

RECICLAJE DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN ARGENTINA

RECYCLING OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES IN ARGENTINA

C. Altamira¹, M.E. Sosa¹, C. Zega^{2,3}

¹ LEMAC, Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional La Plata ingmesosa@gmail.com

²Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT), CICPBA. Calle 52 e/121 y 122. (1900) La Plata. Buenos Aires. Argentina. hormigones@lemit.gov.ar.

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Argentina.

RESUMEN

La creciente conciencia medioambiental y los cada vez más escasos recursos naturales obligan a la migración de una economía lineal, basada en generar, consumir y descartar, a una circular donde los desechos pasen a integrar parte de la materia prima necesaria para los procesos de generación. Los esfuerzos en materia ambiental no resultan suficientes para mitigar el daño al ecosistema. Resulta necesario entonces un compromiso conjunto para abordar la temática entre todos los sectores involucrados. En particular los residuos de la construcción y demolición (RCD) han demostrado un gran potencial de reutilización en países con políticas claras y eficientes. Esto no sólo contribuye a mitigar el impacto ambiental de la industria de la construcción, sino que una gran cantidad de países han generado una economía secundaria al crear cooperativas que se ocupan de la clasificación y comercialización de los RCD. En nuestro país hay un fuerte vacío legal sobre la temática, no se disponen de estadísticas y los esfuerzos realizados son aislados. Es tiempo de tomar conciencia de la necesidad de realizar un uso inteligente de los recursos disponibles. Un análisis de la situación actual en Argentina respecto del tratamiento de los RCD desde el punto de vista normativo, ejemplos de la actividad (casos de estudios) y perspectivas a futuro de la gestión y valorización de los RCD son incluidos en este trabajo.

Palabras clave: Residuos de la construcción y demolición, reciclaje, medio ambiente

ABSTRACT

The growing environmental awareness and the increasingly scarce natural resources become neediness the migration of a linear economy, based on generating, consuming and discarding, to a circular one where the waste integrate part of the raw material necessary for the generation processes. Efforts in environmental matters are not enough to mitigate the ecosystem damage. Therefore, it is necessary the compromise among all the sectors involved. In particular, in countries with clear and efficient environmental policies, construction and demolition waste (C&DW) has shown great potential for its reuse. This helps to mitigate the environmental impact of the construction industry, but a large number of countries have generated a secondary economy by creating cooperatives that deal with the classification and commercialization of the C&DWs. In our country there is no legislation on the subject, statistics are not available and the efforts made are isolated. It is time to become aware of the need to make intelligent use of available resources. In this work it is presented an analysis of the current situation in Argentina regarding the treatment of the C&DW from the normative point of view, examples of the activity (case studies) and future perspectives of the management and valorization of the C&DW.

Keywords: *Construction and demolition waste, recycling, environment*

INTRODUCCIÓN

En el año 1972 un informe del MIT (Massachusetts Institute of Technology) [1] hacía referencia a la urgente necesidad de hacer frente a la problemática del agotamiento de las materias primas y la incapacidad del ecosistema terrestre de recuperarse de los daños ocasionados, que hasta esa fecha no se habían abordado. En la actualidad (46 años después), si bien existe una generalizada conciencia medioambiental, las conclusiones en cuanto a la urgencia de la situación continúan vigentes. El crecimiento poblacional de manera exponencial desde la mencionada fecha (Figura 1) implícitamente involucra el crecimiento en infraestructura y consecuentemente el del empleo de recursos naturales no renovables.

Estos hechos agravan aún más la situación, que ya en 1972 se describía como crítica. Desde entonces diferentes organizaciones gubernamentales y no gubernamentales han puesto el foco en la cuestión medioambiental. En tal sentido, desde el informe Brundtland en el año 1987 [3] y la definición que en él se hace de sustentabilidad, como “Aquel desarrollo que nos permite atender las necesidades del mundo actual sin dilapidar los recursos de las generaciones futuras”, dicho termino comenzó a utilizarse masivamente en

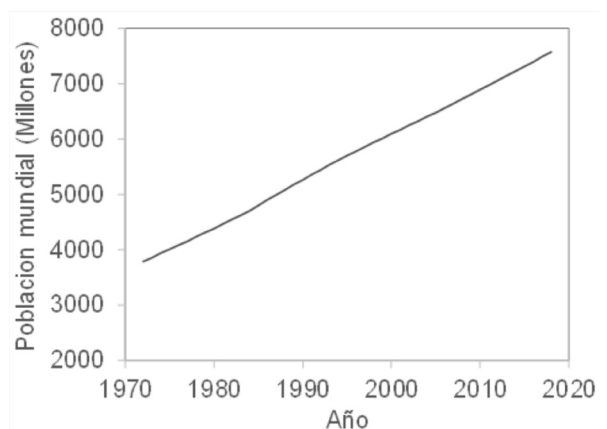


Figura 1. Crecimiento poblacional. Adaptado de Global Footprint Network 2014 [2].

la última década y es una de las temáticas más abordadas a nivel mundial. Sin embargo, el uso masivo del término contrasta con los resultados obtenidos en materia medioambiental. En tal sentido, la organización Global Footprint Network [2] estima el déficit ambiental del planeta. Para ello contrasta la biocapacidad (definida como la capacidad de regeneración planetaria de hectáreas biológicamente productivas de generar un abastecimiento regular de recursos y de absorber los desechos resultantes de su consumo) con

la huella ambiental producida en el planeta (se calcula considerando distintos factores como la producción de gas carbónico, las superficies construidas, las superficies forestadas, etc.). En la Figura 2 se presenta la evolución de ambos parámetros hasta el año 2014.

El déficit es sólo uno de los indicadores de los deficientes resultados obtenidos en materia ambiental. Otros indicadores como la producción de gases de efecto invernadero (Figura 3) o el consumo energético siguen creciendo año a año, según informes de la ONU.

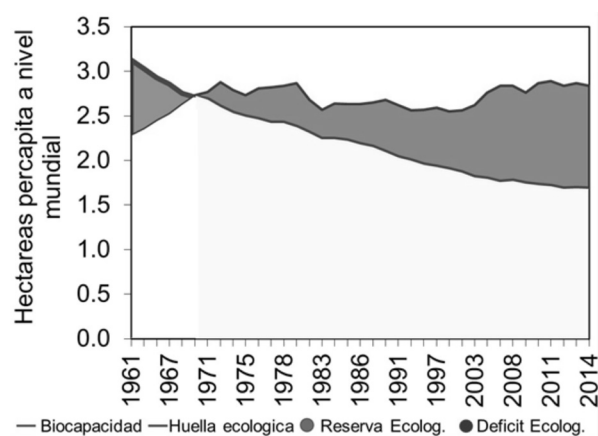


Figura 2. Crecimiento poblacional. Adaptado de Global Footprint Network 2014 [2].

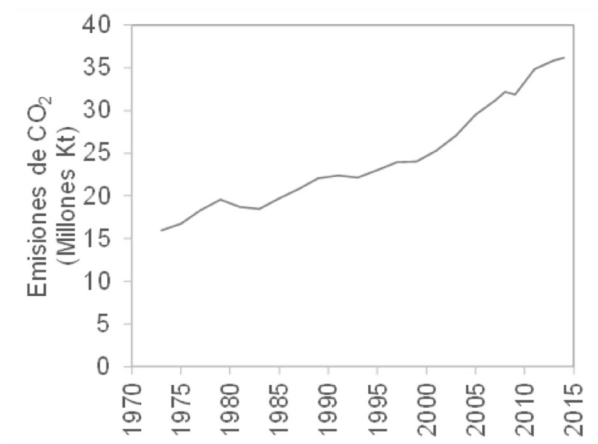


Figura 3. Emisiones de gas carbónico [4].

La emisión de estos gases no es la única causa que genera contaminación. Los desechos de toda índole (industriales, textiles, domiciliarios, etc.) que no son tratados o dispuestos de manera eficientes generan también un gran pasivo ambiental. De manera ilustrativa, la Figura 4.a-c) da cuenta de las consecuencias de la disposición y tratamiento inadecuado de distintos desechos. En a) se presenta el denominado “continente de plástico o isla de la basura” el cual es una zona del océano pacífico cubierta con desechos de todo tipo. Se estima que esta zona tiene una superficie de alrededor de 15.000.000 km², proviniendo el 80% de los residuos que integran dicha área del continente terrestre y el 20% de los barcos [5]. Otras zonas similares se han descubierto también en el océano pacífico [6]. Las distintas zonas de acumulación de basura en distintos puntos del planeta se deben a las corrientes marinas. Una particularidad observada en estos “basureros marinos” es que la mayor parte de los residuos son plásticos. La magnitud de esta contaminación sobre el ecosistema marino es aún inmensurable.

La Figura 4.b) exhibe el incendio de un vertedero de neumáticos en Canadá en el año 1990, el cual ardió durante 17 días antes que los bomberos pudieran controlar el fuego. Los humos generados por la quema de neumáticos son altamente tóxicos para la salud humana, los incendios de vertederos siguen siendo una realidad de nuestros días aun cuando la potencialidad de su reutilización es de las más altas entre los distintos tipos de residuos generados [7].

La última imagen 4.c) ilustra la masividad del uso de barbijos debido a la polución ambiental en Hong Kong. En esta región y en casi la totalidad del territorio chino las lluvias ácidas son un grave problema ambiental [8]. Este tipo de lluvias también son habituales en ciertas regiones de India, Japón, España, Canadá, Reino Unido y Holanda entre otros.



Figura 4. Consecuencias de la disposición y gestión inadecuada de residuos.

Si bien estas fotografías pueden interpretarse como hechos aislados, en el año 2017 informes de la Organización Mundial de la Salud [9] indican que el 25% de las muertes de niños menores a 5 años se producen por causas asociadas a la contaminación. Para revertir esta situación de crisis ambiental y generar un progreso tangible, es necesario avanzar en forma consistente en cuatro aspectos: técnico, normativo, de gestión y de acuerdo político.

En la industria de la construcción en particular la búsqueda de la sustentabilidad tiene tres ejes de acción concretos con foco en el ahorro del consumo energético durante la vida en servicio, el reemplazo de recursos no renovables por otros renovables o la reutilización de residuos, y el incremento de la vida útil de las estructuras [10].

El concepto de sustentabilidad implica necesariamente migrar del paradigma actual de economía lineal, basado en extraer-producir-consumir-descartar, a uno de economía circular cuyo objetivo final es, desde la concepción del proyecto, planificar un sistema que permita un eficiente uso de los recursos, donde estos sean reutilizados una y otra vez acabada su vida útil tradicional [11].

La reutilización de residuos no sólo constituye una respuesta racional en la mejora de la gestión ambiental de la actividad industrial, sino una necesidad que puede aparejar beneficios

económicos [12]. En tanto que, cuanto mayor sea la durabilidad del material, menor será el tiempo y recursos que requiere su mantenimiento. Desde un enfoque ingenieril, las soluciones que pueden plantearse deben incluir necesariamente un valor agregado que convierta al desecho en un subproducto.

La construcción sustentable requiere la incorporación de criterios medioambientales desde la concepción del proyecto, en la manera de construir, mantener y “desconstruir” las obras. En tal sentido resulta necesaria una clasificación de los residuos mediante demolición selectiva a fin de separar los distintos tipos de materiales que la integran. Esto permite un mayor control de los materiales producidos a la vez que aumenta las posibilidades de reciclado.

En un gran número de países las estimaciones reflejan que entre el 25 y el 40% del total de residuos sólidos producidos son RCD [13-15]. En la Argentina no existen estadísticas fiables respecto a la generación y reutilización de los RCD. La falta de estadísticas impide dimensionar la magnitud de los residuos generados. Consecuentemente su clasificación y posible valorización quedan sujetas a casos puntuales y de ningún modo representativos.

En este trabajo se presenta un análisis de la situación actual en Argentina respecto del tratamiento de los

RCD desde el punto de vista normativo, ejemplos de la actividad (casos de estudios) y perspectivas a futuro de la gestión y valorización de los RCD.

Normativa

En nuestro País la clasificación y disposición final de los residuos están legislados por las leyes 25916/1994 y 24051/1991. En el año 2002 se sancionó la Ley 25612 que aún no se encuentra reglamentada. Esta Ley hace mención específica a los RCD. En dichas leyes se clasifican los residuos en residuos no especiales, comúnmente denominados residuos sólidos urbanos (RSU), y residuos especiales, denominados comúnmente residuos peligrosos. Establecen, además, los organismos de control y aplicación y definen la responsabilidad de cada una de las partes intervinientes en la gestión y disposición final de los residuos. Los organismos de aplicación son el ex ministerio de ambiente y desarrollo sustentable de la nación (devenido recientemente a secretaria), los organismos provinciales, los cuales en algunos casos son secretarías o subsecretarías (Pcias. de Jujuy, La Pampa, Catamarca, Córdoba, Entre Ríos, etc.) y en otras provincias ministerios (Formosa, Chaco, Misiones), y organismos específicos pertinentes tales como el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS) en la provincia de Buenos Aires o direcciones generales (Santiago del Estero).

El rol de los organismos de aplicación es dictar y controlar el cumplimiento de los protocolos y normativas para el análisis, acopio, traslado y disposición final de los residuos, especialmente los peligrosos.

Este tipo de residuos son definidos en la ley como aquellos que puedan causar daños, directa o indirectamente, a los seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera, o el ambiente en general. La ley provee además un listado de los residuos peligrosos y las características peligrosas para su clasificación en subcategorías. En esta clasificación no están contemplados

los RCD. Dado que los mismos no cumplen las características provistas en la ley para ser considerados peligrosos, los RCD son desde el punto de vista legal RSU. Sin embargo, este tipo de residuos se encuentra excluido de la recolección formal y son ampliamente gestionados por empresas volqueteras y/o recuperadores urbanos. Consecuentemente, cada municipio es el encargado de la disposición de los RCD y consecuentemente, de brindar el marco regulatorio para la operación de las empresas volqueteras y/o los recuperadores urbanos.

Existen además algunas reparticiones tales como la Dirección Nacional de Vialidad y la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires que poseen Manuales de Gestión Ambiental específicos para obras viales, donde han incluido capítulos referidos a la gestión y reutilización de RCDs. No obstante, es notoria la falta de legislación al respecto, en la mayoría de los municipios el marco regulatorio es inexistente. Sólo unos pocos municipios regulan a las empresas volqueteras en cuanto a su habilitación, el transporte, la disposición final y la responsabilidad por lo vertido. Sin embargo, debe mencionarse que dicha actividad tiene una alta tasa de informalidad. A modo ilustrativo puede mencionarse que en la ciudad de Buenos Aires casi el 100% de las empresas volqueteras carecen de habilitación según datos de la confederación argentina del transporte automotor de cargas.

Además de la alta informalidad que presenta el sector, debe mencionarse que aún en aquellos municipios en que el servicio se encuentra regulado se establece que es la empresa operadora quien debe velar por el contenido vertido. En tal sentido se establece expresamente la prohibición del desecho en los contenedores de residuos orgánicos, siendo la empresa operadora la responsable del control. Esta medida resulta en términos prácticos impracticable por la necesidad de la empresa de contar con personal dispuesto las 24hs para evitar el uso inapropiado de los contenedores.

Otra de las problemáticas es la disposición final del

vertido. En la mayoría de los municipios no existen predios dispuestos a tal efecto, favoreciendo de esta manera el uso de vertederos ilegales con total ausencia de control. En una gran cantidad de municipios los RCD pueden ser dispuestos en los mismos predios que se utilizan para los RSU. Sin embargo, en la mayoría de los casos se cobra una tasa de vertido a las empresas volqueteras. La falta de control y la informalidad del rubro acrecientan la disposición en vertederos ilegales. En adición cabe mencionar que, si bien a priori este tipo de residuos pueden ser considerados inertes, diversos estudios han informado acerca de emisiones gaseosas, principalmente compuestos de sulfuro [16], y contaminación potencial del agua subterránea debido al lixiviado [17]. Además, las grandes superficies ocupadas para su disposición y la falta de control de los vertederos generan un costo económico debido al desperdicio de suelo productivo.

Cabe mencionar que en países con políticas ambientales claras la tasa de vertido ha servido para fomentar eficazmente la industria del reciclaje. A modo de ejemplo puede indicarse que en Holanda desde el año 1997 se prohíbe el vertido de RCD. Ello ha conllevado a que en dicho país la tasa de reciclaje de este tipo de residuos sea del 100%. Otros países como Japón, Bélgica y Luxemburgo tienen tasas de reciclaje similares [18-19]. El contraste en la eficacia que supone la tasa de vertido puede sin duda ser atribuida a la falta de control que existe en nuestro país.

Valorización de los RCD

En la Argentina, las únicas estadísticas disponibles respecto de los RCD provienen del Observatorio Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU). Sin embargo, estas estadísticas son muy poco fidedignas ya que no involucran a las empresas especializadas en el sector (volqueteras) que actúan mayormente de manera informal. Precisamente por esto, en su último informe de gestión GIRSU informa que sólo el 3% del total de los residuos sólidos generados

corresponde a RCD [20]. Este porcentaje contrasta con lo reportado en países que poseen una política de gestión y clasificación de RCD. En China, con una población de 1325 millones de personas en el año 2008, los RCD fueron del 40% del total de los residuos sólidos generados [21]. En Europa los RCD representan el 49% del total de los residuos generados [22]. En Australia, Estados Unidos y Brasil estos porcentajes se encuentran en torno al 30% [23]. Si bien la cantidad de residuos, así como su composición dependen de las condiciones locales, resulta claro que el porcentaje informado por GIRSU subestima la cantidad de RCD generados, ya que sólo considera la fracción generada en las viviendas.

Este tipo de residuos tienen una gran potencialidad de recuperación, existen en la literatura numerosos ejemplos de la viabilidad económica de la reutilización de los RCD en la industria de la construcción [24-27]. Una gran diversidad de países, entre los que pueden mencionarse Bélgica, Dinamarca, España y Japón, han generado una economía secundaria al crear cooperativas que se ocupan de la clasificación y comercialización de los RCD.

Para que estos residuos puedan ser reutilizados en un 100% resulta fundamental su clasificación en origen. Países tales como Brasil, Japón y Estados Unidos, junto con muchos de los integrantes de la Unión Europea, entre muchos otros, cuentan con normativas y reglamentaciones de valorización de los RCD. Estas normativas imponen la demolición selectiva con el fin de separar los distintos tipos de materiales que la integran los RCD.

En la Argentina existen pocos antecedentes que contemplen este tipo de procedimientos. Sin embargo, existen otros modelos de cálculo que permiten la estimación de la cuantificación y composición de los RCD. Estos métodos se inician en la etapa de diseño de las obras y se basan en las cantidades de materiales empleados. Dichos métodos permiten evitar la demolición selectiva, facilitando la separación posterior en vertederos

con capacidad de reciclaje [28-30].

En un estudio de caso Nacional [31] sobre un conjunto habitacional de ocho viviendas (con superficie aproximada de 65 m² cada vivienda) se obtuvo la composición potencial de residuos generada durante el plazo de obra (Figura 5). Es de notar que la mayor cantidad del residuo generado son mezclas (restos de mortero de asiento y revoque).

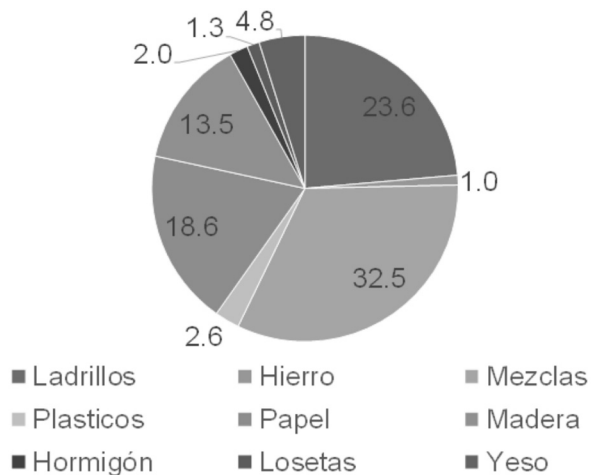


Figura 5. Composición potencial de residuos de obra.

Los datos presentados en la Figura 5 son ilustrativos de los residuos que pueden generarse. La composición variará en cada obra en particular en función del tipo de estructura a ejecutar y/o a demoler, el método constructivo y las características propias del lugar de emplazamiento, hábitos y costumbres de la población, nivel socio-económico, etc.

En los países en que los RCD se gestionan y reutilizan eficientemente los usos habituales comprenden escombros, material de relleno y agregados para distintas mezclas [32]. Existe también dentro de los RCD un porcentaje menor de materiales que no pueden ser utilizados para estos fines, tales como tierra, yeso, metal, madera, papel, plástico, cartón, materia orgánica y vidrio. De estos materiales, algunos pueden ser seleccionados

y reutilizados como envases de papel y cartón, madera, y el mismo vidrio y metal pueden ser recogidos y reutilizados en otras industrias.

El reciclaje de los RCD como fuera mencionado tiene una fuerte implicancia medioambiental, su empleo como agregado supone importantes ventajas ecológicas, dado que disminuye la cantidad de residuo a ser vertido y además disminuye la demanda de agregados naturales que muchas veces son devastados en la actividad de extracción y se encuentran actualmente en franco agotamiento. Otra ventaja ambiental del empleo de los RCD es su reutilización in situ, por cuando disminuyen la necesidad de transporte, lo cual tiene un impacto ambiental favorable a la vez que reduce costos.

Una gran cantidad de países permiten el empleo de RCD triturado como agregado para la elaboración de hormigones estructurales y no estructurales. En la Tabla 1 se recogen la normativa de los países en que los RCD están contemplado como agregado en hormigones.

El empleo de agregados reciclados en el hormigón es un tema fuertemente abordado a nivel internacional desde hace décadas debido a que los mismos pueden ser hasta el 50% del total de los RCD generados [14-15].

Los demás componentes de los RCD también suponen un gran potencial de reutilización. Algunos de los usos que pueden señalarse son recubrimiento de rellenos o construcción de caminos en el relleno sanitario, en obras civiles (vías de acceso en la zona afectada, diques, taludes, etc.). Para conformar un programa de reutilización y reciclaje, es necesaria la evaluación del potencial de reutilización y reciclaje.

Tabla 1. Países con normativa para el uso de RCD en hormigones.

| País | % que permite reemplazar | Resistencia máxima del hormigón en el que serán empleados (MPa) | Limitaciones |
|-----------|--------------------------|---|--|
| Brasil | 100% | 15 | Hormigón no estructural |
| Dinamarca | 20 | 20 | Hormigón emplazado en ambientes no agresivos |
| Holanda | 100 | 25 | --- |
| Japón | 100 | 18 | Hormigón de cimientos |
| Rusia | 50 | 15 | Hormigón no pretensado |
| Suiza | 100 | -- | Hormigón no pretensado |

CONSIDERACIONES FINALES

Existe un vacío legal respecto a la regulación de la gestión y disposición final de los residuos de la construcción y demolición (RCD), ello no sólo dificulta la realización de estudios que contemplen la cuantificación y clasificación de tales residuos, sino que además torna más factible su contaminación. Este hecho a su vez disminuye la potencialidad de su reutilización.

De los 2100 municipios que integran el país sólo unos pocos poseen normativa que regulen la disposición final de los RCD. En aquellos donde tal regulación existe, la falta de controles por parte del estado y la alta tasa de informalidad del

sector contribuyen a la generación de vertederos ilegales, que con el tiempo se convierten en basurales a cielo abierto. En países con políticas ambientales claras y eficiente el cobro de la tasa de vertido, o en algunos casos la prohibición de verter estos residuos, ha logrado un alto porcentaje de reutilización.

El reciclaje de los RCD no sólo contribuye a mitigar el impacto ambiental que genera la industria de la construcción, sino que además es posible generar economías secundarias en base a una red de cooperativas que se encarguen de la clasificación y comercialización de los RCD. Para ello es indispensable la actuación del estado como ente regulador y controlador.

REFERENCIAS

- 1.- Meadows, D.H., Meadows, J.R., Behrens, W.W. (1972). The limits to growth: A report for the club Rome, Project on the predicament mankind. Universe Books ISBN 0-87663-165-0
- 2.- Global Footprint Network. Texto publicado en www.footprintnetwork.org. Último acceso: 22/10/2018.
- 3.- Brundtland, G.H. (1987). Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. ONU.
- 4.- WMO 2017. The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations through 2017. Greenhouse gas bulletin. 14, 1-8.
- 5.- Day, R.H., Shaw, D., Ignell, S.E. (1990). The quantitative distribution and characteristics of neuston plastic in the North Pacific Ocean, 1984-1988. Proceedings of the Second International Conference on

Marine Debris, April 2-7,1989. Honolulu, Hawaii.

6.- Thompson, R., Olsen, I., Mitchel, R., Davis, A., Rowland, S., John, Russell, A. (2004). Lost at Sea: Where is All the Plastic? *Science*, 304, 384.

7.- Ramos, G., Alguacil, F., López, F. (2011). The Recycling of end-of-life-tyres. *Technologica Review. Revista de Metalurgia*, 47 (3), 273-284.

8.- Nagase, Y., Silva, E.C.D. (2007). Acid rain in China and Japan: a game-theoretic analysis. *Regional Science and Urban Economics. Elsevier* 37 (1), 100-120.

9.- OMS (2017). No contaminés mi futuro El impacto de los factores medioambientales en la salud infantil. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

10.- ITEC (1998). Situación actual y perspectiva futura de los residuos de la construcción. Proyecto Life. Dirección General de Medio Ambiente, DGXI – Comisión Europea.

11.- Sánchez, A.B. (2016). Hoja de ruta hacia un modelo sustentable. Informe Técnico sobre la Sustentabilidad en España. Fundación Alternativas. 161p.

12.- Mora, C., Manzini, R., Gamberi, M., Cascini, A. (2014). Environmental and economic assessment for the optimal configuration of a sustainable solid waste collection system: a ‘kerbside’ case study. *Production Planning & Control - The Management of Operations*, 25 (9), 737-761.

13.- CSI (2009). The cement sustainability initiative. recycling concrete: executive summary. Génève: Cement Sustainability Initiative.

14.- Fischer, C., Werger, M. (2009) EU as a recycling society. present recycling levels of municipal waste and construction & demolition waste in the EU. In: ETC/SCP working paper 2/2009. Copenhagen, Denmark.

15.- Sáez, P.V., Merino, M. R., Porras-Amores, C. (2011). Managing construction and demolition (C&D) waste – a European perspective. In: International conference on petroleum and sustainable development, IPCBEE, Dubai, UAE, 27–31.

16.- Lee, S., Xu, Q., Booth, M., Townsend T., Chadik, P., Bitton, G. (2006). Reduced sulfur compounds in gas from construction and demolition debris landfills. *Waste Management*, 26, 526- 533.

17.- Weber, W., Jang, Y., Townsend, T., Laux, S., (2002). Leachate from land disposed residential construction waste. *J. Environ. Eng.* 128 (3), 237-245.

18.- Tam, V.W. (2009). Comparing the implementation of concrete recycling in the Australian and Japanese construction industries. *Journal of Cleaner Production*. 17, 688-702.

19.- Florea, M.V.A., Brouwers, H.J.H. (2014). Activation of liberated concrete fines and their application in mortars. *Construction and Building Materials*, 50, 1-12.

- 20.- Engirsu (2005). Estrategia Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos. República Argentina. Diagnóstico de situación. Secretaria de ambiente y desarrollo sustentable. Ministerio de salud y Ambiente.
- 21.- Li, X. (2008). Recycling and reuse of waste concrete in China: Parte I. Material Behaviour of recycled aggregates concretes. *Resources, Conservation and Recycling*, 53, 36-44.
- 22.- Eurostat (2011). Statistical office of the European Communities. Statics Database.
- 23.- Bossink, B.A.G., Brouwers, H.J.H. (1996). Construction waste: Quantification and source evaluation. *Journal of construction engineering and management*, 122 (1), 55-60.
- 24.- Marzouk, M., Azab, S. (2014). Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics. *Resources, Conservations and Recycling*, 82, 41-49.
- 25.- Duran, X., Lenihan, H., O'Regan, B. (2006). A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling- the case of Ireland. *Resources, Conservations and Recycling*, 46 (3), 302-320.
- 26.- Zhao, W., Leefink, W., Rotter, V.S. (2010). Evaluation of the economic feasibility for the recycling of construction and demolition waste in China — The case of Chongqing. *Resources, Conservations and Recycling*, 54 (6), 377-389.
- 27.- Baniyas, G., Achillas, C., Vlachokostas, C., Moussiopoulos, N., Tarsenis, S. (2010). Assessing multiple criteria for the optimal location of a construction and demolition waste management facility. *Building and Environment*, 46 (10), 2317-2326.
- 28.- Coelho, A., de Brito, J. (2011). Generation of Construction and Demolition Waste in Portugal. *Waste Management & Research*, 29 (7), 739-750. doi: 10.1177/0734242X11402253.
- 29.- Jack, C.P.C., Lauren, Y.H. (2012). A BIM-based System for Demolition and Renovation Waste Estimation and Planning. In 14th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Moscow. Kowloon, Hong Kong: The Hong Kong University of Science and Technology.
- 30.- Mercader-Moyano, P., Arellano-Agudo, A., Cózar-Cózar, E., Ruesga-Díaz, J. (2017). Sistema BIM de cuantificación automática de los residuos de construcción y demolición. Método de transferencias ponderadas de la medición. *Estudios del Habitat*, 15 (2), 499-507.
- 31.- Mercante, I.T. (2007). Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental. *Revista Científica de la Universidad de Ciencias Empresariales y Sociales* 11, 86e109.
- 32.- Rocha Osorio, C.L. (2015). Aprovechamiento y revalorización de residuos de la construcción y demolición generados por un evento adverso para la construcción de obras civiles sostenibles. Tesis de especialista. Universidad Católica de Manizales Facultad de Ingeniería Manizales – Caldas. Colombia. 68p.