



- OBSERVATORIO IBEROAMERICANO DEL DESARROLLO LOCAL Y LA ECONOMÍA SOCIAL
Revista académica, editada y mantenida por el Grupo EUMED.NET de la Universidad de Málaga.
ISSN: 1988-2483
Año 1 - Nro. 4 - Abril, mayo, junio de 2008.

LA HUELLA ECOLÓGICA CORPORATIVA DE LOS MATERIALES: APLICACIÓN AL SECTOR COMERCIAL

**The materials ecological footprint:
application to the commercial sector**

Antonio Caselles Moncho
Departamento de Matemática Aplicada
Antonio.caselles@uv.es

Manuel Carrasco Esteve
Escuela de Investigación Operativa
Manuel.carrascoesteve@gmail.com

Alejandro Martínez Gascón
Escuela de Investigación Operativa
amargas@alumni.uv.es

Sergi Coll Ribera
Escuela de Investigación Operativa
ricosser@rycos.es
Universidad de Valencia

Juan Luis Doménech Quesada
Mónica González Arenales³
Autoridad Portuaria de Gijón
Departamento de Medio Ambiente

Período de actuación: octubre/2006 a junio/2008

Resumen

La huella ecológica es un indicador de sostenibilidad de índice único, desarrollado por Rees y Wackernagel en 1996, que mide todos los impactos que produce una población, expresados en hectáreas de ecosistemas o “naturaleza”. Utilizada habitualmente para regiones o países (...) hemos constatado que dicho indicador podía utilizarse también en las empresas y en cualquier tipo de organización (Doménech, 2006). En este trabajo se calcula la Huella Ecológica Corporativa de una empresa del sector comercial, concretamente un concesionario de automóviles del este español, a partir de los consumos anuales efectuados por la empresa. A continuación se recalculan determinados índices para la conversión de consumo de materiales a hectáreas, siguiendo la misma metodología empleada por J.L. Doménech en el cálculo de la huella de la Autoridad Portuaria de Gijón. Finalmente se proponen nuevos índices en sustitución de los anteriores y se diseña una nueva herramienta (hoja de cálculo) para el cálculo de la Huella Ecológica Corporativa.

Palabras clave: huella ecológica corporativa, índice de conversión.

Abstract

The ecological footprint is a sustainability indicator of unique index, developed by Rees and Wackernagel in 1996, which weighs up the impacts of a population on the Earth in terms of hectares of ecosystems or “nature”. The ecological footprint is habitually utilized for regions or countries (...) but can also be used for corporations and any other type of organization (Domenech, 2006). In this paper, the Corporative Ecological Footprint is calculated for a commercial corporation, concretely a car dealership of the eastern coast of Spain, from its annual consumption. Next, some indices to convert consumption of energy and materials into hectares are recalculated following the methodology employed by Domenech (2006) for the Port Authority of Gijón. Finally, some new indices are proposed in substitution of the previous ones and a new tool (an EXCEL sheet) is designed to calculate the Corporative Ecological Footprint.

Keys Word: corporative ecological footprint, conversion index.

1. Introducción

La huella ecológica corporativa (Rees y Wackernagel, 1996) calcula el número de hectáreas necesarias para que un territorio (el planeta, un continente, país, ciudad, etc...) obtenga los recursos que precisa y, al mismo tiempo, elimine sus desechos. Los cálculos originales se centran en países, continentes, si bien pronto se hizo extensible el cálculo de la huella a otros ámbitos: ciudades, familias, individuos, etc. Desde el año 2004 se aplica el cálculo del indicador a una empresa (Autoridad Portuaria de Gijón), acuñándose el concepto de Huella Ecológica Corporativa (Doménech, 2004, 2006, 2007). En el año 2006 se creó un grupo de trabajo entre la Autoridad Portuaria de Gijón y las universidades de Valencia, Oviedo, Cantabria, Santiago de Compostela y Cádiz para la mejora de la metodología desarrollada. La Escuela de Investigación Operativa de la Universidad de Valencia se encargó de calcular la huella de una empresa concreta del sector comercial y de revisar la metodología de conversión del consumo de materiales y las intensidades energéticas aplicadas.

La empresa analizada es un concesionario de automóviles, dedicada a la compra-venta de vehículos nuevos (Ford) y de ocasión, así como a operaciones relacionadas con su mantenimiento y abastecimiento de repuestos. La empresa está situada en un municipio de la provincia de Valencia cercano a la capital.

Dada la imposibilidad de extraer consumos efectuados a través de datos contables, revisamos la totalidad de las facturas generadas en el ejercicio económico (año 2006). Los datos obtenidos tras la revisión exhaustiva de las facturas con cargo a la empresa, generadas durante el ejercicio económico 2006, se introducen en una hoja de cálculo (que denominamos *arti-ecofootprint-V1-Automoviles.xls*). A continuación detallamos el uso de estos datos para el cálculo del indicador.

La metodología usada puede consultarse exhaustivamente en la “Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa” (Doménech, 2006) y la hoja de cálculo original:

(<http://www.telecable.es/personales/jldomen1/bioamb/huellaeco.htm>). No obstante, a continuación puntualizamos algunos extremos de la misma para mejor comprensión del texto. Asumimos los valores de las productividades e intensidades energéticas que figuran en la metodología y que se incorporan a la hoja de cálculo.

1.1. Energía

1.1.1. *Electricidad*: para el desglose del total de Kwh consumidos en el año nos atenemos a datos facilitados a nivel nacional por la empresa suministradora (www.iberdrola.es). En la tabla 1 figuran los porcentajes de las diferentes fuentes de electricidad. El precio medio Con precio medio del Kwh es de 0,059180 euros.

Tabla 1. Fuentes de energía de Iberdrola

Fuentes de energía www.iberdrola.es	%
Térmica carbón	8,89
Térmica combustibles líquidos	4,32
Térmica de gas (ciclo combinado)	38,47
Nuclear	29,14
Hidráulica (curso alto y bajo)	10,69
Eólica	7,78
Fotovoltaica + solar térmica	0,71

1.1.2. *Combustibles*: para obtener el consumo de gasolinas, al no tener cantidades consumidas sino euros gastados, empleamos el precio medio en España (2006), calculado a partir de la tabla 2, en céntimos de euro (fuente: www.micyt.es). Las gasolinas de 98 y 95 se agrupan en una única cantidad al no disponer de su desglose en factura.

Tabla 2. Precio medio de combustibles en España y Valencia, en 2006

MES	España		Comunidad Valenciana	
	Gasolina sin Pb	Gasóleo Automoción	Gasolina sin Pb	Gasóleo Automoción
Ene	85,6	80,1	86,7	80,3
Feb	86,2	81,3	87,4	81,6
Mar	86,9	81,9	88,2	82,2
Abr	91,3	84,1	92,4	84,3
May	94,3	85,9	95,6	86,2
Jun	93,9	84,7	95,1	84,9
Jul	96,4	85,9	97,6	86,2
Ago	96,6	86,6	97,8	86,8
Sep	88,6	83,5	90,0	83,8
Oct	83,5	79,6	84,7	79,8
Nov	82,4	78,4	83,6	78,6
Dic	83,0	78,4	84,4	78,9
MEDIAS	89,06	82,51	90,30	82,81

Tabla 2

1.1.3. *Materiales*: siguiendo la metodología de Doménech (2006), incluimos en este apartado los materiales consumidos, a excepción de los dedicados a obras, cuyos datos alimentan la *matriz de obras*. La hoja de cálculo, si bien se basa en los Capítulos Arancelarios de Comercio Exterior para clasificar los diferentes materiales, por simplificar, agrupa varios capítulos en una sola fórmula. La fórmula para la transformación de euros gastados en hectáreas de huella es:

$$HE = \frac{\text{consumo}}{1000} \frac{FC \cdot IE \cdot fe}{\text{productividad}} \rightarrow \left(\frac{\text{euros}}{\text{año}} \frac{t}{\text{euros}} \frac{Gj}{t} \frac{ha \cdot \text{año}}{Gj} \right) \rightarrow ha$$

Donde:

HE = huella ecológica

Consumo = consumo anual en euros del material en cuestión

FC = factor de conversión toneladas/1.000€ para convertir consumos a toneladas

IE = intensidad energética del material

fe = factor de equivalencia (adimensional)

productividad expresada en gigajulios por hectárea y año

En la hoja de cálculo, se utiliza como FC (factor de conversión toneladas/1000 euros) la media de los FC de los diferentes capítulos arancelarios contemplados en cada fórmula. La media usada es la aritmética con lo que, en determinados casos, puede desvirtuarse el resultado pues no se contemplan los pesos reales de cada uno de los Capítulos considerados. Para solventar el problema caben dos soluciones, la primera consiste en utilizar medias ponderadas, lo que resultaría engorroso a la hora de introducir datos en la hoja. La segunda opción consistiría en desglosar las líneas de la hoja en tantas otras líneas como capítulos arancelarios contenga la fórmula, la hoja aumentaría considerablemente el número de sus filas y habría que desglosar los consumos con mucho más detalle, pero daría resultados más ajustados, además de permitir su uso por cualquier empresa, con independencia de los materiales que se fabrican o con los que se comercia. Se elabora nueva hoja de cálculo (arti-ecofootprint-V2-Automoviles.xls) con el desglose de capítulos propuesto (ver tabla 6).

1.1.4. *Servicios*: incluimos los gastos anuales de Publicidad en *Servicios externos de oficina, asesorías, etc...* En *Teléfonos (total fijos y móviles)* incluimos también los gastos por conexiones a Internet. En lo referente a los servicios médicos, además de los gastos mensuales para cuotas en las mutuas, hemos incluido los gastos por accidentes laborales, ya que la empresa paga lo mismo tanto si hay accidentes laborales como si no los hay.

1.2. **Uso del suelo**

Todo el suelo disponible es suelo edificado y dedicado a la actividad empresarial. No hay jardines ni zonas verdes. La empresa está situada en un polígono industrial. En el Levante español es lamentablemente característica la construcción de Polígonos Industriales sin zonas verdes (públicas o privadas).

1.3. Recursos agropecuarios y pesqueros

Únicamente introducimos datos en el apartado “Comidas de empresa”. Dada la actividad económica de la empresa tan sólo el gasto en comidas de empresa es imputable a este apartado.

1.4. Recursos forestales

Para el cálculo de la huella se emplea:

$$\frac{\text{consumo}}{\text{precipitacion}} \cdot fe \rightarrow \left(\frac{m^3}{\text{año}} \frac{\text{ha} \cdot \text{año}}{m^3} \right) \rightarrow \text{ha}$$

La precipitación juega aquí el papel de “productividad” y en la hoja se asimila el Norte de España a un bosque de “zona húmeda” (15.000 a 17.000 m³/ha.año). Es obvio que, a menor productividad (precipitación), mayor huella.

En la empresa estudiada, respetando los 1.500 m³/ha.año que figuran en la hoja, se obtienen 1,1 ha de huella. Si usamos los 333 m³/ha.año reales en el Levante español la huella sube a 5,1 ha. La incidencia en la huella total de esta diferencia no es significativa, pero la indicamos aquí para hacer evidente que a las zonas más secas les penaliza mucho más el consumo de agua.

1.5. Matriz de resultados, índices y ratios

La *Cantidad de producto (toneladas mercancía movida)* la proporciona la propia hoja usando el factor de conversión 0,1746 toneladas de vehículo cada 1000 €. Los 12.185.131,1 €año (vehículos nuevos y usados, más recambios, sin los ingresos del taller) se convierten en 2.127,5 toneladas de vehículos (mercancía).

1.6. Contra huella o capacidad de carga

Hectáreas que tenemos (haber). Aumenta con el aumento de cultivos, pastos, bosques o reservas marinas, etc... En nuestro caso la contrahuella es nula al no existir inversión en capital natural (jardines, terrenos naturales, etc.).

1.7. Resultados

La huella ecológica calculada queda resumida en la tabla 3.

Tabla 3. Desglose de la huella ecológica corporativa obtenida

TIPO DE HUELLA	HUELLA			
	ha	%	tCO ₂	%
Energía fósil	4.903,70	99,15	22.412,30	99,40
Tierra cultivable	4,20	0,08		
Pastos	2,60	0,05		
Bosque	29,60	0,60	135,40	0,60
Terreno construído	2,70	0,05		
Mar	3,20	0,06		
T O T A L	4.945,90	100,00	22.547,70	100,00

La importancia del producto (mercancía) que comercializa la empresa (los automóviles y sus componentes) queda patente en la tabla 4.

Tabla 4. Huella atribuida al producto comercializado (automóviles y sus elementos)

	Unidades	TOTAL	Debida a vehículos
HE neta	ha	4.945,90	4.776,90
Ratio toneladas mercancía/HE	t/ha	0,4302	0,4454
HE neta por tonelada mercancía	m ² /t	23.247,53	22.453,01
	ha/t	2,3	2,2

La distribución de la huella neta (ha/t) por componentes, que es la que ahora se podrá incorporar a la metodología, retroalimentándola, es la mostrada en la tabla 5.

**Tabla 5. Huella neta en ha/t
por componentes**

	ha/t
Energía fósil	2,280
Tierra cultivable	0,002
Pastos	0,001
Bosque	0,014
Terreno construido	0,001
Mar	0,001

La HE neta en número de personas respecto a la mundial (2,2 ha/cap.año) es de 2.248,2.

La HE neta en número de personas respecto a la española (4,5 ha/cap.año) es de 1.099,1.

La HE añadida por la empresa a la mercancía que compra y vende (vehículos) es de 0,08 ha/tonelada.

2. Depuración de la Hoja de Cálculo

Tal y como indicamos en el punto 1.1.3., ampliamos en primer lugar la hoja original (arti-ecofootprint-V1-Automoviles.xls) incorporando, en el apartado materiales, los capítulos arancelarios no contemplados. El resultado obtenido es prácticamente el mismo ya que no se han revisado de nuevo las facturas para reagrupar costes según la totalidad de los capítulos arancelarios. En esta hoja ampliada (arti-ecofootprint-V2-Automoviles.xls) utilizamos la misma metodología que en la original, si bien en ambas los datos de precios de combustibles y los factores de conversión FC (t/1000€) se contemplan en hojas aparte (del mismo libro Excell), facilitando futuras modificaciones al no tener así que revisar las fórmulas celda a celda. Esta nueva versión permite el cálculo de la huella por cualquier tipo de empresa, independientemente de los materiales fabricados o con los que se desarrolla la actividad económica.

Proseguimos actualizando los índices de conversión FC (t/1000€) respetando así la metodología de la hoja de cálculo. Para ello nos basamos en los datos del 2006 obtenidos de <http://www.aduanas.camaras.org> tanto en importación como exportación. Las tablas facilitan, para cada capítulo arancelario, el total de toneladas importadas/exportadas y su valor en miles de euros. Partiendo de esos datos calculamos los índices FC (toneladas/1.000€) para los datos de importación por un lado y para los de exportación por otro. El índice final escogido corresponde a la media aritmética entre los índices obtenidos en ambos casos, consiguiendo así una mejor aproximación. Comparando nuestros índices FC con los usados en la hoja original o con los obtenidos por la Universidad de Santiago observamos discrepancias en los resultados. Los índices calculados son los mostrados en la tabla 6.

Tabla 6. Índices de conversión de euros a toneladas (t/1000€) para los 99 capítulos arancelarios de comercio exterior

CAPÍTULO ARANCELARIO	t/1.000€	CAPÍTULO ARANCELARIO	t/1.000€
1. Animales vivos	0,0064	50. Seda	0,0112
2. Carne y despojos comestibles	0,4090	51. Lana y pelo fino	0,1316
3. Pescados, crustáceos, moluscos	0,3726	52. Algodón	0,2426
4. Leche, productos lácteos; huevos	0,7364	53. Otras fibras textiles vegetales	0,4107
5. Otros productos de origen animal	0,9085	54. Filamentos sintéticos o artificiales	0,2002
6. Plantas vivas; productos floricultura	0,5701	55. Fibras sintéticas, artif. Discont	0,2863
7. Legumbres, hortalizas, sin conservantes	2,0011	56. Fieltro, tela sin tejer; cordelería	0,3176
8. Frutas/frutos, sin conservar	1,1005	57. Alfombras; revesti. Textiles suelo	0,0765
9. Café, té, yerba, mate y especias	0,4987	58. Terciopelo; con bucles; tapicería	0,0803
10. Cereales	5,9156	59. Tejidos técnicos, recubiertos	0,0757
11. Productos de la molinería; malta	3,5042	60. Tejidos de punto	0,1209
12. Semillas oleagi.; plantas industriales	3,1675	61. Prendas de vestir, de punto	0,0501
13. Jugos y extractos vegetales	0,1485	62. Prendas de vestir, no de punto	0,0287
14. Materias trenzables	1,7364	63. Artículos textil-hogar; prendería	0,2402
15. Grasas, aceite animal o vegetal	0,9161	64. Calzado; sus partes	0,0494
16. Conservas de carne o pescado	0,2901	65. Artículos de sombrerería	0,0484
17. Azúcares; artículos confitería	1,3209	66. Paragüas; sombrillas; bastones	0,2234
18. Cacao y sus preparaciones	0,5037	67. Plumasy plumón preparados	0,1037
19. Productos de cereales, de pastelería	0,5514	68. Manufacturas de piedra, yeso	1,4397
20. Conservas verdura o fruta; zumo	0,9918	69. Productos cerámicos	1,2101
21. Preparac. alimenticias diversas	0,3518	70. Vidrio y sus manufacturas	0,4256
22. Bebidas todo tipo (exc. zumos)	0,1960	71. Piedra, metales preciosos; joyería	0,0060
23. Residuos industria alimentaria	4,3117	72. Fundición, hierro y acero	1,6572
24. Tabaco y sus sucedáneos	0,1172	73. Manufacturas de fundición, hierro/acero	0,5530
25. Sal, yeso, piedras sin trabajar	17,2866	74. Cobre y sus manufacturas	0,2360
26. Minerales, escorias y cenizas	2,7586	75. Níquel y sus manufacturas	0,0696
27. Combustibles, aceites minerales	2,8943	76. Aluminio (y sus manufacturas)	0,3358
28. Productos químicos inorgánicos	3,2534	78. Plomo y sus manufacturas	0,9558
29. Productos químicos orgánicos	0,5768	79. Cinc y sus manufacturas	0,3982
30. Productos farmacéuticos	0,0182	80. Estaño y sus manufacturas	0,1881
31. Abonos	2,9589	81. Otros metales comunes; cermets	0,2357
32. Tanino; materias colorantes; pintura	0,5068	82. Herramientas y cuchillos metálicos	0,1046
33. Aceites esenciales; perfumería	0,1536	83. Manufacturas diversas de metales	0,2027
34. Jabones; lubricantes; ceras	0,8936	84. Máquinas y aparatos mecánicos	0,0782
35. Materias albuminóideas; colas	0,4823	85. Aparatos y material eléctricos	0,0530
36. Pólvoras y explosivos	0,2717	86. Vehículos, material ferroviarios	0,0801
37. Productos fotográficos o cinematográficos	0,0723	87. Vehículos automóviles; tractores	0,0784
38. Otros productos químicos	0,6630	88. Aeronaves; vehículos espaciales	0,0034
39. Materias plásticas; sus manufacturas	0,5441	89. Barcos y embarcaciones	0,3541
40. Caucho y sus manufacturas	0,2343	90. Aparatos ópticos, medida, médicos	0,0518
41. Pieles (exc. peletería); cueros	0,1174	91. Relojería	0,0068
42. Manufacturas de cuero, marroquinería	0,0804	92. Instrumentos musicales	0,0382
43. Peletería y sus confecciones	0,0332	93. Armas y municiones; accesorios	0,0958
44. Madera y sus manufacturas	0,8156	94. Muebles, sillas, lámparas	0,2769
45. Corcho y sus manufacturas	0,2957	95. Juguetes, juegos, artículos deportivos	0,1247
46. Manufacturas de cestería	0,4739	96. Manufacturas diversas	0,0803
47. Pasta de madera; papel reciclado	1,8751	97. Objetos de arte; antigüedades	0,0119
48. Papel, cartón; sus manufacturas	1,2105	98. Conjunto industrial; regl. 840/96	0,0852
49. Libros, publicaciones; artes gráficas	0,2384	99. Conjunto de otros productos	1,2507

El usar datos tanto de importación como de exportación se justifica por el hecho de desconocer la procedencia de los materiales y artículos consumidos. Aplicando estos nuevos índices y manteniendo constantes el resto de inputs de la hoja original obtenemos un nuevo archivo (arti-ecofootprint-V3-Automoviles.xls) en el que se observa una drástica reducción de la huella. Tan sólo en el capítulo 87 (Vehículos terrestres), el hecho de aplicar un FC = 0,0784 (frente al antiguo FC = 0,1746) provoca un descenso de la huella de las 4.776,9 ha originales a 2.146,1 ha. La huella total baja de

las 4.946,0 a 2.303,1 ha. Tal variabilidad (superior al 50%) de los resultados obliga a buscar otras líneas de investigación para intentar explicar las diferencias.

Para testar y mejorar los **índices de conversión** de consumo de materiales a hectáreas de terrenos consideramos que, en la medida de lo posible, y de cara al uso periódico de la huella en una empresa, sería conveniente utilizar en los inputs de la hoja cantidades anuales consumidas y no consumos anuales en unidades monetarias. Así evitaríamos fluctuaciones por variabilidad de los FC (factores de conversión toneladas/1.000€) como las ya encontradas. Los intentos de buscar estos nuevos índices no afectados por cantidades monetarias tropiezan con la falta de datos factibles para su cálculo. Tras varios intentos de obtener información en las fuentes comunes (INE, Cámara de Comercio, etc.) optamos por un nuevo método de cálculo de la huella prescindiendo de los citados FC, aunque usando cantidades monetarias. Los datos necesarios pueden obtenerse libremente en Internet, facilitando así su actualización.

3. Intensidades energéticas

Proponemos un nuevo método de cálculo para la intensidad energética que permita expresarla en Gj/€y poder actualizar sus valores periódicamente accediendo a bases de datos libres presentes en Internet (INE, Eurostat) con datos de 2005 (que habrá que actualizar cuando salgan los de 2007). Para ello se requiere previamente poder convertir euros/año invertidos en los diferentes tipos de energía a Gj, a través de los precios medios de la energía. La hoja de cálculo requerirá, a su vez, modificaciones en su operativa interna en el apartado “materiales”.

En la página web del INE se obtienen dos tablas muy interesantes, como son los ingresos obtenidos por las empresas de cada sector y los gastos efectuados en cada tipo de energía. Ambas tablas siguen la clasificación CNAE'93. En Eurostat obtenemos los precios medios de la electricidad para el sector industrial ($0,06860 \text{ €/kwh} = 0,06860/3,6 \text{ €/Gj} = 0,01906 \text{ €/Gj}$) y del gas ($4,6832 \text{ €/Gj}$). Debido a no haber encontrado precios medios para la energía procedente del carbón y derivados, gasóleo, fueloil y otros, optamos por calcular su precio medio de la siguiente manera:

$$\frac{33.787.457 \times 10^3}{(62.225 + 21.245) \times 41.8968} \frac{\text{€}}{\text{Ktep} \times 41.868} = 9,69 \frac{\text{€}}{\text{Gj}}$$

La cantidad de $33.787.457 \times 10^3$ corresponde a los euros ingresados por las Industrias extractivas y del petróleo por ventas netas de productos (INE-CNAE'93). 62.225 son los Ktep consumidos en productos petrolíferos a nivel nacional (M. Industria: www.cores.es) y 21.245 son los Ktep consumidos en carbón (Ministerio de Medio Ambiente www.mma.es).

De la tabla de gastos energéticos de cada sector y los precios medios de cada tipo de energía (€/Gj) conseguimos el consumo de energía por sector (Gj). Una vez calculada la energía usada en cada caso, basta dividirla por los ingresos del sector para obtener la Intensidad Energética por euro ingresado. Con esta nueva expresión de la Intensidad Energética obviamos el uso de los FC (factores de conversión). En lugar de la fórmula habitual para el consumo de la huella:

$$HE = \frac{\text{consumo}}{1000} \frac{FC \cdot IE \cdot fe}{\text{productividad}} \rightarrow \left(\frac{\text{euros}}{\text{año}} \frac{t}{\text{euros}} \frac{\text{Gj}}{t} \frac{\text{ha} \cdot \text{año}}{\text{Gj}} \right) \rightarrow \text{ha}$$

Emplearemos:

$$HE = \frac{\text{consumo} \cdot IE \cdot fe}{\text{productividad}} \rightarrow \left(\frac{\text{euro}}{\text{año}} \frac{\text{Gj}}{\text{euro}} \frac{\text{ha} \cdot \text{año}}{\text{Gj}} \right) \rightarrow \text{ha}$$

Los valores encontrados para los diferentes sectores (clasificación CNAE'93) se muestran en la tabla 7.

Tabla 7. Valores de intensidad energética (Gj/€) por sector CNAE

	IE en Gj/€
Total industria extractiva y manufacturera	0,0813
Industrias extractivas y del petróleo	0,0682
Alimentación, bebidas y tabaco	0,0681
Industria textil, confección, cuero y calzado	0,0527
Madera y corcho	0,1022
Papel, edición, artes gráficas	0,0932
Industria química	0,1651
Caucho y materias plásticas	0,0531
Productos minerales no metálicos diversos	0,3096
Metalurgia y fabricación de prod. metálicos	0,0971
Maquinaria y equipo mecánico	0,0326
Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	0,0231
Material de transporte	0,0229
Industrias manufactureras diversas	0,0442

Con estas nuevas Intensidades Energéticas reelaboramos el apartado 1.3 (Materiales) de la hoja de cálculo que plasmamos en una nueva hoja (arti-ecofootprint-V4-Automoviles.xls). Sólo se han trasladado los valores de las casillas para poder obtener una primera comparación entre ambas intensidades. En nuestro caso en el resultado final del total de materiales (punto 1.3 de la Hoja de Cálculo) es de 4.589 hectáreas, observándose un decrecimiento del 4,6% con respecto a la huella de los materiales del caso V1 (4.808 ha), lo cual indica que no existen grandes diferencias entre ambos métodos. Esta forma de calcular la intensidad energética sugiere, a su vez, una nueva línea de investigación para obtener la huella ecológica corporativa, ya que se podría extender a los demás apartados. Esta nueva versión de la hoja para el cálculo de la huella reduce drásticamente el apartado *Materiales* facilitando su uso por las empresas. La huella obtenida podrá diferir de la obtenida con otros métodos de cálculo, lo que no debe preocupar puesto que la principal aplicación del indicador (mientras no se estandarice el método de cálculo) es su evolución temporal. Calculando la huella con el mismo método, año tras año, la empresa podrá conocer su evolución y concretar su variabilidad: si la huella sube sabrá que las políticas productivas o comerciales adoptadas inciden negativamente en el medio, todo lo contrario si la huella baja.

4. Conclusiones

1. *Aplicación de la huella para la sostenibilidad de los concesionarios*

La primera conclusión que cabe extraer de los datos obtenidos en el cálculo de la huella ecológica de un concesionario de vehículos es su elevada huella, debida, sobre todo, al producto que comercializa. Su fabricación y ciclo de vida es muy intensivo en energía (del orden de 140 Gj/t) y ello hace que, de la huella total de la empresa (4.945,9 hectáreas), un 96,6% (4.776,9 hectáreas) correspondan a dicha mercancía, frente al 3,4% de la huella producida en el propio concesionario (169 hectáreas). La huella total por cada tonelada de vehículo es de 2,3 ha/t, de las cuales 2,2 ha/t es debida a los vehículos comercializados, mientras que la producida por el propio concesionario es de tan solo 0,1 ha/t.

Obviamente, la empresa podrá hacer frente con mayores garantías de éxito a su propia huella que a la huella “de flujo” que le viene incorporada con el producto que comercializa, pero ello no debe impedirle acometer acciones de sostenibilidad también en este. Entre las primeras, deberá emprender acciones de ahorro energético, tales como uso de energías “verdes”, sustitución de luminarias, eficiencia energética, ahorro de combustibles, ahorro de papel, reducción de desechos, compra de materiales con ecoetiqueta, etc. Reducir o eliminar sus 169 hectáreas *propias* de huella (que no son pocas), debería ser su primer objetivo de sostenibilidad. Para reducir la huella de los productos que vende, la principal acción que puede emprender es ejercer de “grupo de presión” frente a su principal proveedor para que inicie o amplíe su ecoeficiencia y sus gamas de productos ecológicos o híbridos.

Los concesionarios son, evidentemente, “grupos de interés” (*stakeholders*) para las grandes multinacionales del automóvil, y, como tales, siempre están incorporados en sus políticas de sostenibilidad; sus consejos, sugerencias u opiniones serán cada vez más atendidas en la organización matriz, sobre todo a raíz de la creciente incorporación de la Responsabilidad Social Corporativa a dichas políticas de sostenibilidad. Por

extensión, las mismas recomendaciones podríamos hacer a la mayor parte de empresas comercializadoras.

2. Retroalimentación de la hoja de cálculo

La segunda conclusión de interés es la viabilidad del método empleado para retroalimentar la hoja de cálculo. No debemos olvidar que estamos trabajando con estimaciones y que las actuales huellas calculadas son huellas *de mínimos*, es decir que toda huella calculada se irá incrementando conforme avance el conocimiento y las técnicas de conversión. Una de las principales críticas esgrimidas contra la huella ecológica es que la estimación de la huella de los materiales tan solo se basa en la energía consumida en su fabricación y ciclo de vida, obviando el resto de componentes que producen huella, como los residuos, la compra de materiales, la contratación de servicios o el uso del suelo (Parlamento Europeo, 2001). Al calcular la huella ecológica completa del producto se incorporan todos esos elementos y se elimina dicha crítica. Como hemos visto en este trabajo, la compra de un vehículo a un concesionario supondría conocer ya no solo su huella energética (2,280 ha/t), sino también la atribuida a las tierras cultivables (0,002 ha/t), a los pastos (0,001 ha/t), a los bosques (0,014 ha/t), al terreno construido (0,001 ha/t) y a los ecosistemas marinos (0,001 ha/t).

Sin embargo, conocer la huella del concesionario aun no nos permite incorporar la huella del automóvil a la hoja de cálculo, ya que aquella tan solo constituye un eslabón de la cadena de valor completa del automóvil. El mismo proceso seguido en este trabajo, tendría que ser hecho con la fábrica de automóviles, con el transporte (terrestre o marítimo) e incluso con la obtención de las materias primas del automóvil. Se abre pues un largo pero excitante camino que nos aproximará cada vez más a la huella real de cualquiera de nuestras actividades.

3. Análisis de ventajas/desventajas de V1, V2-V3 y V4.

Se ha descrito un método alternativo para el cálculo de la intensidad energética, en Gj/€ en vez del habitual, medido en Gj/t. Este análisis se ha realizado en cuatro pasos, denominados V1, V2, V3 y V4.

V1: (arti-ecofootprint-V1-Automoviles.xls). Hoja de cálculo original en la que se introducen los datos de consumo obtenidos en el trabajo de campo en el concesionario de vehículos. Su análisis detallado se ha realizado en el punto 1 del presente trabajo. La conversión de euros a toneladas se realiza a partir de los datos de exportaciones de comercio exterior. Su principal desventaja estriba en la dificultad de generalización a cualquier empresa al no contemplar la totalidad de los materiales posibles. Para paliar tal desventaja diseñamos V2.

V2: (arti-ecofootprint-V2-Automoviles.xls). Se trata de la misma hoja V1 en cuyo apartado “materiales” incluimos los 99 capítulos arancelarios. Los factores de conversión son los mismos que en V1. Surge la necesidad de calcular factores de conversión FC (toneladas/1.000€) para los 99 capítulos arancelarios. Sea cual sea la naturaleza de la empresa a estudio ya se contempla cualquier material consumible.

V3: (arti-ecofootprint-V3-Automoviles.xls). No es otra que la V2 con los factores de conversión (FC) actualizados y calculados para los 99 capítulos arancelarios, utilizando la media aritmética de las importaciones más las exportaciones de comercio exterior. Cabe señalar que en los casos de aquellos “consumos clave”¹ en la huella total de una organización, como por ejemplo, el cemento en los puertos (Doménech, 2004), o los automóviles en los concesionarios, conviene hacer un análisis pormenorizado del origen de dicho elemento, pues pequeñas variaciones en el factor de conversión pueden ocasionar grandes diferencias en el resultado final, como hemos visto en el apartado 2. Así por ejemplo, el cemento empleado en las obras portuarias suele ser de producción local, con lo cual utilizaremos los precios nacionales, esto es la conversión a partir de

¹ Aquellas categorías de consumos que suponen una parte sustancial, por ejemplo más de un 50%, de la huella total de la organización.

los datos de exportaciones, mientras que cuando el vehículo comercializado en un concesionario proceda del exterior a través de importación, será más conveniente utilizar la conversión a dinero a través de los datos de importación. En el caso de duda utilizaremos la media de las importaciones más las exportaciones. Igualmente, para esos “consumos clave” convendrá hacer un estudio pormenorizado de las intensidades energéticas, utilizando las nacionales (revisadas y actualizadas) para los productos nacionales y las europeas en el caso de desconocer la procedencia. En Simmons *et al.* (2006), se muestra una tabla actualizada de la energía incorporada, o intensidades energéticas, de la práctica totalidad de productos comercializados en los países de la OCDE.

Ahora bien, por una parte, los nuevos factores de conversión actualizados difieren de otros cálculos conocidos, y, por otra, la inclusión de los 99 capítulos, si bien permite el cálculo de la huella ecológica corporativa para toda empresa, implica la dificultad práctica de tener que clasificar los materiales hasta en 99 grupos, incrementando el esfuerzo necesario para el cálculo de la huella. En este punto, reconsideramos ambas cuestiones y buscamos una nueva metodología (para el apartado materiales) que simplifique los cálculos y, a la vez, reduzca la excesiva clasificación de los materiales.

V4: (arti-ecofootprint-V4-Automoviles.xls). Los materiales se reagrupan en 12 apartados, siguiendo la clasificación CNAE'93 (los 12 últimos grupos de la tabla 7). Se excluye el apartado “Industrias extractivas y del petróleo”, calculado en otro apartado de la hoja de cálculo (Energía), y el de “Industrias Manufactureras Diversas” por incluir los residuos, tratados en otro apartado de la hoja (Desechos). A su vez, se calcula la intensidad energética, en Gj/€ según metodología descrita en el apartado 3. Esto evita la conversión de euros a toneladas, y, con ella, una posible fuente de error. Se obtiene así una nueva versión de la hoja en la que el tratamiento de los materiales se simplifica, facilitando su uso por las empresas.

En la tabla 8 mostramos las ventajas y desventajas de los 4 casos analizados en este trabajo.

Tabla 8. Ventajas y desventajas de los 4 casos analizados

HOJA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
V1	<ul style="list-style-type: none"> • Actualizable • Metodología contrastada (Wackernagel) 	<ul style="list-style-type: none"> • No generalizable a cualquier empresa • Dependiente de los precios a través de los FC
V2, V3	<ul style="list-style-type: none"> • Actualizable • Metodología contrastada (Wackernagel) • Utilizable por cualquier empresa al incluir los 99 cap aranc 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependiente de los precios a través de los FC • Hay que desglosar consumo de materiales (99 capitulos) (desde contabilidad o facturas)
V4	<ul style="list-style-type: none"> • Actualizable bianualmente • Óptima cuando hay que usar facturas: no hay que descender al producto tomando como dato el total de la factura • Paso directo de €consumidos a energía • Mayor facilidad de uso al reducir número de materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • Supone mismo origen geográfico para los materiales • Los productos ecológicos no se distinguen del resto al pertenecer al mismo sector empresarial

4. Desarrollos futuros

En trabajos posteriores se deberá validar esta nueva metodología de cálculo de la huella de los materiales y hacerla, en su caso, extensible a aquellos apartados de la hoja de cálculo en los que actualmente se usan los factores de conversión (toneladas/1.000€):

- Combustibles no derivados del petróleo: carbón, leña, biomasa de madera y biomasa no de madera.
- Materiales incluidos en la matriz de obras
- Recursos agropecuarios y pesqueros
- Recursos forestales

También se deberán contrastar ambos métodos (intensidad energética en GJ/t y GJ/€) con los nuevos avances de estandarización que está realizando la Global Footprint Network, entre otros, a fin de no dispersar demasiado los diferentes métodos de cálculo que están apareciendo (Arto, 2007; Moran *et al.*, 2007; Simmons *et al.*, 2006).



Bibliografía

- Arto, I. (2007). “Una aproximación a la huella ecológica de España” (http://www.unizar.es/jornadasiozaragoza/archivos/pdf/Ponencia_Arto_Inaki_2.pdf; último acceso: julio/2008).
- Club de Roma (2002): “Contribución del Club de Roma a la Cumbre Mundial sobre el desarrollo Sostenible”, en <http://www.clubofrome.org>
- Doménech, J. L. (2004). “Huella ecológica portuaria y desarrollo sostenible”. En *Puertos*. Nº 114, pp. 26-31.
- Doménech, J. L. (2006). “Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa”. En *Terceros Encuentros sobre Desarrollo sostenible y población; eumed.net*. Universidad de Málaga, 6-24 de julio de 2006, 46 pp.
- Doménech, J. L. (2007). *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. AENOR. Madrid, 2007, 400 pp.
- Domenech, J. L. (2004 y 2005): Hojas de cálculo de la huella ecológica corporativa aplicada a la Autoridad Portuaria de Gijón, años 2004 y 2005: <http://www.telecable.es/personales/jldomen1/bioamb/huellaeco.htm>
- Ibáñez Etxeburúa, N. (2001): “La huella ecológica de Donosita-San Sebastián”, Ayuntamiento de San Sebastián, en <http://ingurumena.net>
- IGE (2000): “Galicia en cifras. Anuario 2000”, en <http://www.xunta.ige.es>
- Lenzen, M.; Borgstrom Hansson, C.; Stuart, B. (2006). ”On the bioproductivity and land-disturbance metrics of the Ecological Footprint”. <http://sciencedirect.com>
- Maged, S.; McDaniels, T.; Dowlatabadi, H. (2003). “The ecological footprint: a non-monetary metric of human consumption applied to North America”. School of Community and Regional Planning, University of Columbia. En www.elsevier.com/locate/gloenvcha
- MEC (2003): “Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2002-2004”. En www.mec.es
- MMA (2000): “Estadísticas de generación y tratamiento de residuos urbanos en España”, en <http://mma.es>
- Moran, D., Wackernagel, M., Kitzes, J., Heumann, B., Phan, D. and Goldfinger, S. (2007). “Trading Spaces: Calculating Embodied Ecological Footprints in International Trade Using A Product Land Use Matrix (PLUM)” (http://www.brass.cf.ac.uk/uploads/Moran_A52.pdf; último acceso: julio/2008).



ONU (1999): “United Nations Sustainable Development: Indicators of Sustainable Development”, en <http://www.un.org/esa/sustdev>

Parlamento Europeo (2001). “La huella ecológica”. Parlamento Europeo. Dirección General de Investigación. Dirección A. Resumen de opciones y síntesis PE nº 297.571; marzo 2001. 10 pp.

Relea Ginés, F.; Prat Noguera, Anna. “Aproximación de la huella ecológica de Barcelona: resumen de los cálculos y reflexiones sobre los resultados”. Comisión de Medio Ambiente y Servicios Urbanos del Ayuntamiento de Barcelona.

Simmons, C., González, I. and Lewis, K. (2006). “Methodology for determining global sectoral material consumption, carbon dioxide emissions and Ecological Footprints”. WWF, One Planet Business; Review Version 12. 9th June 2006 (<http://www.bestfootforward.com/OPB/Methodology%20Report%20-%20Review%20v12.PDF>).

Venetoulis, J.; Chazan, D.; Gaudet, C. (2004): “Ecological Footprint of Nations”, Redefining Progress, en <http://www.RedefiningProgress.org>

Wackernagel, M.; Dholakia, R.; Deumling, D.; Richardson, D. (2000): hoja de cálculo “Asses your Household’s Ecological Footprint, v.2.0”.

Wackernagel, M. (1996): hoja de cálculo “Calculation of the American`s average Ecological Footprint”.

Wackernagel, M. (1998). The “Ecological Footprint of Santiago de Chile”. En *Local Environment*. hoja de cálculo: <http://www.iclei.org/ICLEI/SANTIAGO.XLS>

Wiedmann, T.; Minx, J.; Barrett, J.; Wackernagel, M. (2005). “Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis”. <http://sciencedirect.com>

Wiedmann, T.; Minx, J.; Barrett, J.; Wackernagel, M. (2007). “Companies on the Scale: Comparing and Benchmarking the Footprints of Businesses”. International Ecological Footprint Conference, Cardiff, 8-10 May 2007. 20 pp.



Páginas web consultadas

Carbón

www.carbunion.es

www.carbonunion.com

Agencia internacional de energía

<http://www.iea.org>

Convertor de unidades

<http://www.iea.org/Textbase/stats/unit.asp>

http://www.iea.org/Textbase/stats/indicators.asp?COUNTRY_CODE=ES&Submit=Submit

http://en.wikipedia.org/wiki/Gross_domestic_product

Ministerio de Industria

<http://www.mityc.es/es-ES/Servicios/IndicadoresE/sectorenergetico/>

www.mityc.org

<http://www.mityc.es/es-ES/Servicios/IndicadoresE/RelIndicadoresMityc/>

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1090,1&_dad=portal&_schema=PORTAL

Electricidad

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/pls/portal/url/page/PGP_QUEEN/PGE_QUEEN_DETAIL?screen=detailref&language=en&product=Yearlies_new_environment_energy&root=Yearlies_new_environment_energy/H/H2/H21/er02b1

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1996,39140985&_dad=portal&_schema=PORTAL&screen=detailref&language=en&product=Yearlies_new_environment_energy&root=Yearlies_new_environment_energy/H/H2/H21/er02b1

Gas

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/pls/portal/url/page/PGP_QUEEN/PGE_QUEEN_DETAIL?screen=detailref&language=en&product=Yearlies_new_environment_energy&root=Yearlies_new_environment_energy/H/H2/H21/er02c1

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1996,39140985&_dad=portal&_schema=PORTAL&screen=detailref&language=en&product=Yearlies_new_environment_energy&root=Yearlies_new_environment_energy/H/H2/H21/er02c1

Energía y medio ambiente

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page?_pageid=1996,45323734&_dad=portal&_schema=PORTAL&screen=welcomeref&open=/&product=Yearlies_new_environment_energy&depth=4

<http://mma.es>

<http://www.cores.es>

<http://www.cores.es/esp/boletines/anuales.php>



<http://www.ine.es/jaxi/tabla.do?path=/t04/p01/a2005/10/&file=01001.px&type=pcaxis>
(consumos energéticos por agrupaciones de actividad y producto consumido)

Superficies (cubiertas por agua, superficie terrestre...)

http://www.ine.es/inebase/cgi/axi?COMANDO=SELECCION&CGI_DEFAULT=/inebase/temas/cgi.opt&CGI_URL=/inebase/cgi/&AXIS_PATH=/inebase/temas/t42/p01/10/&FILE_AXIS=1100111.px

Costes Energéticos Productos CNAE'93

<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft04/p01&file=inebase&L=0>
<http://www.ine.es/jaxi/menu.do?type=pcaxis&path=%2Ft40%2Fcnae93rev1%2F&file=inebase&L=0>

Capítulos Arancelarios TARIC

http://ec.europa.eu/taxation_customs/dds/cgi-bin/tarsect?Lang=ES&Taric=0100000000&ProdLine=00&SimDate=20030710&Country=-----&YesNo=1&Indent=-1&Download=0&Periodic=0&Action=0#OK

Capítulos arancelarios

<http://www.ine.es/jaxi/tabla.do?path=/t41/a121/a1998/10/&file=x10031.px&type=pcaxis&L=0>
<http://aduanas.cameras.org>

Intensidad Energética

http://www.cne.cl/medio_amb/eficiencia/indicadores.php

Huella Ecológica

<http://www.telecable.es/personales/jldomen1/bioamb/huellaeco.htm>
www.fundacion-biodiversidad.es
http://www.fundacion-biodiversidad.es/opencms/export/fundacion-biodiversidad/envios/portal_huella07.htm (ponencias)
www.huellaecologica.com (J.L.Domenech)
www.elsevier.com/locate/ecocon
www.elsevier.com/locate/ecocon Ecological Economics
www.bottomline3.co.uk (sostenibilidad empresa)
www.ecologicalfootprint.org/presselease.tm
www.revistasice.com/estudios/documento/bice/2853/bice28530202.pdf
www.pras.org
<http://www.ecologicalfootprint.org/presselease.html>
<http://www.revistasice.com/estudios/documen/bice/2853/bice28530202.pdf>
www.jdomenech.com

Ventas netas por sectores

<http://www.ine.es/inebase2/tabla.jsp?searchString=&L=0&idTabla=2&periodicidad=12&unidades=Miles+de+euros&diviDescripcion=Encuesta+Industrial+de+Empresas&divi=EIE&capitulo=+Resultados+nacionales&tabla=Resultados+por+principales+variables+econ%F3micas+y+agrupaciones+de+actividad&his=0>