

LA HUELLA DE CARBONO Y SU UTILIZACIÓN EN LAS INSTITUCIONES UNIVERSITARIAS

María Victoria Mondéjar-Navarro

Rosario Viñoles-Cebolla

M^a José Bastante-Ceca

Daniel Collado-Ruiz

Salvador Capuz-Rizo

Dpto. Proyectos de Ingeniería – Universitat Politècnica de València

Abstract

The concept of “carbon footprint” is more and more used worldwide, and more and more companies use it to launch and to promote their products. The “carbon footprint” of a product is the total set of greenhouse gas (GHG) emissions caused by an organization, event or product, and usually is expressed in terms of the equivalent of carbon dioxide. Its measurement must include the whole life cycle. As GHG, the Intergovernmental Panel of Climate Change, IPCC, considers the following: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, SF₆, NF₃, SF₅CF₃, ethers, and other hydrocarbons not considered in the Protocol of Montreal.

At university level, there are many institutions that are at the moment directing their efforts to adopt initiatives focused on the reduction of the emissions, as: reduction of energy consumption, investments in renewable energies or the promotion of alternative transports.

This paper shows a review of the state-of-the-art about the concept, methodologies and tools applicable to the determination of carbon footprint and, also, an analysis of how the universities are using them to calculate their emissions.

Keywords: *Carbon footprint; IPCC; life cycle; universities.*

Resumen

El concepto de “huella de carbono” está cada vez más extendido a nivel mundial, y cada vez son más las empresas y organizaciones que lo asocian a la presentación de sus productos. La huella de carbono es el equivalente en gramos de CO₂ de los gases de efecto invernadero (GEI) asociados a la producción de un producto o servicio y su cálculo debe abarcar todo el ciclo de vida del mismo. Como gases de efecto invernadero, el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel of Climate Change, IPCC), incluye¹: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, SF₆, NF₃, SF₅CF₃, éteres halogenados y otros hidrocarburos no cubiertos por el Protocolo de Montreal.

A nivel universitario, muchas instituciones en todo el mundo están encaminando sus esfuerzos en adoptar iniciativas con el objetivo de reducir las emisiones, entre ellas: reducción de los consumos energéticos, inversión en energías renovables o el uso de métodos de transporte alternativos.

¹ CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano), N₂O (óxidos de dinitrógeno), HFC (hidrofluorocarburos), SF₆ (Hexafluoruro de Azufre), NF₃ (Trifluoruro de nitrógeno), SF₅CF₃ (pentafluorosulfuro de trifluorometilo)

En el presente artículo se llevará a cabo una revisión del estado del arte sobre el concepto, metodologías y herramientas aplicables al cálculo de la huella de carbono y posteriormente se analizará hasta qué punto las instituciones universitarias la emplean para el cálculo de sus emisiones.

Palabras clave: *Huella de carbono; IPCC; ciclo de vida; universidades.*

1. Introducción

El cambio climático se ha identificado como uno de los máximos retos a los que deben enfrentarse las naciones, los gobiernos, las industrias y los ciudadanos en las próximas décadas. Supone una alteración del equilibrio en la naturaleza que tiene implicaciones tanto para los humanos como para los sistemas naturales y, aunque no se conocen todavía con exactitud sus consecuencias, los científicos aseguran que puede originar cambios en el uso de recursos, pero también en la producción y la actividad económica (IPCC, 2007).

La **Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático** (UNFCC, United Nations Framework Convention on Climate Change), en el Artículo 1, párrafo 2, define el cambio climático como *“un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”*.

Es un hecho científico que una de las causas de que el clima global esté siendo alterado significativamente, es el aumento de concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) provocado principalmente por las sociedades industrializadas (IPCC, 2006), ya que estos gases captan la radiación infrarroja dando lugar al llamado *Calentamiento Global*.

Con la intención de investigar las causas del cambio climático, sus consecuencias y las posibles medidas para hacerle frente, se estableció en el año 1988 el **Panel Intergubernamental del Cambio Climático** (IPCC, The Intergovernmental Panel on Climate Change) por la *Organización Meteorológica Mundial* (WMO, World Meteorological Organization) y el *Programa Ambiental de las Naciones Unidas* (UNEP, United Nations Environment Programme).

El **Protocolo de Kioto** es otro instrumento importante destinado a luchar contra el cambio climático. Con entrada en vigor el 16 de febrero de 2005, es un acuerdo internacional vinculado a las Naciones Unidas, cuya principal característica es que establece objetivos vinculantes para 37 países industrializados y la Comunidad Europea con el fin de lograr reducir los GEI, medidos en unidades de equivalencia de dióxido de carbono, en una media del 5,2% para 2012 respecto a los valores de 1990.

A mediados de este siglo, si la comunidad internacional no logra un acuerdo eficaz para mitigar al menos a la mitad y antes del año 2025 las emisiones globales de CO₂ actuales (alrededor de los 50 mil millones de toneladas por año), el cambio climático antropogénico generará según el *IV Informe de Evaluación del IPCC* (IPCC, 2007): un aumento de los gastos de la economía global que ha estimado podrían alcanzar hasta el 20% del Producto Interno Bruto mundial, un aumento en la temperatura de hasta 4°C y un aumento de entre el 25% y el 90% de toneladas de CO₂ emitidas al año.

Hay un nivel de coincidencia alto y abundante evidencia de que el establecimiento de una respuesta mundial al cambio climático, el estímulo de toda una serie de políticas nacionales y la creación de un mercado internacional del carbono y de nuevos mecanismos institucionales, son las bases fundamentales para afrontar los esfuerzos de mitigación y corregir la tendencia actual de emisiones.

Desde el ámbito científico se han ido desarrollando y aplicando diversas herramientas para la estimación de emisiones, para el calibrado del impacto colectivo sobre el planeta y para la evaluación de la viabilidad o sostenibilidad futura de las actividades industriales o de servicio. Algunas en concreto se han ido focalizando para ser usadas en la evaluación del impacto de las emisiones de CO₂, entre las que cabe destacar el *Análisis de Ciclo de Vida* (ACV), la *Huella Ecológica* (HE) o la *Huella de Carbono* (HC), las cuales se comentan en el siguiente apartado.

2. La Huella de Carbono, la huella ecológica y el análisis del ciclo de vida

El concepto de huella de carbono surge de dos conceptos utilizados desde hace años como son la huella ecológica y el análisis de ciclo de vida.

- 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” (GFN, 2008). Utilizada habitualmente para regiones o países, en anteriores trabajos se ha constatado que dicho indicador podía utilizarse también en empresas y en cualquier tipo de organización. (Domenech, 2006).
- Análisis de Ciclo de Vida: Es una herramienta metodológica que trata los aspectos ambientales e impactos ambientales potenciales, recopilando y evaluando las entradas y salidas a lo largo de todo el ciclo de vida de un producto o servicio, el uso de recursos y las consecuencias ambientales de las emisiones para cada categoría de impacto, por ejemplo: calentamiento global, consumo de recursos energéticos, reducción de la capa de ozono, eutrofización, acidificación, consumo de materias primas, etc. (ISO, 2006). Como metodología de evaluación, suelen emplearse los *Ecoindicadores*, que expresan la carga ambiental total de un producto mediante una puntuación única, y se rige por las normas *UNE-EN ISO 14040:2006* y *UNE-EN ISO 14044:2006* (ISO, 2006a; ISO 2006b)

Así pues, la Huella de Carbono surge del concepto de HE de la cual podría decirse que es un subconjunto, con la diferencia de que ésta mide la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) que contribuyen al calentamiento global (siendo este último uno de los cambios que sufre actualmente el clima) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto a lo largo de su vida útil, para después convertir los resultados individuales de cada gas a equivalentes de CO₂. Por ello el término correcto sería HC equivalente o emisiones de CO₂ equivalentes, aunque en la práctica y por comodidad se utiliza simplemente el término *Carbono*. Además, también se puede considerar que la HC es una versión simplificada de un ACV en el que, en lugar de considerar varias categorías de impacto ambiental al mismo tiempo, se considera únicamente la categoría de impacto relativa al Calentamiento Global (IHOBE, 2009).

Debido a la importancia que en la actualidad está cobrando la problemática ambiental asociada al calentamiento global, diversas asociaciones y administraciones han desarrollado bases de datos y metodologías específicas para la medición de las emisiones de GEI y el cálculo de la HC, con el fin de poder identificar los planes de acción adecuados y certificar el cumplimiento de las exigencias de Kioto.

Dicha cuantificación puede realizarse para un territorio o país, pero también a nivel de empresa, producto o servicio, de modo que puedan conocerse las emisiones propias de la actividad y poder abordar así el problema desde la raíz. Para este alcance, existen metodologías tanto de carácter obligatorio, como la que establece la *Directiva 2003/87/CE en relación al Régimen Europeo de Derechos de Emisión de GEI* para empresas, como de carácter voluntario, de las cuales, las más difundidas e implementadas se citan a continuación:

- *Panel intergubernamental sobre el cambio climático* (IPCC), creada por la WMO y el UNEP (IPCC, 2006).
- *Greenhouse Gas Protocol* (GHG Protocol), creada por el World Resources Institute y el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD, 2004).
- *PAS 2050:2008 Assessing The Life Cycle Greenhouse Gas Emissions Of Goods And Services* (BSI, 2008) y *PAS 2050: How to assess the carbon footprint of goods and services* (Carbon Trust, 2008), creadas por la BSI British Standards, la Carbon Trust y el DEFRA - Department for Environment, Food and Rural Affairs.

En cuanto a la normalización de las mediciones de la HC y emisiones GEI, las normas *UNE-EN ISO 14064:2006*– partes 1, 2 y 3 (ISO, 2006c; ISO, 2006d; ISO, 2006e)– y *UNE-EN ISO 14065:2007* (ISO, 2007) ofrecen las especificaciones con orientación a nivel de las organizaciones y de proyecto, para la cuantificación, seguimiento e informe de emisiones y remociones de GEI, así como para la validación y verificación de declaraciones de los mismos, y los requisitos necesarios para que los organismos puedan usar dichas declaraciones en acreditaciones u otras formas de reconocimiento.

Actualmente se encuentran en proceso de desarrollo las normas *ISO 14066 Green House Gases- Competence Requirements For Conducting Greenhouse Gas Validation And Verification Engagements With Guidance For Evaluation*, *ISO 1067 Carbon Footprint Of Products* y la *ISO/AWI 14069 GHG- Cuantification And Reporting Of GHG Emissions For Organizations (Carbonfootprint Of Organization)- Guidance For The Application Of ISO 14064-1*, en las que se aportarán especificaciones no contempladas en las anteriores sobre acreditación de organismos de validación/verificación de GEI, la cuantificación de HC para productos, o las directrices básicas de aplicación de la ISO 14064.

3. Casos de Estudio: Emisiones producidas por una Universidad

La preocupación sobre el cambio climático ha existido en la universidad y los campus universitarios durante décadas. Sin embargo, es sólo en los últimos años que las instituciones de educación superior han reconocido este problema como propio y comenzado a tomar acciones al respecto, realizando ACV, midiendo su HC o su HE o, simplemente, estableciendo planes de mejora de la gestión medioambiental con el objetivo de reducir al mínimo sus emisiones.

Las instituciones de educación superior son las formadoras de la sociedad del futuro, por eso deberían ser las primeras en establecer sistemas de gestión ambiental que permitan a sus estudiantes aprender con el ejemplo y ser capaces de catalizar la acción social sobre el calentamiento global. Además, ninguna otra institución en la sociedad tiene la influencia y la diversidad de las habilidades requeridas para revertir esta cuestión crítica.

Algunas universidades se han agrupado en redes como la *Organización Internacional de Universidades por el Desarrollo Sostenible y el Medio Ambiente* (OIUDSMA). Otras han buscado asesoramiento técnico y apoyo estratégico en asociaciones como la *Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education* (AASHE) (Kinsley, 2009) o la *Carbon Trust* con su programa específico *Higher Education Carbon Management* (HECM), con propósito de convertirse en una universidad carbono neutral, es decir, ser neutra o tener compensadas sus emisiones de carbono.

A continuación, se expone de manera resumida algunos estudios sobre HC realizados por universidades de todo el mundo, dirigidos a reforzar su compromiso con el medio ambiente.

3.1 América

Los países Latinoamericanos no superan la media internacional de toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera mientras que los Estados Unidos es uno de los países que lideran en el ranking con mayor cantidad de emisiones (Global Footprint Network, 2009). Sin embargo, actualmente es en América donde mayor aceptación tiene la determinación de la huella de carbono en el intento de alcanzar una institución cada vez más sostenible.

Con el fin de idear un plan de acción para convertirse en carbono neutral, la **Universidad de Pennsylvania** presentó el proyecto titulado “University of Pennsylvania Carbon Footprint” (TCCCBSES, 2007), que destaca por realizar un inventario completo de todas las emisiones de GEI producidas y determinar la huella de carbono correspondiente, abarcando la totalidad del campus, esto es, 141 edificios y 40000 miembros, como alcance del estudio. Además, el cómputo de emisiones no se restringe a un año base, sino que estudia la evolución desde el año 1990 hasta el 2006, y prevé los valores que pueden llegar a alcanzarse hasta el 2020 en caso de no tomar medidas al respecto, todo ello comparado con su meta en el compromiso de Kioto.

Cumpliendo con los términos iniciales de la AASHE y asumiendo los valores de equivalencias asignados por la IPCC, el estudio determina las toneladas de CO₂ resultado del uso de la energía, la movilidad de su comunidad, fertilizantes en jardinería y los distintos tratamientos posibles para los residuos sólidos (escenarios de incineración y vertedero). Destacar también que los resultados se expresan igualmente referidos por m² de superficie y edificio, y por miembros de la universidad, diferenciando entre personal y estudiantes.

Por último, plantea un plan de acción de reducción de los focos más contaminantes, orientado hacia la mejora de la eficiencia y la compensación de emisiones para aquellas que no pueden ser evitadas.

Otro ejemplo de institución también respaldada por la AASHE que determina su huella de carbono es la **Escuela de Middlebury**, en Vermont, con el proyecto “Carbon Neutrality at Middlebury College: A Compilation of Potential Objectives and Strategies to Minimize Campus Climate Impact” (Hanley et al., 2003).

En este caso, se asume que las principales fuentes de contaminación son la calefacción, la electricidad, el uso de combustibles en los diversos medios de transporte y los residuos sólidos generados en el día a día, para centrarse en el análisis de estrategias alternativas que reduzcan el nivel de toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera en el desarrollo de las actividades propias del campus.

Acciones tales como el ajuste óptimo del termostato, sustitución de ventanas por otras con mayor capacidad aislante, el cambio de duchas por otras que proporcionen menor flujo, el uso de combustibles limpios o incluso la iniciativa de optar por vehículos eléctricos, son algunas de las propuestas analizadas. Señalar que, de cada una de ellas, además de calcular la magnitud de reducción de toneladas de CO₂ que podría lograrse, también desarrolla un estudio de viabilidad acerca de la puesta en marcha, costes y beneficios asociados, con el fin de realizar un balance general y determinar objetivamente qué estrategias son las más adecuadas.

La **Universidad de Yale** (Yale University, 2009), la **Universidad de Oregon** (Oregon University, 2007), la **Universidad de Georgetown** (Georgetown University, 2009), la **Universidad de Tulane**, la **Universidad de Colorado** (Kinsley et al., 2009), la **Universidad del Estado de Portland**, la **Universidad de Adolfo Ibañez** o la **Universidad Católica de Chile**, son otros ejemplos de universidades americanas comprometidas con el medio ambiente, que han realizado estudios similares con el objetivo de reducir en la medida de lo

posible sus emisiones y acercarse cada vez más al concepto de universidad carbono neutral.

3.2 Europa

Son numerosas las universidades europeas preocupadas por desarrollar proyectos orientados a conseguir una mayor sostenibilidad, y cada vez más están integrando la idea de convertirse en carbono neutral para alcanzar dicho objetivo.

En Escocia, la **Universidad de Strathclyde**, al igual que los casos anteriores, también ha llevado a cabo la medida de la huella de carbono con el estudio “Carbon Footprint of the University of Strathclyde” (Strachan, 2005), pero esta vez basándose en el programa HECM proporcionado por Carbon Trust, y dejando los límites del sistema restringidos únicamente a la residencia de estudiantes del campus.

En él se registran las emisiones de CO₂ producidas desde el año 1999 hasta el 2005 correspondientes al consumo de energía y transporte y desplazamientos, y son contrastadas con las generadas por otras nueve residencias.

Este proyecto guarda un especial interés por el hecho de incluir además, un análisis de sensibilidad en el que analiza los efectos que supondría la sustitución total de los medios reales de transporte en los viajes nacionales, por el del transporte en autobús, metro, o automóviles diesel y gasolina.

La **Universidad de Cranfield** (Carbon Trust, 2009), la **University of Sussex** (Carbon Trust, 2007b) o la **University of Cambridge** (Carbon Trust, 2007a), son algunas de las más de 40 universidades que bajo el programa HECM han llevado a cabo estudios buscando la reducción de sus emisiones de carbono.

Sin embargo, los proyectos señalados hasta el momento, no incluyen en sus estudios ítems como la construcción/demolición de los edificios o ciertos parámetros que, si bien no representan los mayores porcentajes de contribución al aumento de las emisiones liberadas, es conveniente tenerlos en cuenta por su elevado consumo o frecuencia de uso en las actividades diarias de una universidad, esto es, el papel, el agua, botellas de polietileno tereftalato (PET) o la limpieza y mantenimiento del edificio.

En este sentido, en Eslovenia, la **Universidad de Maribor** con la publicación “Towards Greening a University Campus: The Case of the University of Maribor, Slovenia” (Lukman, 2009) presenta los resultados obtenidos en el ACV realizado del departamento de ingeniería (siete facultades en total), en el que considera como fuentes de emisiones objeto de estudio los parámetros anteriormente citados y la energía necesaria para cubrir consumos de electricidad y calefacción/aire acondicionado durante un año.

Así pues, basándose en los requisitos y directrices establecidos por la normas UNE- EN ISO 14040 y 14044, precisa la contribución de cada parámetro a las diferentes categorías de impacto, resultando el calentamiento global la más afectada, con una diferencia en los valores normalizados de toneladas anuales frente al resto, de más de un orden de magnitud. Este hecho justifica la realización de un proyecto que determine la huella de carbono en lugar de un ACV para el estudio de emisiones de una universidad.

En lo concerniente a las botellas de PET, otorga especial importancia a los posibles tratamientos y realiza un análisis pormenorizado de cuál es la combinación entre reciclaje, incineración con recuperación de energía y vertido, que menos contribuye negativamente al medioambiente.

En España, otra universidad que califica de significativo, en el estudio del impacto de sus servicios, el consumo de papel y las emisiones asociadas al edificio–construcción y mantenimiento– además de la energía y el transporte, es la **Escuela Universitaria**

Politécnica de Manresa. En el proyecto titulado “La petjada ecològica de la EUPM” (Busquets et al., 2002), dicha universidad determina su huella ecológica, utilizando como metodología de evaluación la establecida por la IPCC y como indicador base el número de kilogramos de CO₂ emitidos a la atmósfera. También estima de forma aproximada, el impacto derivado de la actividad profesional de sus titulados, para plantear cual es el potencial de prevención del deterioro ambiental que pueden promover los ingenieros.

Por otro lado, la **Universidad de Santiago de Compostela**, también concienciada con la importancia de realizar aportaciones locales a la sostenibilidad global, ha presentado una “Memoria de Responsabilidad Social” (Universidad de Santiago de Compostela, 2007) en la que parte de la determinación de la HE del campus, para concretar las acciones necesarias a instituir, y obtener así las certificaciones y acreditaciones que evalúen las buenas prácticas llevadas a cabo en materia ambiental.

La **Universidad de Navarra** no ha desarrollado un proyecto para medir su HC o su HE, pero si que asume el objetivo de lograr un campus libre de CO₂ y plantea un sistema de gestión ambiental con soluciones estratégicas y técnicas en distintos ámbitos, en el que reúne reducir la contaminación del entorno, ahorro y eficiencia energética, uso adecuado del agua y el aire, ordenación del tráfico rodado y peatonal, potenciación del transporte alternativo y mejora de la gestión ambiental en el conjunto de sus instalaciones (Universidad de Navarra, 2009).

Por ultimo, la **Universidad Politécnica de Valencia**, ha sido una de las primeras universidades españolas en certificarse a través de la Norma UNE-EN ISO 14001 y también a través del reglamento EMAS, demostrando una posición activa a favor de la sostenibilidad y el medio ambiente. Además, en 2009 se presentó en el campus de Alcoy un proyecto fin de carrera (Belda, 2009) en el que se analizaba la huella ecológica de dicho campus. Y en la actualidad, en el campus de Vera, el grupo ID&EA (Integración del Diseño y Evaluación Ambiental) está llevando a cabo un proyecto en el que se determinará la huella de carbono del campus y en base a los resultados obtenidos, se plantearán las acciones oportunas para compensar y reducir en la medida de lo posible sus emisiones de CO₂.

3.3 Oceanía

Australia es uno de los países en donde más tiende la actitud general al comportamiento respetuoso con el medio ambiente. Sin embargo, no se han encontrado muchos estudios de universidades que hayan impulsado esa sensibilidad hacia el análisis cualitativo y cuantitativo de su impacto.

La **Facultad de Ingeniería y Topografía de la Universidad del Sur de Queensland**, publicó un documento, “The Environmental Impact of Engineering Education in Australia” (Parsons, 2008) en el que resume el ACV y la determinación de la huella ecológica de la facultad de Ingeniería y Topografía.

Siguiendo la metodología de evaluación con el ecoindicador 99, determina las repercusiones sobre las diferentes categorías contempladas en el ACV, consecuencia del uso de la energía y el transporte, y el impacto que implicaría la construcción de un nuevo edificio. Además de medir las cargas totales para cada categoría, también estima qué emisiones son atribuibles exclusivamente a los estudiantes y determina su huella ecológica. Mencionar que tiene en cuenta aspectos no considerados hasta ahora, y que están directamente relacionados con los estudiantes, como el uso de ordenadores o consumibles (bolígrafos y libros) por lo que la huella ecológica determinada por estudiante, es más precisa que en otros estudios similares.

4. Conclusiones

A lo largo del presente artículo se ha hecho un recorrido por diversos aspectos relacionados con el calentamiento global y la huella de carbono: organismos y asociaciones encargados de investigar sus causas, consecuencias y medidas correctoras posibles, las metodologías y herramientas más útiles para la cuantificación y una recopilación de diferentes estudios realizados por universidades de todo el mundo. Haciendo una síntesis de lo tratado, se pueden extraer las siguientes conclusiones.

- Cada vez son más las universidades a nivel internacional volcadas con la idea de mitigar sus emisiones y reforzar su compromiso con el medio ambiente. Aunque cabe destacar que no se ha encontrado información al respecto de universidades asiáticas.
- El ACV, la HE y la HC son herramientas útiles para la cuantificación de sus emisiones y admiten un amplio margen de posibilidades de enfoque del estudio en función de cuál sea el objeto de análisis: emisiones producidas por los miembros, edificios, consumos totales, etc., a lo largo de un año o un periodo de tiempo.
- En el ámbito de las instituciones de educación superior, el calentamiento global es la categoría de impacto que más se ve afectada por el desarrollo de sus actividades.
- El consumo de energía eléctrica es la actividad que mayor cantidad de toneladas de CO₂ lleva asociadas y por tanto sobre él deberían centrarse las propuestas de mejora.

5. Referencias

- Belda, S. (2009). *Estudio de la huella ecológica en el campus de Alcoy de la UPV*. Proyecto fin de carrera. Universidad Politécnica de Valencia. Alcoy.
- BSI (2008). *PAS 2050:2008 - Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services*. BSI British Standards, Carbon Trust y DEFRA. Londres.
- Busquets, P. et al. (2002). *Aproximación a la huella ecológica de la Escuela Universitaria Politécnica de Manresa (UPC)*. Barcelona.
- Carbon Trust (2007a). *Carbon management case study - University of Cambridge (CTS035)*. Carbon Trust. Londres. Obtenido en Marzo de 2010 de: <http://www.carbontrust.co.uk/Publications/pages/publicationdetail.aspx?id=CTS035>
- Carbon Trust (2007b). *Carbon management case study - University of Sussex (CTS036)*. Carbon Trust. Londres. Obtenido en Marzo de 2010 de: <http://www.carbontrust.co.uk/publications/pages/publicationdetail.aspx?id=CTS036>
- Carbon Trust (2008). *PAS 2050: How to assess the carbon footprint of goods and services*. Carbon Trust, DEFRA y BSI British Standards. Londres.
- Carbon Trust (2009). *Halving the carbon footprint of postgraduate education (CTS140)*. Carbon Trust. Londres. Obtenido en Marzo de 2010 de: http://www.carbontrust.co.uk/sitecollectiondocuments/case%20studies/public%20sector/cn%20sol%20cm_cranfield%20university_cts140_1009.pdf
- Doménech, J.L. (2007). *Huella ecológica y desarrollo sostenible*. AENOR ediciones. Madrid.
- Georgetown University (2009). *Carbon footprint and greenhouse gas emission inventory Georgetown University – FY 2006 through FY 2009*. Washington. Obtenido en Marzo de 2010 de: <http://sustainability.georgetown.edu/initiatives/carbonfootprint/>

- GFN (2008). *A time for change: Global footprint network 2008 annual report*. Oakland. Global Footprint Network.
- Hanley, J.P. et al. (2003) *Carbon neutrality at Middlebury College: A compilation of potential objectives and strategies to minimize campus climate impact*. Universidad de Middlebury. Obtenido en Marzo de 2010 de: http://community.middlebury.edu/~cneutral/es010_report.pdf
- IHOBE (2009). *Análisis de ciclo de vida y huella de carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto*. IHOBE - Sociedad Pública de Gestión Ambiental Bilbao.
- IPCC (2006). *2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. Ginebra.
- IPCC (2007). *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC. Ginebra.
- ISO (2006a). *ISO 14040:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. International Organization for Standardization. Ginebra.
- ISO (2006b). *ISO 14044:2006. Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. International Organization for Standardization. Ginebra.
- ISO (2006c). *ISO 14064-1:2006 Greenhouse gases -- Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. International Organization for Standardization. Ginebra.
- ISO (2006d). *ISO 14064-2:2006 Greenhouse gases -- Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements*. International Organization for Standardization. Ginebra.
- ISO (2006e). *ISO 14064-3:2006 Greenhouse gases -- Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions*. International Organization for Standardization. Ginebra.
- ISO (2007). *ISO 14065:2007 Greenhouse gases -- Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies for use in accreditation or other forms of recognition*. International Organization for Standardization. Ginebra.
- Kinsley, M. et al. (2009). *Accelerating campus climate initiatives*. AASHE. Colorado.
- Lukman, R. (2009). *Towards greening a university campus: The case of the University of Maribor, Slovenia*. Resources, Conservation and Recycling. Volume 53, Issue 11, pp. 639-644.
- Oregon University (2007). *Oregon University System. Greenhouse gas inventory. GHG emissions for the 2004 Calendar Year: Report And Analysis*. Universidad de Oregon. Obtenido en Marzo de 2010 de: http://www.ous.edu/dept/capcon/files/OUS_GHG_Inventory-July2007.pdf
- Parsons, D. (2009). *The environmental impact of engineering education in Australia*. International Journal of Life Cycle Assessment, 14 (2). pp. 175-183.
- Strachan, P. (2005). *Carbon footprint of the university of Strathclyde*. Glasgow.

- TCCCBSES (2007). *University of Pennsylvania carbon footprint*. TC Chan Center for Building Simulation & Energy Studies (TCCCBSES). PennPraxis, Universidad de Pensilvania. Obtenido en Marzo de 2010 de: <http://www.aashe.org/documents/resources/PennGreenhouseGasReport.pdf>
- Universidad de Navarra (2009). *Proyecto Universidad de Navarra-Horizonte 2015: Campus socialmente integrado y sostenible*. Pamplona. Obtenido en Marzo de 2010 de: <http://www.unav.es/informacion/noticias/un-campus-socialmente-integrado-y-sostenible>
- Universidad de Santiago de Compostela (2007). *Memoria de responsabilidad social 2006-2007 de la Universidad de Santiago de Compostela*. Obtenido en Marzo de 2010 de: <http://www.usc.es/~calidade/memoria/0702.html>
- UPV (2009). Área de Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia. Obtenido en Marzo de 2010 de: <http://www.upv.es/entidades/AMAPUOC>
- WBCSD (2004). *The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting Standard*. World Business Council for Sustainable Development-WBCSD y World Resources Institute. Washington.
- Yale University (2009). *Yale's greenhouse gas reduction strategy*. Universidad de Yale. Connecticut. Obtenido en Marzo de 2010 de: http://www.yale.edu/sustainability/greenhouse_fin1.pdf

Agradecimientos

Los resultados que se presentan en este artículo son parte del trabajo realizado en el proyecto “*Propuesta de una metodología para el cálculo de la Huella Ecológica y la Huella de Carbono en una Universidad. Aplicación a la Universidad Politécnica de Valencia*”, financiado dentro de la convocatoria 2010-11 del Programa de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la U.P.V. (PAID-05-10).

Correspondencia (Para más información contacte con):

Rosario Viñoles Cebolla. Universidad Politécnica de Valencia. Dpto. Proyectos de Ingeniería. Grupo ID&EA.
Phone: + 34 96 387 70 00 Ext. 75659
Fax: + 34 96 387 98 69
E-mail : rovice@dpi.upv.es
URL : <http://idea.dpi.upv.es>