteriormente realizar el cortado y pintado de los tableros de MDF en sus instalaciones.

El inventario de datos para la fabricación de MDF fue completado con datos secundarios obtenidos en bases de datos de reconocido prestigio como Ecoinvent para el caso de la madera usada como materias prima, las resinas, la pintura, el agua, la energía utilizada, el material de envase y embalaje, la gestión de los residuos, etc..

Durante el proceso de transformación de los tableros de MDF, se efectúa en primer lugar el pintado de los mismos con una pintura base blanca en base agua, la cual permitirá posteriormente una impresión flexográfica. El pintado de los tableros tiene lugar en una línea de pintado de rodillos. Una vez pintados los tableros de MDF, estos son cortados en diferentes dimensiones según las especificaciones requeridas.



Figura 6: Detalle de tablero de MDF

7.5 Fabricación de envases de madera (cajas).

Los datos de inventario correspondientes a la fabricación de envases de madera objeto de estudio fueron obtenidos a partir de la ponderación de los datos proporcionados por empresas fabricantes asociadas a FEDEMCO. Dicha ponderación se realizó en función de la producción en peso de cada una de ellas.

Las cajas de madera están fabricadas a partir del grapado de dos piezas laterales, dos frontales y un fondo. Estas piezas pueden haber sido impresas previamente. Las dos frontales o testeros consisten en una pieza de tablero contrachapado (generalmente de 3 mm de espesor), o de tablero de MDF (generalmente de 2,5 a 3 mm de espesor), o de tablilla de pino (generalmente de 5 mm de espesor) y dos piezas triangulares de pino macizo que forman las esquinas (rinconeras). Los laterales también están

normalmente fabricados con los mismos tableros que los frontales o testeros. Los fondos tradicionales se forman a partir del grapado de diferentes listones de madera desenrollada, casi siempre de chopo. En ocasiones los fondos se fabrican también a partir de tablero contrachapado, de fibras (MDF) y de Tablex. Estos fondos se denominan lisos ya sean sin huecos o vayan troquelados. En la Figura 8 se muestra una caja de madera tipo considerada en la calculadora que incluye los componentes anteriores.

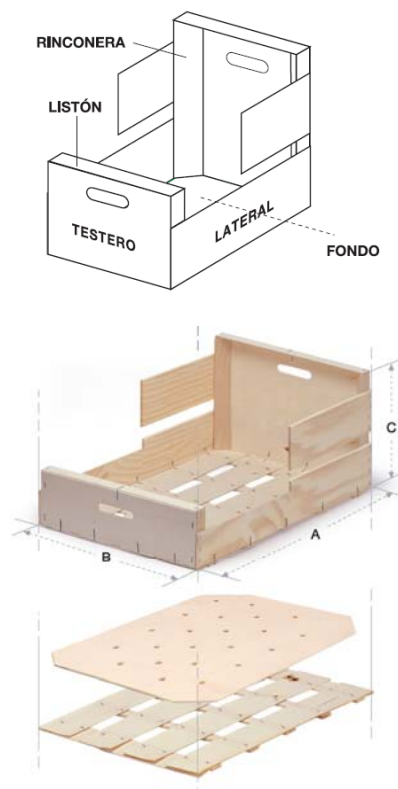


Figura 7: Detalle envase de madera

El transporte de los componentes (cuadradillos, fondo, testeros y tablas/tablillas) se realiza generalmente en camiones de 24 y 28 toneladas Euro IV, que han sido contemplados en la calculadora. Asimismo, se ha fijado una distancia de transporte media en función de los datos proporcionados por las empresas fabricantes de envases de madera.

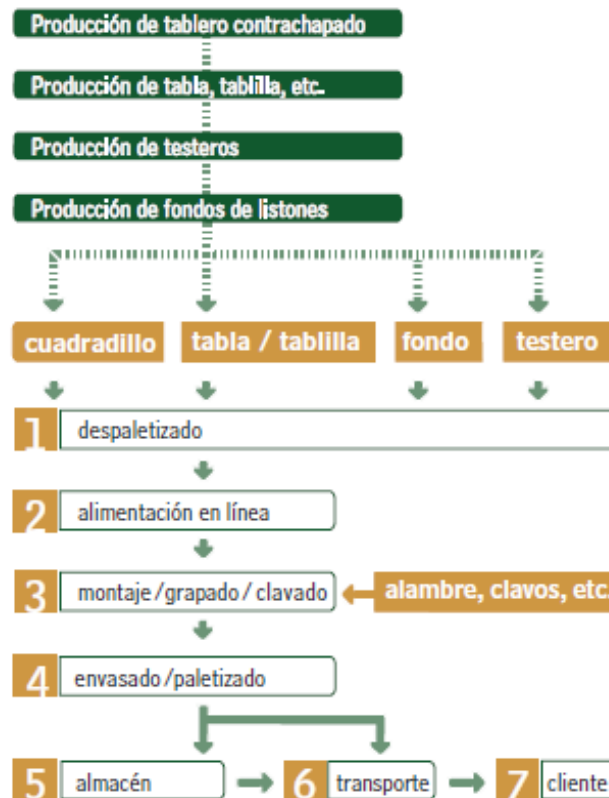


Figura 8: Detalle proceso fabricación envases de madera

Una vez recibidos los componentes de la caja, se procede a su, despaletizado y alimentación. Por lo general, el montaje de los envases sigue la siguiente secuencia: en primer lugar se montan los testeros (cuadradillo + tabla + listón), en segundo lugar el cerco (testeros + laterales) y por último el envase (cerco + fondo). Los envases de madera ya formados son almacenados y posteriormente paletizados en función de los pedidos de los clientes.

7.6 Distribución a cliente.

La etapa de distribución a cliente consiste en el transporte de las cajas de madera ya fabricados desde las instalaciones del fabricante de envases hasta las instalaciones del cliente.

Debido a la elevada variabilidad en cuanto a la distancia recorrida entre la empresa fabricante de envases y los posibles clientes de la misma, y a diferencia del transporte de las materias primas considerado en las restantes etapas (distancia fija en función de los datos proporcionados por las empresas participantes), en este caso no ha sido fijada una distancia determinada. Para el transporte de estos envases de madera, se ha considerado un camión de 24 toneladas Euro IV.

El número de envases de madera transportados en cada viaje, varía en función del tipo de la referencia considerada, debido a la diferencia en cuanto a dimensiones. Además, en un mismo camión se pueden transportar distintas referencias de cajas de madera. El tipo de camión considerado en el estudio para la distribución a cliente de los envases de madera ya fabricados, tiene una capacidad máxima de 26 palets. En la Tabla 7 se muestra el número estimado de unidades de envases de madera transportados por palet y por camión en función la referencia considerada.

Tabla 2. Número de envases de madera transportados por palet y por camión

Referencias de envase	Dimensiones bases (mm x mm)	CAJAS POR PALET ⁵	CAJAS POR CAMIÓN
1: UNE 49051	300 x 200 mm	396	10.296
2: UNE 49052	400 x 300 mm	208	5.408
3: UNE 49052	440 x 300 mm (diferente altura testero y lado)	165,3	4.298
4: UNE 49053	440 x 300 mm (altura testero y lado iguales)	132	3.432
5: UNE 49054	500 x 300 mm	200,7	5.217
6: UNE 49055	500 x 320 mm	200,7	5.217
7: UNE 49056	600 x 400 mm	108	2.808

Se ha considerado que los palés empleados para el transporte de los envases de madera analizados serían equivalentes a palets de madera tipo europeo, con una manipulación similar a la que se pueda dar en un sistema “pool” o de alquiler abierto o cerrado, y con un número medio de 25 reutilizaciones.

8. Modelización y cálculo de los inventarios.

Para la implementación de los modelos de ciclo de vida para las siete referencias de cajas de madera hortofrutícolas contempladas en la calculadora de huella de carbono se han considerado los datos de inventario aportados por las diferentes empresas participantes en el desarrollo de la calculadora.

En primer lugar, se ha desarrollado un inventario específico para el proceso de fabricación de cada uno de los componentes que forma parte de la caja de madera, así como para el propio proceso de fabricación de la caja. Para el desarrollo de cada uno de los inventarios mencionados previamente, se ha realizado un tratamiento estadístico de los datos aportados por cada una de las empresas asociadas a

⁵ Dato medio calculado en función de las capacidades (kg) de los posibles formatos de caja

FEDEMCO y que participan en el desarrollo del presente estudio, teniendo en cuenta el peso relativo de la producción de cada una de ellas.

En total se han desarrollado un total de 5 inventarios específicos:

- Fabricación de cuadradillos de pino
- Fabricación de fondos
- Fabricación de contrachapado
- Fabricación de MDF (concretamente pintado de tableros de MDF) Fabricación y ensamblaje de las cajas

9. Desarrollo de la calculadora de Huella de Carbono.

Para el desarrollo de la calculadora de huella de carbono específica para dichos envases fabricados y distribuidos por distintas empresas asociadas a FEDEMCO, y de acuerdo con lo explicado en el apartado 1 del presente estudio, la huella de carbono calculada para un envase de madera es el potencial de calentamiento global expresado en kilogramos de CO₂-equivalente asociado a dichos envases utilizando los indicadores (o factores de caracterización) IPCC 2007 GWP (Global Warming Potential) a 100 años como método de evaluación de impacto (Anexo I).

En primer lugar se ha elaborado un **inventario de ciclo de vida** para cada una de las etapas consideradas en el estudio, a partir del tratamiento estadístico de los datos aportados por las distintas empresas involucradas en el ciclo de vida de los envases de madera objeto de estudio, tal y como se ha explicado en el apartado 8.

En segundo lugar, en base al inventario de ciclo de vida elaborado inicialmente, se ha realizado una búsqueda bibliográfica de los **factores de emisión** asociados a las diferentes entradas y salidas consideradas en cada inventario, seleccionando aquellos que mejor se ajustan a la naturaleza y geografía de los datos proporcionados por cada una de las empresas asociadas a FEDEMCO y que participan en el desarrollo del presente estudio.

A continuación, en base a los datos de inventario considerados en cada caso y a los factores de emisión asociados a cada uno de los datos, se ha calculado un **factor de emisión específico** para cada uno de los componentes, así como para la fabricación de las cajas. Para ello se han asumido una serie de hipótesis de cálculo, las cuales se indican posteriormente.

Por último, el usuario introduce los siguientes datos en la calculadora:

Tabla 3: Opciones existentes para los datos introducidos en la calculadora por parte del usuario

Datos	Opciones
Largo base (mm)	-
Ancho base (mm)	-
Altura testero (mm)	-
Altura rinconera "taco" (mm)	-
Altura lateral (mm)	-
Tipo de fondo	Liso
	Listones
Material de fondo liso	Contrachapado
	MDF
	Tablex
Tipo de testero	Con listón
	Sin listón
Número de tablas del testero	Tabla única
	Multi-tabla
Material del testero	Contrachapado
	MDF
	Tablilla de pino
Tipo de Lateral	Tabla única
	Multi-tabla
Material del lateral	Contrachapado
	MDF
	Tablilla de pino
¿El envase va pintado?	Si
	No
¿El envase dispone de tapa?	Si
	No
Distancia a cliente (Km)	-

En función de los datos introducidos por el usuario, la herramienta calcula para el tipo de caja definido, el **valor de huella de carbono** asociado al consumo de materiales, consumo de energía, distribución de la caja cliente y de absorción de emisiones de CO₂. Este valor se calcula multiplicando cada uno de los datos introducidos en las diferentes casillas por los respectivos factores de emisión asociados a dichos datos, obteniéndose de esta forma la cantidad de gases de efecto invernadero expresados en Kg de CO₂-eq emitidos a la atmósfera como consecuencia de la fabricación y distribución de cada una de las referencias de envases de madera incluidas en el presente estudio de huella de carbono.

Hipótesis de cálculo consideradas en el desarrollo de la calculadora

Las hipótesis de cálculo consideradas en la herramienta son todas aquellas simplificaciones o suposiciones que han sido tenidas en cuenta en el desarrollo de la calculadora de huella de carbono de las cajas de madera para productos hortofrutícolas. Estas hipótesis sirven para justificar que los cálculos realizados por la calculadora son correctos y por tanto los resultados obtenidos con esta son fiables. A continuación se explica en detalle cada una de estas hipótesis consideradas.

- **Almacenamiento de carbono biogénico**

El almacenamiento de carbono biogénico es la cantidad de carbono absorbido de la atmósfera y almacenado como carbono en el interior de un producto. Este comportamiento es típico de las plantas, ya que durante su crecimiento absorben CO₂ de la atmósfera y lo incorporan en su interior en forma de carbono. Es por ello, que para calcular la huella de carbono de un producto fabricado con madera, se debe tener en cuenta esta cantidad de CO₂ de origen biogénico almacenado en su interior, ya que el impacto asociado a la emisión de CO₂ biogénico no es el mismo que el asociado a la emisión de CO₂ de origen fósil.

La cantidad de carbono de origen biogénico que contiene la madera está directamente relacionado con la cantidad de materia seca que tiene ésta. Por tanto, para poder calcular la cantidad de carbono biogénico almacenado en cada componente de la caja de madera, necesitamos conocer la cantidad de materia seca que contiene. A continuación se muestra en la Tabla 10 el contenido de madera en seco considerado para cada tipo de madera.

Tabla 4: Contenido en materia seca de cada componente. Fuente: Ecoinvent⁶

Componente	Contenido materia seca (kg/m ³)
Tablex	857
MDF	743
Tablilla de pino	495
Cuadradillo de pino	495
Contrachapado	650

⁶ Base de datos de tipo de madera de Ecoinvent. http://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CCEQJAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ecoinvent.org%2Ffileadmin%2Fsoftwaredownload%2Fwood.xls&ei=neFOVKChD9XlavWrgBg&usq=AFOjCNFysrjsjUhQCiTepQVDvi_0OtsV4w&bvm=bv.78597519.d.bGQ

En función del contenido en materia seca de cada componente, se ha utilizado la siguiente fórmula para calcular la emisión de CO₂ biogénico correspondiente a cada uno de los componentes que forman parte de la caja de madera.

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ biogénico (kgCO}_2\text{/m}^3\text{)} = 0.494 \text{ (kgC/ m}^3\text{)} * [44 \text{ (kgCO}_2\text{)/12 (kgC)}] * \text{contenido madera en seco (Kg/m}^3\text{)}$$

Tabla 5: Emisiones de CO₂ absorbidas por cada m³ de madera, expresadas en kg CO₂

Componente	Emisión de CO ₂ biogénico (kg/m ³)
Tablilla de pino	896,6
Cuadradillo de pino	896,6
Contrachapado	1177,4
Tablex	1552,6
MDF	1345,6

- **Tablilla de pino:**

Considerando datos a partir de un aserradero tipo, y debido a las similitudes que presentan el proceso de fabricación de las tablillas de pino y el de fabricación de cuadradillo, se ha considerado que el impacto asociado a la tablilla de pino es el mismo que el considerado para el cuadradillo de pino.

- **Fondos**

- El fondo de listones utiliza el dato calculado a partir del inventario de las empresas fabricantes de fondos que utilizan desenrollado de chopo. Por tanto en este caso, el material de fondo de listones es el desenrollado de chopo que la calculadora considera por defecto.
- El fondo liso, utiliza el dato de cada material (contrachapado, MDF, Tablex) y a partir de ahí calcula el impacto en base a la superficie del fondo. Por tanto en este caso, el usuario puede escoger entre dichas opciones como material de fondo liso.

- **Tablex**

El tablex es uno de los materiales utilizados en la fabricación de determinados tipos de fondos. Para el cálculo del impacto asociado a este material se ha considerado el inventario correspondiente a un proceso que hace referencia a la producción de tableros de fibras de madera dura, incluido en la base de datos de Ecoinvent.

- **Tapa**

Se ha considerado que el impacto de la tapa es el mismo que el considerado para tipo de fondo elegido previamente por el usuario.

- **Listón**

El impacto asociado al listón se ha calculado en base al tipo de madera empleada en el testero, y considerando un ancho de 30mm.

- **Rinconera**

La rinconera está fabricada con cuadradillo de pino. Se ha considerado que la sección transversal de la rinconera es la de un triángulo rectángulo de 30mmx30mm, variando su altura en función de la altura del "taco" indicada por el usuario.

- **Aspillera:**

La aspillera es el espacio de separación existente entre las tablillas que forman los lados, los testeros o el fondo del envase. Existen múltiples combinaciones en cuanto al número de tablas y el espacio existente entre las mismas en los testeros y laterales de cada caja, en función de la referencia de caja fabricada y del formato de caja de cada referencia (existen diferentes formatos de caja dentro de una misma referencia en función de la capacidad de la misma).

Es por ello, que para poder calcular el impacto asociado a la cantidad de material que representan estas tablas, el usuario tiene que definir una serie de características adicionales de los siguientes componentes:

- Testero: en la definición de las características del testero, el usuario tiene que seleccionar una de las dos posibilidades existentes, que el testero esté formado por una sola tabla (tabla única) o que esté formado por varias tablas (multi-tabla).

- Lateral y testero: en la definición de las características del lateral y el testero, para el caso de multitable, se ha considerado que están formados por 2 tablas, tal y como se indica en normativa UNE que hace referencia a cada formato de caja.

Otro aspecto a tener en cuenta es que dado que las dimensiones de la aspillera van asociadas también al largo y ancho de la base de la caja, en el caso de que el usuario no seleccione un largo y ancho que se corresponda con uno de los formatos de caja UNE considerados en la calculadora, se utilizará un valor definido por defecto.

- **Paletas de madera**

Para el transporte y distribución de las cajas de madera ya terminadas desde las instalaciones donde se fabrican hasta las instalaciones del usuario de las mismas, se ha considerado que las paletas de madera son equivalentes a las de tipo europalet (25 reutilizaciones) utilizadas para ello, estimando una capacidad media de 200 cajas. Este dato ha sido calculado en base a los datos de fichas de producto proporcionados por FEDEMCO, donde se indica la cantidad de cajas que pueden ser transportadas en una paleta en función de las dimensiones del tipo de caja considerada en cada caso.

- **Impacto transporte**

Para calcular el impacto asociado al transporte de las cajas de madera ya terminadas desde las instalaciones del fabricante hasta las del usuario de las mismas, se ha estimado el peso de cada caja en función de las dimensiones introducidas por el usuario.

El transporte de las cajas de madera ya terminadas se realiza habitualmente en camiones de 24 toneladas, tal y como se indica en las fichas de producto proporcionadas por FEDEMCO. No obstante, debido a las características de las cajas, no es posible transportar una carga completa de 24t debido al volumen que ocupan. Para tener en cuenta esta limitación, en el transporte de las cajas ya terminadas se ha considerado un factor de emisión correspondiente a un camión de entre 7,5 y 16t en lugar de uno de 24t. El impacto asociado al proceso de transporte depende de la cantidad de peso transportado y de los km recorridos en cada caso, y viene expresado en KgCO₂.eq por tkm transportada.

10. Consideraciones finales.

A modo de conclusión destacar que con el desarrollo de esta calculadora de Huella de Carbono "FEDEM-CO2-data" se pretende facilitar a las empresas asociadas a FEDEMCO calcular los kilogramos de CO2 equivalentes que se emiten a lo largo del ciclo de vida de los envases domésticos y comerciales de madera para productos hortofrutícolas.

Asimismo, tal y como se ha mencionado anteriormente, el objetivo del presente informe es el de servir de soporte técnico a todas aquellas empresas que utilicen la calculadora de FEDEMCO para calcular la Huella de Carbono de sus envases de madera, y necesiten respaldar los resultados obtenidos con la misma.

Por último, y después del desarrollo realizado es importante considerar los siguientes puntos:

- Carácter innovador en su sector de referencia de la herramienta "Fedem-CO₂-data" para el cálculo de la huella de carbono en envases de madera hortofrutícolas, así como validez de las normas y metodología utilizada para su desarrollo.
- Puesta en valor de las cualidades medioambientales del envase de madera con respecto a otros materiales.
- Utilidad del uso de los resultados de la herramienta "Fedem-CO₂-data" para la contabilidad del carbono del sector envasador hortofrutícola, y por lo tanto para el resto de la cadena de distribución alimentaria.
- Importancia y utilidad del alto valor de colaboración de las empresas asociadas a FEDEMCO en la aportación de datos en la fase de inventario.
- Valioso precedente para el desarrollo de otras herramientas de cálculo de la huella de carbono corporativa.
- Esta calculadora es válida para los materiales, procesos y tecnologías utilizados actualmente por las empresas del sector. Si hubieran grandes cambios tecnológicos que así lo recomendaran, la actual versión de la herramienta Fedem-CO₂-data necesitaría ser revisada.
- Interés para evaluar a medio plazo la evolución de la huella de carbono en el sector de envases de madera.

Anexo I. Indicadores de potencial de calentamiento global IPCC GWP 2007 a 100 años

En el presente anexo se muestran todos los indicadores de potencial de calentamiento global considerados para evaluar el impacto según el IPCC GWP 2007 a 100 años.

Tabla 6: Indicadores de potencial de calentamiento global IPCC GWP 2007 a 100 años

Gas de efecto invernadero	CO ₂ -eq (GWP100) en kg CO ₂ eq / kg
Dióxido de carbono	1
Dióxido de carbono, biogénico	1
Dióxido de carbono, fósil	1
Dimetil éter	1
Metano, bromo, Halon 1001	5
Metano, dicloro, HCC-30	8,7
Cloruro de metilo, R-40	13
Metano	25
Metano, biogénico	25
Metano, fósil	25
Butano, nonafluoroetoxi, HFE-569sf2	59
Etano, 2,2-dicloro-1,1,1-trifluoro-, HCFC-123	77
Propano, 1,1,2,2,3,3, hexafluorometoxi- HFE-356pcc3	110
Propano, 3,3-dicloro-1,1,1,2,2-pentafluoro-, HCFC-225ca	122
Etano, 1,1-difluoro, HFC-152a	124
Etano, 1,1,1-tricloro, HCFC-140	146
Butano, nonafluorometoxi, HFE-7100	297
Óxido nitroso	298
Etano, 1-cloro-2,2,2-trifluoro- (difluorometoxi) -, HCFE-235da2	350
Éter, 1,1,2,2-tetrafluoroetil metil-, HFE-254cb2	359
Éter, 1,1,2,2-tetrafluoroetil 2,2,2-trifluoroetil-, HFE-347mcf2	575
HFE-347pcf2	580
Propano, 1,3-dicloro-1,1,2,2,3-pentafluoro-, HCFC-225cb	595
Etano, 2-cloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	609
Etano, 2,2,2-trifluorometoxi, HFE245fa2	659
Metano, difluoro-, HFC-32	675
Etano, 1,1,2,2-tetrafluoromethoxi-, HFE245cb2	708

Gas de efecto invernadero	CO ₂ -eq (GWP100) en kg CO ₂ eq / kg
Etano, 1,1-dicloro-1-fluoro, HCFC-141b	725
Cloroformo	756
Metano, trifluoro-metoxi, HFE-143a	756
Butano, 1,1,1,3,3-pentafluoro-, HFC-365mfc	794
Propano, 1,1,3,3-tetrafluoro-, HFC-245fa	1030
Metano, tetracloro-, CFC-10	1400
Etano, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	1430
Etano, 1,1,2,2-tetrafluoro-, HFC-134	1430
HFE-338pcc13 (HG-01)	1500
Pentano, 2,3-dihydroperfluoro-, HFC-4310mee	1640
Metano, clorodifluoro-, HCFC-22	1810
HFE-43-10pccc124 (H-Galden1040x)	1870
Metano, bromoclorodifluoro-, Halon 1211	1890
Etano, 1-cloro-1,1-difluoro, HCFC-142b	2310
HFE-236ca12 (HG-10)	2800
Propano, 1,1,1,2,3,3,3-heptafluoro-, HFC-227ea	3220
Etano, pentafluoro-, HFC-125	3500
Etano, 1,1,1-trifluoro-, HFC-143a	4470
Metano, triclorofluoro-, CFC-11	4750
Etano, 1,1,2-tricloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	6130
Metano, pentafluoromethoxi-, HFE-134	6320
Metano, bromotrifluoro-, Halon 1301	7140
Etano, cloropentafluoro-, CFC-115	7370
Metano, tetrafluoro-, CFC-14	7390
PFC-09.01.18	7500
Propano, perfluoro-	8830
Butano, perfluoro-	8860
Pentano, perfluoro-	9160
Hexano, perfluoro	9300
Propano, 1,1,1,3,3,3-hexafluoro, HCFC-236fa	9810
Etano, 1,2-dicloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	10000
Butano, cicloperfluoro-, PFC-318	10300
PFPME	10300
Metano, diclorodifluoro-, CFC-12	10900

Gas de efecto invernadero	CO ₂ -eq (GWP100) en kg CO ₂ eq / kg
Etano, hexafluoro, HFC-116	12200
Metano, clorotrifluoro-, CFC-13	14400
Metano, trifluoroacético, HFC-23	14800
Metano, trifluoro- (difluorometoxi) -, HFE-125	14900
Fluoruro de nitrógeno	17200
Sulfuro, trifluorometil pentafluoruro	17700
Hexafluoruro de azufre	22800

Anexo II. Inventarios de entradas y salidas de los procesos de fabricación

Tabla 7. Descripción detallada inventario entradas y salidas etapa de Fabricación de cuadradillo

Tipo	Componente	Descripción	Cantidad por m ³ de producto terminado	Unidad
ENTRADAS	Madera de pino	Materia prima cuadradillo	1,17E+00	m ³
	Electricidad	Electricidad consumida transformación	1,87E+01	kWh
	Diésel	Combustible empleado transportes internos	3,44E-01	kg
	Transporte	Transporte madera en rollo	3,09E+01	tkm
	Energía calorífica	Aprovechamiento energético residuos de madera	1,27E-01	MWh
	Fleje	Material envase y embalaje	3,64E-02	Kg
	Grapas	Material envase y embalaje	7,36E-03	Kg
	Colas (polivinilo)	Unión de piezas	7,36E-03	Kg
	Agua	Agua consumida proceso	2,95E-02	m ³
SALIDAS	Aguas residuales	Agua sobrante proceso	1,77E-03	m ³
	Grapas	Residuo envase y embalaje	7,40E-04	Kg
	Envases de plástico	Residuo envase y embalaje	1,18E-03	t
	Residuos de madera	Restos de fabricación cuadradillo	1,32E-02	Kg

Tabla 8. Descripción detallada inventario entradas y salidas etapa de Fabricación de fondos

Tipo	Componente	Descripción	Cantidad por unidad de producto terminado	Unidad
ENTRADAS	Madera de chopo	Materia prima fondos	8,20E-04	m ³
	Electricidad	Electricidad proceso	5,97E-03	kWh
	Transporte	Transporte madera chopo	2,50E-01	tkm
	Alambre acero	Material envase y embalaje	2,73E-03	kg
SALIDAS	Aguas residuales	Agua sanitaria	1,00E-05	m ³

Tabla 9. Descripción de inventario entradas y salidas etapa de fabricación de tablero contrachapado

Tipo	Componente	Descripción	Cantidad por m ³ de producto terminado	Unidad
ENTRADAS	Madera de chopo	Materia prima	1,55E+00	m ³
	Madera de chopo seco	Materia prima	1,78E-03	m ³
	Madera de tablero chopo (seco)	Materia prima	2,52E-01	m ³
	Resina Urea-formaldehído	Resina sintética	2,32E+01	kg
	Harina de trigo	Resina natural	1,17E+01	kg
	Electricidad	Electricidad proceso	9,94E+01	kWh
	Transporte	Transporte madera	5,56E+02	tkm
	Energía calorífica	Aprovechamiento energético residuos madera	8,21E-01	MWh
	Cartón	Material envase y embalaje	2,15E-01	kg
	Fleje acero	Material envase y embalaje	4,49E-01	kg
	Fleje plástico	Material envase y embalaje	8,22E-02	kg
	Palets	Material envase y embalaje	8,38E-02	Unidades
	Agua industrial	Agua consumida proceso	4,13E-02	m ³
SALIDAS	Agua residual	Agua sobrante proceso	2,66E-02	m ³
	Cenizas	Cenizas caldera aprovechamiento energético	1,23E+00	kg
	Residuos de madera	Residuos no aprovechados	2,75E+01	kg

Tabla 10. Descripción detallada inventario entradas y salidas etapa de fabricación de MDF

Tipo	Componente	Descripción	Cantidad por m ³ de producto terminado	Unidad
ENTRADAS	MDF	Tablero de MDF (densidad 850 kg/m ³)	1,06E+00	m ³
	Pintura	Base blanca en base agua (imprimación)	2,70E-02	t
	Electricidad	Electricidad cortado y pintado	6,28E-02	MWh
	Agua	Agua consumida proceso	1,13E-02	m ³
	Fleje plástico	Material envase y embalaje	1,42E-01	t
	Film plástico	Material envase y embalaje	3,22E-01	t
	Cartón	Material envase y embalaje	1,01E-03	t
SALIDAS	Agua residual	Agua sobrante proceso	4,20E-04	m ³
	Madera	Restos de transformación MDF	5,71E-02	t
	Plástico	Residuo envase y embalaje	4,00E-05	t
	Acero	Residuo envase y embalaje	1,00E-04	t

Tabla 11. Descripción detallada inventario entradas y salidas etapa de Fabricación de un envase medio

Tipo	Componente	Descripción	Cantidad por unidad de producto terminado	Unidad
	Cola	Resina Urea-formaldehido	1,58E-04	kg
	Barniz	Recubrimiento protector	1,72E-04	kg
	Electricidad	Electricidad consumida proceso	5,80E-02	KWh
	Tinta flexográfica	En base agua	3,27E-03	kg
	Base flexográfica	En base agua	1,10E-05	kg
	1-methoxypropan-2-yl acetate	Retardante	7,00E-06	kg
	Sulfato de amonio	Endurecedor para cola	3,00E-06	kg
	Transporte	Transporte madera en camión 24 t	3,49E-02	tkm
	Transporte	Transporte madera en camión 40 t	2,05E-03	tkm
	Energía calorífica	Aprovechamiento energético residuos	1,30E-05	MWh
	Fleje acero	Material envase y embalaje	1,79E-02	kg
	Fleje plástico	Material envase y embalaje	2,09E-03	kg
	Hilo de rafia	Material envase y embalaje	8,70E-05	kg
	Palets	Material envase y embalaje	4,49E-03	kg
	Grapas	Material envase y embalaje	5,51E-03	kg
	Agua industrial	Agua consumida proceso	5,00E-06	m ³
SALIDAS	Aguas residuales	Agua sobrante proceso	1,00E-06	m ³
	Residuos	Restos de madera no aprovechados	1,19E-02	kg

Anexo III. Factores de emisión.

Tabla 12: Factores de emisión considerados en el desarrollo de la calculadora de huella de carbono

Componente	Factor de emisión	Unidades
Madera de pino	3,46E+00	KgCO ₂ eq/m ³
Madera de chopo	4,22E+01	KgCO ₂ eq/m ³
Madera de chopo seco	5,48E+01	KgCO ₂ eq/m ³
Electricidad	5,01E-01	KgCO ₂ eq/kWh
MDF	4,72E+02	KgCO ₂ eq/m ³
Diésel	3,67E+00	KgCO ₂ eq/kg
Energía calorífica madera	2,49E-03	KgCO ₂ eq/MJ
Cola	1,90E+00	KgCO ₂ eq/kg
Resina	2,61E+00	KgCO ₂ eq/ kg
Barniz	1,75E+00	KgCO ₂ eq/ kg
Harina de trigo	1,00E+00	KgCO ₂ eq/ kg
Tintas	1,62E+00	KgCO ₂ eq/kg
Retardante	1,09E-01	KgCO ₂ eq/kg
Endurecedor de cola	2,39E+00	KgCO ₂ eq/kg
Agua	2,40E-01	KgCO ₂ eq/m ³
Transporte (camión 7,5-16t)	1,82E-01	KgCO ₂ eq/tkm
Transporte (camión 16-32t)	1,34E-01	KgCO ₂ eq/tkm
Transporte (camión >32t)	8,14E-02	KgCO ₂ eq/tkm
Fleje plástico	2,68E+00	KgCO ₂ eq/kg
Film plástico	2,67E+00	KgCO ₂ eq/kg
Hilo de rafia	1,97E+00	KgCO ₂ eq/kg
Cartón	1,07E+00	KgCO ₂ eq/kg
Acero	1,67E+00	KgCO ₂ eq/kg
Palé	2,23E-01	KgCO ₂ eq/unidad
Agua industrial	2,40E-01	KgCO ₂ eq/m ³
Tratamiento agua residual	1,25E-01	KgCO ₂ eq/m ³
Cenizas caldera	1,79E-02	KgCO ₂ eq/kg