

UNIVERSIDAD ADOLFO IBANEZ FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS

PROYECTO DEFENSA DE TITULO

INGENIERIA CIVIL

**Desarrollo de una metodología para la gestión sostenible de residuos en
obras de urbanización: Caso de estudio en la comunidad de Madrid.**

Autor: Matías Kappes Ahumada.

Fecha: 15 de DICIEMBRE DE 2023

Índice de Contenidos

Desarrollo de una metodología para la gestión sostenible de residuos en obras de urbanización: Caso de estudio en la comunidad de Madrid.....	1
I. RESUMEN	7
II. INTRODUCCIÓN.	8
III. ESTADO DEL ARTE.....	11
III.1. DESARROLLO SOSTENIBLE	11
III.2. GESTIÓN DE RESIDUOS ESPAÑA	15
IV. LOS OBJETIVOS PRINCIPALES DE ESTA INVESTIGACIÓN.....	29
V. METODOLOGIA	31
V.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS.....	31
V.2. ESTIMAR LA CANTIDAD DE RESIDUOS	39
V.3. MEDIDAS DE SEGREGACION.....	44
V.4. ANÁLISIS PARA REUTILIZACIÓN	44
V.5. VALORIZACION DE LOS RESIDUOS	45
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
VI.1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS.....	70
VI.2.- ESTIMAR LA CANTIDAD DE RESIDUOS	72
VI.3.- MEDIDAS DE SEGREGACION	73
VI.4.- ANÁLISIS PARA REUTILIZACIÓN	74
VI.5.- VALORIZACIÓN DE RESIDUOS.....	75
VII. CONCLUSIONES	76
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	81

Agradecimientos

A mi familia.

Índice de Figuras

FIGURA N° 01: DIAGRAMA DE LOS TRES PILARES FUNDAMENTALES DE LA SOSTENIBILIDAD. (3).....	11
FIGURA N° 02: OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE. (7)	14
FIGURA N° 03: SUPERFICIE CONSTRUIDA PER CÁPITA, 200 Y 2015 (METROS CUADRADOS POR PERSONA) (9)....	15
FIGURA N° 04: RESIDUOS URBANOS GENERADOS PER CÁPITA (10).	16
FIGURA N° 05: RESIDUOS GENERADOS EN EL SECTOR CONSTRUCCIÓN (14).....	17
FIGURA N° 06: RESIDUOS GENERADOS POR SECTORES DE ACTIVIDAD Y HOGARES (PORCENTAJE). AÑO 2017. (15)	19
FIGURA N° 07: TRATAMIENTO FINAL DE RESIDUOS (PORCENTAJE). AÑO 2017. (15)	21
FIGURA N° 08: RESIDUOS GENERADOS POR SECTORES DE ACTIVIDAD Y HOGARES (PORCENTAJE). AÑO 2019. (16)	24
FIGURA N° 09: TRATAMIENTO FINAL DE RESIDUOS (PORCENTAJE). AÑO 2019. (16)	25
FIGURA N° 10: METODOLOGÍA	31
FIGURA N° 11: GRÁFICO DE RESIDUOS CON CLASIFICACIÓN Y SIN CLASIFICACIÓN. (ELABORACIÓN PROPIA)	69

Índice de Tablas

TABLA N ° 01: RESIDUOS GENERADOS POR SECTORES DE ACTIVIDAD Y HOGARES. AÑO 2017 (18).	17
TABLA N ° 02: TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS POR SECTORES DE ACTIVIDAD Y HOGARES. AÑO 2017 (19).	18
TABLA N ° 03: TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS POR SECTORES DE ACTIVIDAD. AÑO 2017 (21).	20
TABLA N ° 04: TRATAMIENTO FINAL DE RESIDUOS. AÑO 2017 (22).	21
TABLA N ° 05: TRATAMIENTO FINAL DE RESIDUOS. AÑO 2017 (24).	22
TABLA N ° 06: RESIDUOS GENERADOS POR SECTORES DE ACTIVIDAD Y HOGARES. AÑO 2019 (26).	22
TABLA N ° 07: RESIDUOS GENERADOS POR SECTORES DE ACTIVIDAD Y HOGARES. AÑO 2019 (27).	23
TABLA N ° 08: TIPOS DE RESIDUOS GENERADOS POR SECTORES DE ACTIVIDAD. AÑO 2019 (29).	24
TABLA N ° 09: TRATAMIENTO FINAL DE RESIDUOS. AÑO 2019 (30).	25
TABLA N ° 10: RECICLADO POR CATEGORÍA DE RESIDUOS. AÑO 2019 (32).	26
TABLA N ° 11: TASAS DE VARIACIÓN ANUAL DE RESIDUOS GENERADOS POR SECTORES DE ACTIVIDAD. AÑO 2019 (33).	27
TABLA N ° 12: CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS. (ELABORACIÓN PROPIA)	37
TABLA N ° 13: CONSTRUCTION WASTE OF FRACTIONS AS PERCENTAGE OF TOTAL AMOUNT OF CONSTRUCTION WASTE. (41)	39
TABLA N ° 14: COMPOSITION OF BUILDING AND DEMOLITION WASTE. (44)	40
TABLA N ° 15: CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS SEGÚN EL PLAN NACIONAL DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN 2001 – 2006. (48).	42
TABLA N ° 16: CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS SEGÚN METODOLOGÍA PROPUESTA (ELABORACIÓN PROPIA).	43
TABLA N ° 17: PARTIDA DE CLASIFICACIÓN DE HORMIGÓN, MORTEROS Y PREFABRICADOS.	51
TABLA N ° 18: PARTIDA DE CLASIFICACIÓN DE PLÁSTICOS.	52
TABLA N ° 19: PARTIDA DE CLASIFICACIÓN DE LADRILLOS, TEJAS Y MATERIALES CERÁMICOS.	53
TABLA N ° 20: PARTIDA DE CLASIFICACIÓN DE PAPEL Y CARTÓN.	54
TABLA N ° 21: PARTIDA DE CLASIFICACIÓN DE MADERA.	55
TABLA N ° 22: PARTIDA DE CLASIFICACIÓN DE METALES.	56
TABLA N ° 23: PARTIDA DE CLASIFICACIÓN DE VIDRIOS.	57

TABLA N º 24: PARTIDA DE CLASIFICACIÓN DE TIERRAS.....	58
TABLA N º 25: PARTIDA DE TRANSPORTE DE RESIDUOS SIN CLASIFICACIÓN.....	59
TABLA N º 26: PARTIDA CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS.	60
TABLA N º 27: CASO TEÓRICO CLASIFICACIÓN. (ELABORACIÓN PROPIA)	62
TABLA N º 28: CASO TEÓRICO SIN CLASIFICACIÓN. (ELABORACIÓN PROPIA).....	63
TABLA N º 29: CASO TEÓRICO CON CLASIFICACIÓN Y METODOLOGÍA. (ELABORACIÓN PROPIA)	63
TABLA N º 30: CASO URBANIZACIÓN 1 CON METODOLOGÍA. (ELABORACIÓN PROPIA).....	64
TABLA N º 31: CASO URBANIZACIÓN 1 SIN CLASIFICACIÓN. (ELABORACIÓN PROPIA).....	64
TABLA N º 32: CASO URBANIZACIÓN 2 CON METODOLOGÍA. (ELABORACIÓN PROPIA)	65
TABLA N º 33: CASO URBANIZACIÓN 2 SIN CLASIFICACIÓN. (ELABORACIÓN PROPIA).....	65
TABLA N º 34: CASO URBANIZACIÓN 3 CON METODOLOGÍA. (ELABORACIÓN PROPIA)	66
TABLA N º 35: CASO URBANIZACIÓN 3 SIN CLASIFICACIÓN. (ELABORACIÓN PROPIA).....	66
TABLA N º 36: CASO URBANIZACIÓN 4 CON METODOLOGÍA. (ELABORACIÓN PROPIA)	67
TABLA N º 37: CASO URBANIZACIÓN 3 SIN CLASIFICACIÓN. (ELABORACIÓN PROPIA).....	67
TABLA N º 38: RESULTADOS CASOS DE ESTUDIO. (ELABORACIÓN PROPIA)	69
TABLA N º 39: CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS. (ELABORACIÓN PROPIA).....	70
TABLA N º 40: CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS SEGÚN METODOLOGÍA PROPUESTA (ELABORACIÓN PROPIA).	73

I. RESUMEN

Los factores ambientales se ven afectados constantemente por las acciones del ser humano en el planeta. En los últimos años se han creado diversas políticas públicas e internacionales con el fin de reducir al máximo posible esta crisis mundial, promoviendo términos como desarrollo sostenible, sostenibilidad, esto a través de planes internacionales, nacionales y locales para abordar esta crisis climática. Esta investigación se centra en uno de los principales frentes de combate contra esta principal inquietud mundial, esta es la gestión de residuos específicamente en obras de urbanización. Si bien, existen planes que ayudan a la construcción poder generar una buena gestión de residuos, esta investigación realiza un aporte en un ámbito más local en un tipo de construcción como son las urbanizaciones. Esta investigación consta de la creación de una metodología la cual se basa en el plan de gestión de residuos de la comunidad de Madrid, con el fin de que se cumplan con todos los caracteres legales y optimice la gestión de residuos en este tipo de obra civil. Esta metodología consta de cinco puntos principales, identificación de residuos, estimación de residuos, medidas de segregación, análisis para reutilización y valorización de residuos. Además, se recogen diferentes investigaciones para basar las estimaciones previstas, junto con diferentes estudios los cuales abren una ventana a la propia valorización material de los residuos, con el fin de aprovechar el máximo de los elementos constructivos disponibles en las obras de urbanización. Este estudio aporta una contribución significativa al campo de la gestión de residuos en obras de urbanización, lo que puede tener un impacto positivo en la sostenibilidad y el desarrollo sostenible en Madrid y se puede extrapolar al resto del mundo.

II. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, en la mayoría de los proyectos de construcción se han realizado estudios de impacto ambiental para asegurar la sostenibilidad de cada proyecto, indicando diversas medidas preventivas, correctoras o compensatorias a tomar en diferentes situaciones. Varios factores ambientales pueden verse afectados en los proyectos de urbanización, y las variables que afectan significativamente a los residentes pueden reducirse de una manera importante a través de métodos efectivos y eficientes.

A continuación, se presentan los factores ambientales que pueden resultar potencialmente afectados

1.- Atmósfera:

En la mayoría de los proyectos la atmosfera se ve afectada de una manera directa o indirecta, tanto referido a la calidad atmosférica como a la calidad acústica. Una manera que afecte directamente son aquellos proyectos de los cuales se contempla una contaminación constante a la atmosfera, tal es el caso de plantas termoeléctricas, petroleras, entre otras. Una manera secundaria son aquellos proyectos que, de manera indirecta, como por ejemplo carreteras, urbanizaciones, edificios, entre otros.

2.- Suelo:

Este concepto es muy amplio en la industria de la construcción, debido a que es una de las materias primas de la construcción, este se ve afectado principalmente en sus características topográficas, materiales, minerales, fauna y flora.

3.- Vegetación:

Este tema es referido fundamentalmente a las especies que se encuentran en el entorno del ámbito de estudio.

4.- Hidrología superficial y subterránea.

Hay distintos tipos de proyectos que pueden afectar directa e indirectamente a este tópico. Por ejemplo, estaciones hidroeléctricas, represas, estructuras subterráneas, entre otras.

5.- Población:

Fundamentalmente relacionado a las molestias sobre ella derivadas de las obras (polvo, ruidos, olores, movilidad, riesgo de accidentes).

6.- Infraestructuras y servicios:

A pesar de que este tema no sea relacionado con el medioambiente, si afecta al entorno con el que trabaja principalmente referido a su funcionamiento y continuidad.

7.- Patrimonio:

Fundamentalmente a los elementos de Patrimonio que se localizan en el entorno próximo a la zona de actuación.

Si bien existen un sinnúmero de maneras para no contribuir al medioambiente, las anteriormente mencionadas son los principales factores ambientales que se pueden ver afectados a la hora de ejecutar un proyecto. Por lo anterior, se quiere hacer hincapié en una de las partidas dentro de los proyectos que, si controla y gestiona dicho impacto ambiental, esta es la de gestión de residuos.

Dentro de cada una de las obras existe una gran cantidad de dinero destinada al capítulo de gestión de residuos, una gestión de residuos eficaz y eficiente puede aportar de gran manera a reducir significativamente las toneladas de residuos producidos por la construcción. En los proyectos de urbanización se pueden generar los siguientes residuos:

- Las operaciones incluidas en los capítulos de levantados, demoliciones y trabajos previos, que hacen referencia al levantado de bordillos, aceras, pavimentos asfálticos, firmes de hormigón, fresado de pavimento asfáltico, limpieza y barrido de firme, levantado y retirada de aceras y de escombros de las cimentaciones de señales, mobiliario urbano, alumbrado público, etc.
- Las excavaciones necesarias para la instalación de las redes de distribución de agua potable, saneamiento, energía eléctrica, alumbrado público, drenaje de parques, red de riego automático, canalizaciones para comunicaciones y suministro de gas.
- En general, residuos procedentes de escombros y restos de demolición, tierras procedentes de excavaciones y restos de materiales derivados del trabajo con hormigón o asfalto.
- Residuos asimilables a sólidos urbanos generados por los trabajadores de las obras, restos de envases, etc.
- Residuos peligrosos como envases de pinturas, aerosoles, aceites, productos fitosanitarios, etc.
- Restos de podas y saneo de la vegetación existente.

Hoy en día la legislación española cuenta con un Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, donde la legislación vigente obligada al cumplimiento tanto estatal como autonómica, la identificación de los residuos que previsiblemente se generarán en obra según el capítulo 17 de la lista europea de residuos bajo el título “Residuos de la Construcción y Demolición”, la estimación de las cantidades que se generarán, las medidas de segregación, reutilización y valorización de los residuos que previsiblemente se generarán y el coste de la gestión de dichos residuos (1)(2).

Cabe destacar que, las tierras no contaminadas de excavación utilizadas para la restauración, acondicionamiento y relleno, o con fines de construcción, y aquellos materiales, objetos o sustancias usados cuyo destino sea la reutilización, en aplicación de la Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid, no se consideran residuos.

A pesar de tener una categoría aparte, los Residuos de Construcción y Demolición solo contemplan una parte de los residuos generados en un proyecto de construcción, más adelante se categorizan todos los residuos que se pueden encontrar dentro de una obra y se clasifican, para clarificar el inicio de una metodología.

III. ESTADO DEL ARTE.

III.1. DESARROLLO SOSTENIBLE

Sin duda uno de los mayores compromisos a nivel mundial es la interacción con el medioambiente, donde se conciben grandes términos como sostenibilidad, impacto ambiental, crisis climática, calentamiento global, entre otros. Desde ya hace años, personas, países, he instituciones vienen acercándose para enfrentar este tipo de disyuntivas, tales como ¿Se puede respetar el medioambiente y formular proyectos que sean rentables? ¿Se puede lograr crecimiento, junto con el respeto por la naturaleza y los seres humanos?



Figura Nº 01. Diagrama de los tres pilares fundamentales de la sostenibilidad. (3)

En 1987 en la Cumbre de la Tierra de Rio de Janeiro se acuerdan distintos principios entre los países asistentes, 27 para ser exactos. Que buscan principalmente entre sus objetivos lograr una alianza mundial y equitativa mediante la creación de entidades de cooperación entre los países, los sectores claves de la población y el medio ambiente. Todos estos para alcanzar acuerdos internacionales que respeten los intereses de cada uno de los países; y se proteja la integridad del medioambiente y el desarrollo mundial. Dándose a conocer que el planeta es la fuente integral e interdependiente del desarrollo (4).

En cada uno de los principios mencionados en esta cumbre se indica principalmente que la evolución de un país tiene que ser de la mano con el término de “desarrollo sostenible”, sin duda existen un sinnúmero de definiciones para este término, de los cuales el siguiente es el más acorde a lo que se entiende por desarrollo sostenible:

“Aquel desarrollo que satisface las necesidades presentes sin comprometer las opciones de las necesidades futuras”, es decir, no agotar, ni desperdiciar los recursos naturales, y tampoco lesionar el medio ambiente, ni a los seres humanos. Como se desprende de dicho concepto, no se pretende la no utilización de recursos, sino un uso coherente de los mismos. Esta coherencia consiste en compatibilizar el progreso económico con las necesidades sociales y medioambientales que configuran el bienestar de los ciudadanos.” (5).

Lo que se puede apreciar anteriormente, es que se ha ido buscando un nuevo desarrollo que potencie estos tres pilares que se aprecian en la Figura N.º 01, económico, medioambiental y social. Sosteniendo de otro modo, el desarrollo debe lograrse teniendo un respeto hacia la naturaleza y los seres humanos. Justo en el medio de estos tres pilares se logra la sostenibilidad, tema que se mencionara más adelante.

Los principios dictados en la Cumbre de la tierra de 1987 entregan una nueva idea, una visión distinta al desarrollo; y también nuevos retos y desafíos a la humanidad. Entre los principios mencionados podemos destacar los siguientes:

“PRINCIPIO 1

Los seres humanos constituyen el centro de las preocupaciones relacionadas con el desarrollo sostenible. Tienen derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.

PRINCIPIO 4

A fin de alcanzar el desarrollo sostenible, la protección del medio ambiente deberá constituir parte integrante del proceso de desarrollo y no podrá considerarse en forma aislada

PRINCIPIO 17

Deberá emprenderse una evaluación del impacto ambiental, en calidad de instrumento nacional, respecto de cualquier actividad propuesta que probablemente haya de producir un impacto negativo considerable en el medio ambiente y que esté sujeta a la decisión de una autoridad nacional competente.” (6)

Claramente estos principios son los pilares fundamentales de la idea de la sostenibilidad, dando hincapié a que los seres humanos están detrás de la idea de desarrollo sostenible, ya sea en cualquiera una de sus facetas, tales como estudios de impacto ambiental, estudios de proyectos sostenibles, asesorías sustentables, indicadores sostenibles, metodologías de evaluación, gestión de residuos, entre otras ideas que pueden fortalecer el crecimiento económico ligado con el respeto hacia al medioambiente y los seres humanos.

Sin duda la creación del concepto de desarrollo sostenible dio lugar a la iniciativa internacional para seguir este modelo evolutivo, donde a lo largo de los años se vio la evolución no solo a nivel local de mantener políticas públicas que ayuden al proceso de sostenibilidad, sino también las metas a nivel internacional que se fueron reflejando en las diferentes conferencias posteriores. Entre las cuales podemos destacar “Cumbre del Milenio” (2000), “Cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible” (2002), “Cumbre mundial (2005), “Cumbre de las Naciones Unidas sobre los Objetivos de Desarrollo del milenio” (2010), “Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (Rio + 20)” (2012), “Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible” (2015).

Todas las conferencias mencionadas anteriormente llevan como resultado lo que hoy en día se conoce como “Los Objetivos de Desarrollo Sostenible”. En los cuales se encuentran 17 objetivos puntuales con 169 metas por conseguir antes del 2030.



Figura Nº 02: Objetivos de Desarrollo Sostenible. (7)

Esta investigación se va a centrar propiamente en el objetivo 11, “Ciudades y comunidades sostenibles”, específicamente en una de las metas de este objetivo

11.6. De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo. (8)

A lo largo de las últimas décadas, se han seguido anualmente mediante informes mensuales, el estado de cada uno de los objetivos, serán analizados varios datos de este informe en relación con al progreso que han tenido las diferentes políticas públicas y las metas propuestas.

Los distintos acontecimientos que han agitado el panorama internacional, pandemias, guerras, desastres climáticos, entre otros; han afectado sin duda a la calidad de vida de las personas, por lo que la forma en que se planifican y se desarrollan las zonas urbanas, determinan la prosperidad a largo plazo de las ciudades y sus habitantes. Es decir, que para lograr gran parte de las metas propuestas la planificación y gestión de las políticas públicas deben ser eficientes y eficaces con el fin de lograr los objetivos propuestos. A continuación, se ve como se ha aumentado la superficie construida per cápita entre el 2015 y el 2020.

“Según los datos de una muestra mundial representativa de 755 ciudades en 95 países del año 2019, en el período comprendido entre los años 1990 y 2015 la mayoría de las zonas urbanas registraron un aumento general de la superficie construida por personas” (9)

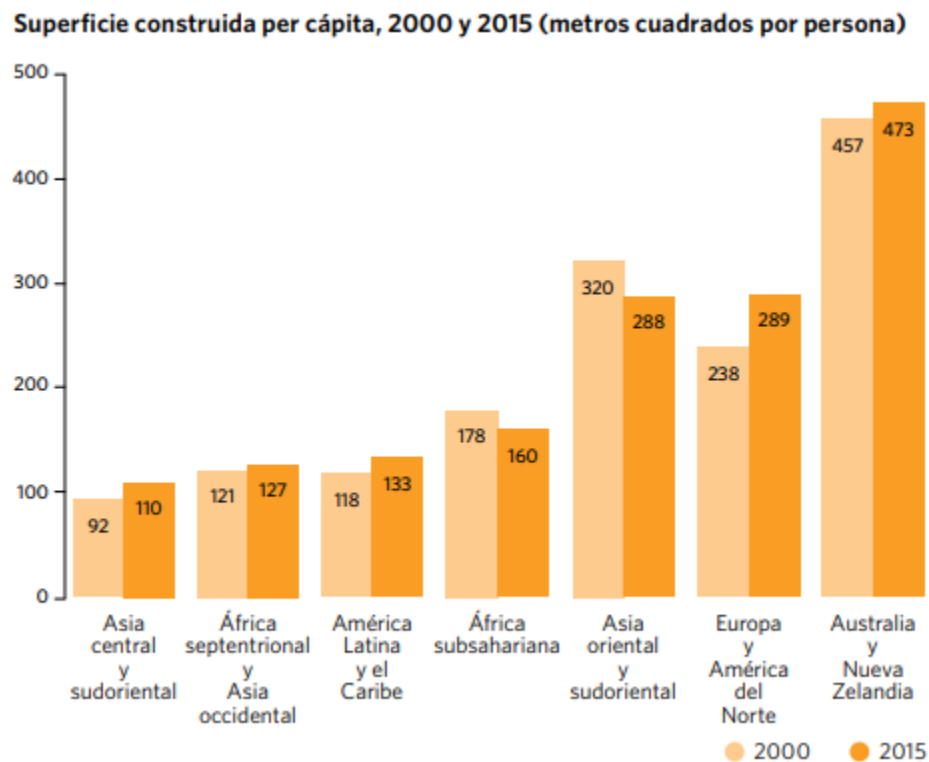


Figura N º: 03: Superficie construida per cápita, 200 y 2015 (metros cuadrados por persona) (9)

Se puede apreciar un aumento de puntos per cápita en la mayoría de las regiones estudiadas, donde la generalidad aumenta en promedio más de 10 puntos percentiles, por lo que, la expansión física de las ciudades encuestadas fue más rápida que las respectivas tasas de crecimiento demográfico. Lo que indica que, en vistas del modelo medioambiental, reducir el impacto ambiental per cápita de las ciudades, prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipal es un problema exponencial.

III.2. GESTIÓN DE RESIDUOS ESPAÑA

La forma en que se planifica y se desarrollan las zonas urbanas donde se incluye infraestructura y servicios, puede dar a lugar a mitigar los riesgos y responder a las necesidades de las poblaciones en crecimiento determinando la prosperidad a largo plazo de las ciudades y sus habitantes. El enfoque de esta investigación es en la gestión de residuos dentro de las áreas de

construcción urbana, y como esta se adecua a cada una de las fases de proyecto, es decir, fase de planificación, fase de diseño, fase de análisis del proyecto, fase de programación y costos, fase de construcción, fase de operación y mantenimiento, fase de demolición o renovación.

Para lo anterior, se han recopilado datos de distintos años obtenidos de informes anuales de Instituto Nacional de Estadísticas (INE), con el fin de tener una idea a manera general como son tratadas las gestiones de residuos en las distintas áreas del mercado, para luego centrarse específicamente en la construcción y en las urbanizaciones.

Puntualmente en España se ha encontrado un avance en este tema, que según datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) se ha reflejado una disminución entre los años 2012 y 2014 y posteriormente se vio un alza hasta que se alcanzó los 483.7 kilogramos de residuos urbanos per cápita (10).

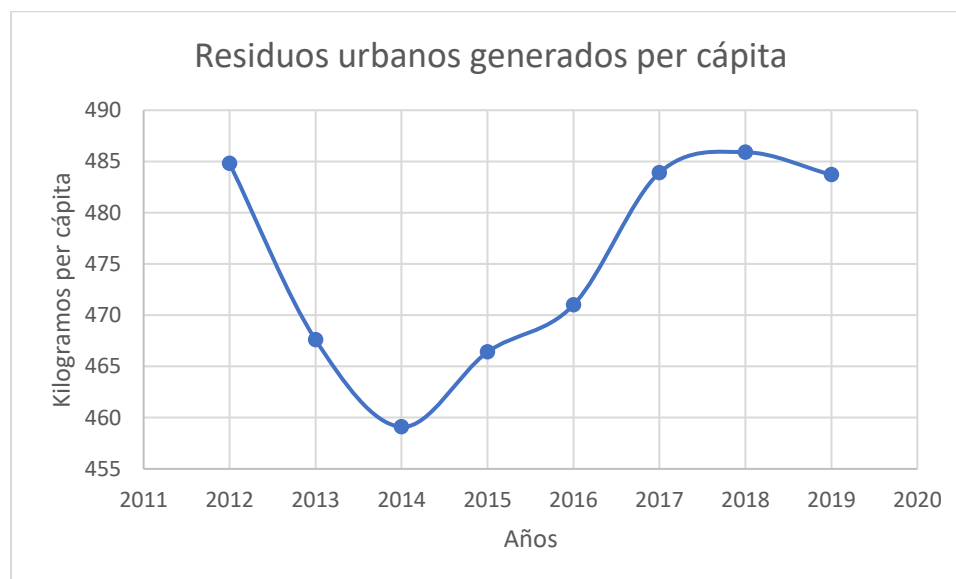


Figura N º 04: Residuos urbanos generados per cápita (10).

Con el aumento de superficie per cápita debería existir un aumento a futuro de la generación de residuos per cápita.

Centrándose en el área de la construcción, es una de las que más aporta residuos a las estadísticas, siendo la segunda actividad que más genera residuos desde los últimos 5 años. Los residuos de la construcción se analizan de manera bianual en España, y se han obtenido los siguientes datos. Cabe destacar, que los residuos que se pueden encontrar en la construcción

son metálicos, maderas, amianto, arenas, arcillas, residuos de la combustión, suelos, lodos de drenaje, minerales, entre otros.

En el año 2013 los residuos del sector de la construcción fueron 21 millones de toneladas, en el año 2015 el sector de la construcción generó 36 millones de toneladas y la mayor cantidad de residuos regenerados correspondió a los “Residuos minerales” que alcanzo un total de 35.6 millones de toneladas (11) (12) (13).

Residuos generados en el Sector Construcción
Unidad: miles de toneladas

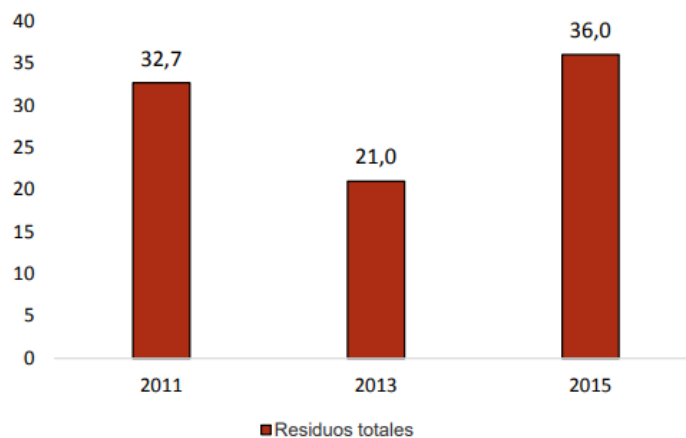


Figura N º 05: Residuos generados en el Sector construcción (14).

En el año 2017 el 82.9% de los residuos generados corresponden los sectores de actividad, en las cuales las actividades que generaron una mayor cantidad respecto al año 2016 fueron, la Industria, la Construcción y Suministro de Agua, saneamiento, gestión de residuos y descontaminación (15). El área de la construcción por su parte genero un total de 35.5 millones de toneladas aproximadamente. Los datos exactos se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla N º 01: Residuos generados por sectores de actividad y hogares. Año 2017 (15).

Residuos generados por sectores de actividad y hogares. Año 2017

Unidad: miles de toneladas

	Total	tasa de variación	No Peligrosos	tasa de variación	Peligrosos	tasa de variación
Total	132.119,3	2,3	128.884,6	2,3	3.234,7	1,6
Industria (Incluidas minería y producción de energía)	41.122,2	7,0	39.659,8	7,0	1.462,4	6,8
Construcción	35.347,1	-1,3	35.295,8	-1,3	51,3	-35,1
Suministro de agua, saneamiento, gestión de residuos y descontaminación	21.325,4	5,8	20.731,2	5,8	594,2	5,6
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	6.055,0	-3,5	6.031,9	-3,4	23,1	-16,6
Servicios	5.698,0	-13,4	4.623,9	-15,3	1.074,1	-4,1
Hogares	22.571,6	2,9	22.542,0	2,9	29,6	16,5

Por parte de las principales actividades mencionadas anteriormente los principales residuos generados fueron los Residuos minerales con 69.0 millones de toneladas aproximadamente, seguido por Residuos mezclados 35.9 millones de toneladas aproximadamente.

Tabla N º 02: Tipos de residuos generados por sectores de actividad y hogares. Año 2017 (15).**Tipos de residuos generados por sectores de actividad y hogares. Año 2017**

Unidad: miles de toneladas

	Total	%	Sectores de actividad	%	Hogares	%
Residuos generados	132.119,3	100	109.547,7	100	22.571,6	100
Minerales	69.079,7	52,4	68.584,2	62,6	495,6	2,2
Residuos mezclados	35.886,5	27,2	16.899,6	15,4	18.986,8	84,1
Animales y vegetales	8.910,2	6,7	8.033,3	7,3	876,8	3,9
Metálicos	5.842,7	4,4	5.821,8	5,3	20,9	0,1
Papel y Cartón	3.624,7	2,7	2.563,3	2,3	1.061,4	4,7
Químicos	2.436,8	1,8	2.432,5	2,2	4,3	0,0
Lodos comunes	1.579,4	1,2	1.579,4	1,5
Equipos desechados	1.215,7	0,9	1.159,3	1,1	56,4	0,3
Madera	1.173,3	0,9	983,6	0,9	189,7	0,8
Vidrio	1.122,5	0,8	306,6	0,3	815,9	3,6
Plásticos	758,4	0,6	733,9	0,7	24,6	0,1
Otros	489,4	0,4	450,2	0,4	39,2	0,2

A su vez, los porcentajes se pueden ver reflejados en el siguiente diagrama de torta en el cual la Industria y la Construcción lideran dichos porcentajes con, 31.1% del total y 26.8% del total, respectivamente.

Residuos generados por sectores de actividad y hogares (porcentaje). Año 2017

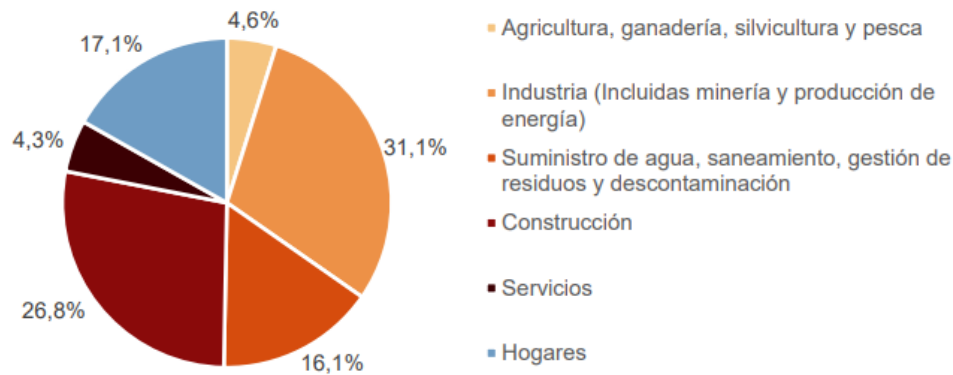


Figura N º: 06: Residuos generados por sectores de actividad y hogares (porcentaje). Año 2017. (15)

Se puede apreciar que la construcción se mantuvo en relación con el año 2013 donde solo generó 35.5 millones de toneladas, las cuales se pueden ver desglosadas en la siguiente tabla. Donde se puede apreciar que los residuos generados que más aportan en el área de la construcción son los Minerales, la Madera, los Metálicos, entre otros. Sin embargo, hay que tener en consideración los residuos generados por la Industria debido a que estas dos actividades están ligadas.

Tabla N º 03: Tipos de residuos generados por sectores de actividad. Año 2017 (15).**Tipos de residuos generados por sectores de actividad. Año 2017**

Unidad: miles de toneladas

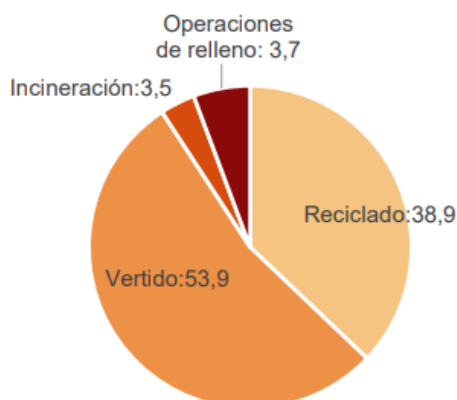
	Total Sectores	Industria (Incluidas minería y producción de energía)	Construcción	Suministro de agua, saneamiento gestión de residuos ...	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca Construcción	Servicios
Residuos generados	109.547,7	41.122,2	35.347,1	21.325,4	6.055,0	5.698,0
Minerales	68.584,1	31.951,9	34.951,7	1.575,4	11,0	94,0
Residuos mezclados	16.899,6	1.285,7	33,4	14.186,3	329,1	1.065,2
Animales y vegetales	8.033,3	1.505,6	58,6	12,6	5.594,2	862,4
Metálicos	5.821,8	2.210,0	68,6	3.287,3	6,4	249,5
Químicos	2.432,5	1.836,4	8,1	398,7	26,7	162,5
Papel y Cartón	2.563,3	915,3	57,4	255,4	13,0	1.322,3
Lodos comunes	1.579,4	287,7	3,9	1.278,4	4,7	4,6
Equipos desechados	1.159,3	27,8	4,5	93,9	6,2	1.026,9
Madera	983,6	611,8	130,6	44,1	19,4	177,7
Plásticos	733,9	273,8	20,8	143,8	34,0	261,5
Otros	450,2	85,8	1,5	8,8	9,2	344,9
Vidrio	306,6	130,4	8,0	40,7	1,1	126,5

Como dato adicional se expone la siguiente tabla en la cual como la economía española trata los diferentes residuos que generan las distintas actividades económicas, con el fin de ser una comparativa en la metodología propuesta en esta investigación. Un dato importante para destacar de la siguiente tabla es que, del total de los residuos tratados, el 53,9% acaba en vertederos, el 38,9% se logra reciclar, el 3,7% se reutiliza en operaciones de relleno, y el 3,5% se incinera.

Tabla N° 04: Tratamiento final de residuos. Año 2017 (15).**Tratamiento final de residuos. Año 2017**

Unidad: miles de toneladas

Residuos tratados (por tipo de gestión)	Cantidad	Tasa anual
Total residuos gestionados	115.486,3	8,2
No peligrosos	113.204,5	8,2
Peligrosos	2.281,8	7,7
Reciclado	44.921,9	13,5
No peligrosos	43.334,7	14,0
Peligrosos	1.587,2	1,1
Vertido	62.226,7	8,7
No peligrosos	61.668,6	8,5
Peligrosos	558,1	39,9
Incineración	4.067,2	5,8
No peligrosos	3.930,7	6,4
Peligrosos	136,5	-8,5
Operaciones de relleno	4.270,5	-29,3
No peligrosos	4.270,5	-29,3
Peligrosos	0,0	..

Tratamiento final de residuos (porcentaje). Año 2017**Figura N° 07:** Tratamiento final de residuos (porcentaje). Año 2017. (15)

El 38.9% de los residuos tratados se pueden desglosar de la siguiente manera, donde cabe destacar que el 45,4% de la cifra total correspondió a Residuos minerales, 23.65 a los Metálicos y el 8.6% a Papel y cartón, materiales cuyos aparecen con un gran porcentaje de utilización en la Tabla N° 04.

Tabla N ° 05: Tratamiento final de residuos. Año 2017 (15).**Reciclado por categoría de residuos. Año 2017**

Unidad: miles de toneladas

Residuos reciclados (por tipos)	Reciclado	%	Tasa anual
TOTAL	44.921,8	100,0	13,5
Minerales	20.405,9	45,4	26,2
Metálicos	10.595,2	23,6	16,6
Papel y Cartón	3.840,5	8,6	-5,7
Residuos mezclados	2.872,8	6,4	-5,1
Animales y vegetales	1.631,8	3,6	0,7
Lodos comunes	1.257,2	2,8	10,6
Químicos	1.114,7	2,5	-8,9
Madera	1.026,4	2,3	5,0
Vidrio	1.008,5	2,2	1,7
Equipos desechados	522,2	1,2	5,2
Plásticos	467,1	1,0	-21,5
Otros	179,5	0,4	1,3

En el año 2019 la construcción mantuvo su reducción con relación a los años anteriores donde solo se generaron un total de 35 miles de toneladas, siendo nuevamente el segundo sector que más residuos aporta a la construcción a pesar de haber disminuido un 8% en relación con el año anterior (16).

Tabla N ° 06: Residuos generados por sectores de actividad y hogares. Año 2019 (16).**Residuos generados por sectores de actividad y hogares. Año 2019**

Unidad: miles de toneladas

	Total	Tasa anual	No Peligrosos	Tasa anual	Peligrosos	Tasa anual
Total	133.257,0	-3,3	129.948,4	-3,5	3.308,6	2,6
Industria (Incluidas minería y producción de energía)	38.810,6	-4,4	37.617,7	-4,5	1.192,9	-0,3
Construcción	35.043,8	-8,0	34.953,1	-8,1	90,7	61,1
Suministro de agua, saneamiento, gestión de residuos y descontaminación	23.930,9	-1,2	23.241,2	-1,5	689,7	7,7
Servicios	6.496,8	8,8	5.220,7	11,2	1.276,1	0,3
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	6.184,0	-1,2	6.158,1	-1,2	25,9	-8,2
Hogares	22.790,9	0,4	22.757,6	0,4	33,3	11,0

A continuación, se desglosan los residuos generados, donde los Minerales con los Residuos mezclados generan un gran aporte al total de los residuos, a su vez se aprecia que las actividades que generaron mayor cantidad de los residuos fue la Industria con un 29% y un la Construcción con un 26%.

Tabla N º 07: Residuos generados por sectores de actividad y hogares. Año 2019 (16).

Tipos de residuos generados por sectores de actividad y hogares. Año 2019

Unidad: miles de toneladas

	Total	%	Sectores de actividad	%	Hogares	%
Residuos generados	133.257,0	100,0	110.466,1	100,0	22.790,9	100,0
Minerales	67.040,2	50,3	66.518,6	60,2	521,6	2,3
Residuos mezclados	37.533,1	28,2	18.940,4	17,1	18.592,7	81,6
Animales y vegetales	9.230,1	6,9	8.061,4	7,3	1.168,7	5,1
Metálicos	6.263,3	4,7	6.241,4	5,7	21,9	0,1
Papel y Cartón	4.212,9	3,2	2.925,5	2,7	1.287,4	5,6
Químicos	2.362,1	1,8	2.357,2	2,1	4,9	0,0
Equipos desechados	1.475,5	1,1	1.413,0	1,3	62,5	0,3
Lodos comunes	1.337,3	1,0	1.337,3	1,2
Vidrio	1.272,2	0,9	367,2	0,3	905,0	4,0
Madera	1.088,7	0,8	949,3	0,9	139,4	0,6
Plásticos	933,3	0,7	893,8	0,8	39,5	0,2
Otros	508,3	0,4	461,0	0,4	47,3	0,2

Residuos generados por sectores de actividad y hogares (porcentaje). Año 2019

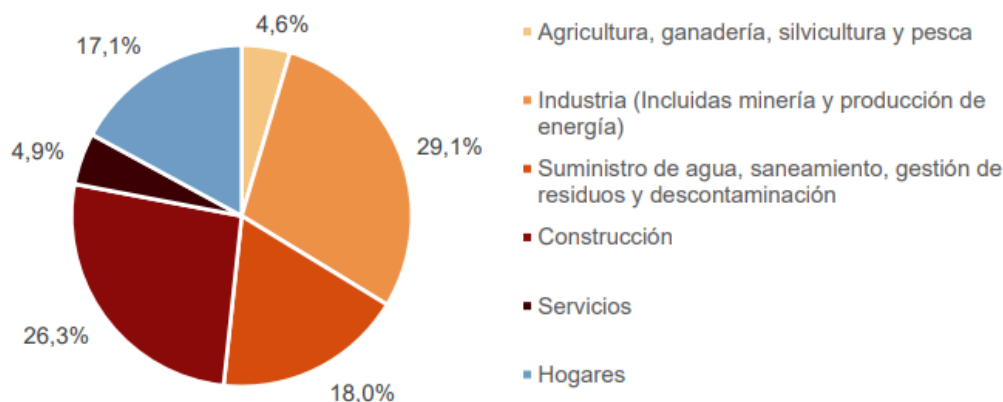


Figura N º: 08: Residuos generados por sectores de actividad y hogares (porcentaje). Año 2019. (16)

Claramente el mayor porcentaje de residuos que aporta la Construcción es debido a los Minerales, que la mayoría de estos aparecen de las partidas de desbroce, explanada y pavimentación, parques y jardines, entre otras. Lo siguiente se aprecia en la tabla de a continuación. Donde se aprecia una disminución con relación al año 2017.

Tabla N º: 08: Tipos de residuos generados por sectores de actividad. Año 2019 (16).

Tipos de residuos generados por sectores de actividad. Año 2019

Unidad: miles de toneladas

	Total Sectores	Industria (Incluidas minería y producción de energía)	Construcción	Suministro de agua, saneamiento gestión de residuos ...	Servicios	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
Residuos generados	110.466,1	38.810,6	35.043,8	23.930,9	6.496,8	6.184,0
Minerales	66.518,6	30.588,7	34.688,0	1.145,8	83,6	12,5
Residuos mezclados	18.940,4	945,0	48,8	16.669,4	922,7	354,5
Animales y vegetales	8.061,4	1.665,9	31,7	19,0	660,8	5.684,0
Metálicos	6.241,4	1.963,7	94,0	3.696,2	478,9	8,6
Papel y Cartón	2.925,5	677,8	49,8	213,1	1.971,1	13,7
Químicos	2.357,2	1.584,0	10,2	548,4	184,5	30,1
Equipos desechados	1.413,0	32,1	13,3	187,3	1.172,9	7,4
Lodos comunes	1.337,3	293,1	3,1	1.029,0	7,3	4,8
Madera	949,3	602,3	71,9	56,0	197,8	21,3
Plásticos	893,8	253,5	24,8	273,5	306,0	36,0
Otros	461,0	77,9	2,1	7,8	363,2	10,0
Vidrio	367,2	126,6	6,1	85,4	148,0	1,1

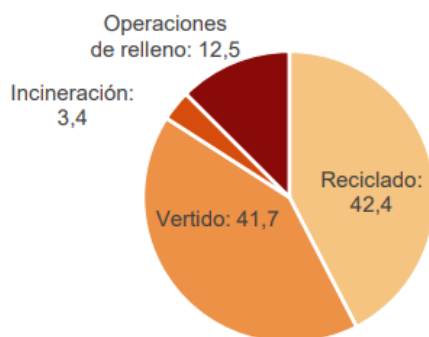
En tratamiento final de los residuos en la economía española, de los 133,2 millones de toneladas que se han generado, se han logrado gestionar un tratamiento final de gestión de residuos de 115,9 millones de toneladas, lo que se traduce en un 5% menos que el año anterior.

Tabla N º: 09: Tratamiento final de residuos. Año 2019 (16).**Tratamiento final de residuos. Año 2019**

Unidad: miles de toneladas

Residuos tratados (por tipo de gestión)	Cantidad	Tasa anual
Total residuos gestionados	115.879,8	-5,0
No peligrosos	113.676,7	-5,0
Peligrosos	2.203,1	-4,6
Reciclado	49.109,7	3,9
No peligrosos	47.572,8	4,3
Peligrosos	1.536,9	-5,7
Vertido	48.291,5	-17,9
No peligrosos	47.789,9	-18,0
Peligrosos	501,6	-3,5
Incineración	3.931,6	5,7
No peligrosos	3.767,0	5,8
Peligrosos	164,6	3,0
Operaciones de relleno	14.547,0	19,4
No peligrosos	14.547,0	19,4
Peligrosos	--	--

De lo anterior se obtienen los siguientes porcentajes:

Tratamiento final de residuos (porcentaje). Año 2019**Figura N º: 09: Tratamiento final de residuos (porcentaje). Año 2019. (16)**

Los residuos que se han reciclado han sido más que el año pasado, donde la partida de Residuos y minerales corresponde a un 47,8% seguid por los residuos metálicos con un 20,9%, dos grandes tipos de materiales que se utilizan en grandes proporciones en la construcción.

Tabla N º: 10: *Reciclado por categoría de residuos. Año 2019 (16).***Reciclado por categoría de residuos. Año 2019**

Unidad: miles de toneladas

Residuos reciclados (por tipos)	Reciclado	%	Tasa anual
TOTAL	49.109,7	100,0	3,9
Minerales	23.497,0	47,8	11,1
Metálicos	10.270,1	20,9	-4,4
Papel y Cartón	3.904,8	8,0	-0,2
Residuos mezclados	3.621,2	7,4	-0,2
Animales y vegetales	1.780,2	3,6	0,5
Vidrio	1.295,2	2,6	16,1
Químicos	1.236,8	2,5	-2,9
Lodos comunes	1.104,6	2,3	-13,2
Madera	984,4	2,0	1,8
Plásticos	722,9	1,5	12,0
Equipos desechados	480,4	1,0	-15,8
Otros	212,1	0,4	15,5

Así también se tiene una comparativa donde se menciona la cantidad de residuos reciclados desde el año 2015 y debido a las distintas políticas públicas y buen manejo de la gestión de residuos ha habido un aumento en este aspecto.

El año 2019 se ha mantenido en una tendencia bajista desde los últimos años analizados donde en el 2019 sigue con la misma inclinación disminuyendo en 8 puntos porcentuales en comparación con el año 2018.

Tabla N º: 11: Tasas de variación anual de residuos generados por sectores de actividad. Año 2019 (16).

Tasas de variación anual de residuos generados por sectores de actividad. Año 2019

Unidad: porcentaje

	Total Sectores	Industria (Incluidas minería y producción de energía)	Construcción	Suministro de agua, saneamiento gestión de residuos ...	Servicios	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
Residuos generados	-4,0	-4,4	-8,0	-1,2	8,8	-1,2
Minerales	-7,4	-5,8	-7,9	-30,8	-8,5	-3,8
Residuos mezclados	0,6	1,0	37,5	1,7	-15,3	-8,2
Animales y vegetales	-2,7	3,9	-49,2	-1,6	-24,7	-0,6
Metálicos	4,9	-0,4	25,8	1,4	92,9	-3,4
Papel y Cartón	26,5	1,3	-21,7	-6,3	47,3	-4,2
Químicos	1,8	-0,7	15,9	6,7	11,5	-8,2
Equipos desechados	-0,7	15,5	177,1	33,7	-5,6	-3,9
Lodos comunes	-16,6	2,2	-26,2	-21,0	55,3	-9,4
Madera	-3,1	2,4	-50,1	18,1	9,9	5,4
Plásticos	13,0	1,9	9,7	28,2	14,9	-10,0
Otros	7,0	0,8	31,3	8,3	8,6	-3,8
Vidrio	9,4	5,1	-30,7	15,7	12,7	-15,4

Los datos presentados son solamente datos correspondientes a España como método investigativo, cabe destacar que España es uno de los países avanzados en temas de políticas de gestión de residuos, sin embargo, la aplicación de estas políticas o control de estas no son como se estipula en las normativas, leyes, o Reales Decretos. Los datos presentados anteriormente son con el fin de reflejar las cuentas medioambientales de un país para situar una magnitud en referencia a la adecuada gestión de residuos.

Gracias a los datos obtenidos anteriormente se reafirme que la construcción en España es uno de los mercados de los cuales más generan residuos, por lo que crear una metodología que aporte a aumentar las cuentas ambientales, en temas de clasificación, segregación, cuantificación, u otro tipo de procedimiento, son sin duda un aporte a el desarrollo sostenible de un país.

Ha habido grandes propuestas e inquietudes a nivel nacional con relación al impacto ambiental, a la sostenibilidad, al desarrollo sostenible, entre otros. Sin embargo, a medida que estas ideas, propuestas, iniciativas se van acercando a un nivel local, no se están considerando. Es por lo anterior que la metodología propuesta será todo lo contrario a lo que se está planteando desde estas grandes instituciones, es decir, comenzar el cambio desde una perspectiva más local, con

el fin de ir escalando a medida que genere un gran impacto, social, medioambiental y económico, es decir, como base fundamental los pilares de la sostenibilidad.

IV. LOS OBJETIVOS PRINCIPALES DE ESTA INVESTIGACIÓN

Los objetivos de esta investigación se centran en dos principales categorías, los objetivos generales que se enfocan en la agenda 2030 de las Naciones Unidas, el Libro Verde de la Comunidad de Madrid y el Plan de Gestión de Residuos de la Comunidad de Madrid. Además, se centran en la extrapolación de la metodología en obras de urbanización a obras civiles, como puentes, carreteras, entre otras. Los objetivos particulares, son los resultados que se quiere obtener con esta metodología en obras de urbanización, a continuación, se detallan los objetivos planteados.

Generales

- Promover la máxima integración ambiental en todas las fases de los proyectos de urbanización, abarcando desde la planificación inicial hasta la ejecución y conservación, con el objetivo de asegurar prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en el desarrollo urbano.
- Minimizar los impactos negativos derivados de los proyectos de urbanización sobre el medio ambiente, adoptando medidas que incluyan la prevención, anulación, atenuación, corrección y compensación, con el propósito de asegurar un desarrollo urbano sostenible y respetuoso con el entorno natural.
- Erradicar por completo el traslado ilegal de residuos de construcción provenientes de urbanizaciones, garantizando la implementación de prácticas sostenibles de gestión de residuos y eliminando cualquier traslado indebido a vertederos no autorizados a largo plazo.

Particulares

- Lograr una tasa de identificación de residuos del 80% en la fase de proyecto y luego durante el plazo de ejecución de la obra de urbanización, clasificando de manera efectiva residuos descritos por la Lista Europea de residuo en el plazo de ejecución de la obra.
- Crear, implementar y evaluar una metodología que integre distintas maneras de identificar, estimar, segregar, reutilizar y valorizar los residuos dentro de una obra de urbanización en la fase de proyecto y que se pueda ejecutar en obra.

-
- Crear y poner en funcionamiento un proceso de valorización de residuos, con el fin de suministrar de manera autónoma materiales sostenibles, como áridos reciclados, hormigón reciclado, entre otros, para su uso en proyectos de urbanización. El objetivo es alcanzar una tasa de producción de materiales sostenibles del 30% del total de materiales utilizados en la obra durante el primer año de implementación del proceso de valorización. Este enfoque contribuirá a la sostenibilidad del proyecto y a la reducción del impacto ambiental asociado con la gestión de residuos.
 - Reducir al mínimo el traslado de residuos de construcción a vertederos durante el transcurso de la obra. Implementar prácticas efectivas de gestión de residuos, promoviendo la reutilización y reciclaje en el sitio de construcción, con el objetivo de alcanzar una disminución del 20% en la cantidad de residuos enviados a vertederos en estimados en la fase de proyecto.

V. METODOLOGÍA

Con el fin de representar de manera esquemática la metodología propuesta se presenta un diagrama de flujo con las cuatro principales fases de este procedimiento, las cuales son explicadas y detalladas dentro de este apartado.

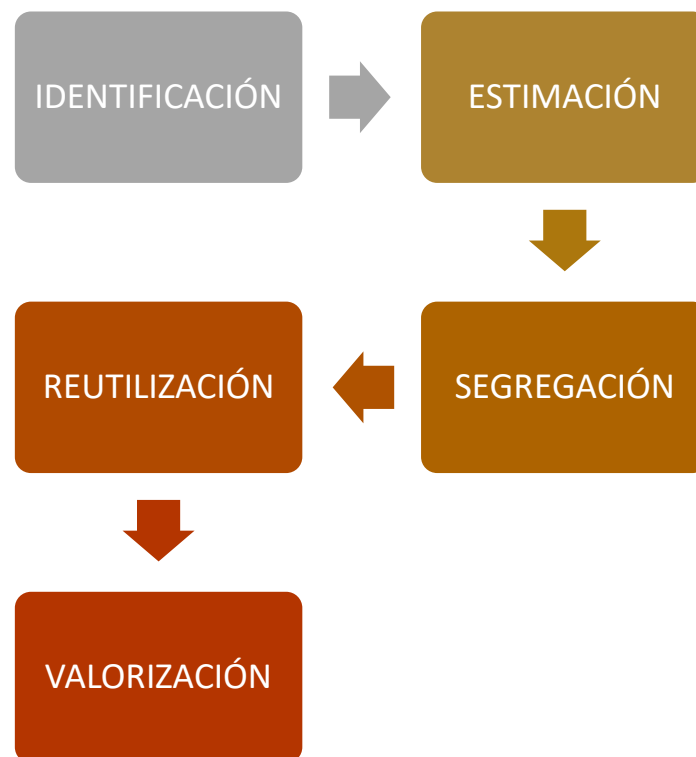


Figura N º: 10: Metodología

V.1. IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

Residuos Peligrosos

Los residuos peligrosos también entran dentro de los residuos que se pueden encontrar dentro de una obra de urbanización, pero no a gran escala como el movimiento de tierras o la

pavimentación. Una definición que explica correctamente lo que es un residuo peligroso es la siguiente:

“Contiene sustancias peligrosas o tóxicas para el ser humano o contaminantes para el medio ambiente. Están recogidos y clasificados en la legislación y su traslado y manipulación corre a cargo de gestores autorizados.

Pese a que su volumen no es muy elevado en el global de los RCD, no debe menospreciarse su potencial tóxico o contaminante. El principal problema de este tipo de residuos radica en su capacidad para contaminar otros residuos, especialmente los inertes. La mezcla de los residuos tóxicos y peligrosos con los inertes produce la contaminación de estos últimos, que multiplica la cantidad de residuos que deben entregarse a gestores autorizados. La mezcla y contaminación de residuos supone un grave problema tanto para la salud humana como para el medio ambiente. Además, aumenta considerablemente los costes de gestión.” (17)

Los residuos peligrosos se pueden clasificar en tres subdivisiones, los residuos peligrosos generales, independientemente de la partida del proyecto específico que lo genere, donde se encuentran barnices, pinturas, disolventes, resinas epoxi, colas, pegamentos, aerosoles, siliconas, etc. A su vez se pueden contemplar en esta lista los residuos ligados al mantenimiento de maquinaria, de los cuales se pueden nombrar algunos como aceites lubricantes usados, latiguillos, filtros de aceite, gasolina, baterías, entre otros.

Otro tipo de residuo peligroso son los residuos peligrosos singulares, en este apartado se encuentran los residuos de amianto, este se encuentra principalmente en el cemento para fabricación de losetas, tableros o tubos a presión. Así también, se ve representados en esta categoría los suelos contaminados, son suelos que han sido ocupados anterior o actualmente por una actividad contaminante de suelos.

Por último, en la categoría de suelos peligrosos están los residuos peligrosos específicos, de los cuales en su mayoría son residuos que contienen PCB's o PCT's. “Los PCB (policlorobifenilos) y los PCT (policloroterfenilos) son compuestos orgánicos policlorados que, por sus buenas propiedades térmicas, fueron muy utilizados en el siglo XX como aceites lubricantes, dieléctricos, fluidos hidráulicos, resinas aislantes, pinturas, ceras, selladores de juntas de hormigón, refrigerante en equipos eléctricos, etc” (18) (19) (20).

Los equipos donde se pueden encontrar estos elementos son en los centros de transformación de energía, centros de reparto de energía, etc.

Otros residuos específicos son aquellos residuos que provienen de aparatos eléctricos o electrónicos, específicamente de sus materiales, componentes, consumibles y subconjuntos que los componen. Se consideran aparatos eléctricos y electrónicos los que necesitan una corriente eléctrica o campos electromagnéticos para su funcionamiento, con una tensión no superior a 1000 V en corriente alterna y 1500 V en corriente continua. A pesar de que la mayoría de estos aparatos contienen sustancias peligrosas, hay excepciones que no las poseen.

En esta categoría, además, podemos incorporar pilas con restos de mercurio o cualquier otra pila o batería diferente a la de uso doméstico, baterías de plomo, y acumuladores de níquel-cadmio.

Por último, los aceites usados entran de esta categoría, que se definen como aceites industriales que se hubiera vuelto inadecuado para el uso al que se le hubiera asignado principalmente. Generalmente este se ve en el cambio de aceite de la maquinaria.

Residuos No Peligrosos

Estos residuos no poseen características de ser residuos peligrosos, sin embargo, también tienen una clasificación, de este tipo se puede considerar los siguientes:

Residuos Inertes:

Los residuos inertes son aquellos no peligrosos y que no experimentan ninguna transformación física, química o biológica. No son solubles, combustibles, ni poseen algún tipo de reacción frente al entorno, no son biodegradables, no afectan negativamente a otros materiales al ponerse en contacto. Ejemplos de estos residuos son los mencionados a continuación. Cabe destacar, que en los residuos de esta clase que se consideren contaminados no serán considerados residuos inertes.

Además, como se establece en la Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid, no se van a considerar residuos las tierras procedentes de suelo no contaminado declaradas por la Consejería de Medio Ambiente. Si estos suelos no contaminados se reutilizan en otros proyectos o en el mismo se consideran subproductos y si estos se dirigen a vertedero se considera como residuos inertes (21).

Residuo De Construcción Y Demolición (Rcd's):

Los Residuos de construcción y demolición, de ahora en adelante RCD's, ya se encuentran clasificados por la Lista Europea de Residuos (LER) de conformidad con la Directiva 75/442/CEE, sobre residuos y la Directiva 91/689/CEE, sobre residuos peligrosos. Exactamente en el capítulo 17 que se titula de la siguiente manera, "Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)" (22).

A continuación, se dará a conocer la lista de los residuos integrados en esa lista:

17 01 Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos.

17 01 01 Hormigón.

17 01 02 Ladrillos.

17 01 03 Tejas y materiales cerámicos.

17 01 06* Mezclas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, pelig.

17 01 07 Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las de código 17 01 06.

17 02 Madera, vidrio y plástico.

17 02 01 Madera.

17 02 02 Vidrio. 17 02 03 Plástico.

17 02 04* Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas.

17 03 Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados.

17 03 01* Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla.

17 03 02 Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 17 03 01.

17 03 03* Alquitrán de hulla y productos alquitranados.

17 04 Metales (incluidas sus aleaciones).

17 04 01 Cobre, bronce, latón.

17 04 02 Aluminio.

17 04 03 Plomo.

17 04 04 Zinc.

17 04 05 Hierro y acero.

17 04 06 Estaño.

-
- 17 04 07 Metales mezclados.
 - 17 04 09* Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas.
 - 17 04 10* Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas.
 - 17 04 11 Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10.
 - 17 05 Tierra (incluida la excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje.
 - 17 05 03* Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas.
 - 17 05 04 Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 17 05 03.
 - 17 05 05* Lodos de drenaje que contienen sustancias peligrosas.
 - 17 05 06 Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 17 05 05.
 - 17 05 07* Balasto de vías férreas que contienen sustancias peligrosas.
 - 17 05 08 Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 17 05 07.
 - 17 06 Materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto.
 - 17 06 01* Materiales de aislamiento que contienen amianto.
 - 17 06 03* Otros materiales de aislamiento que consisten en, o contienen, sustancias peligrosas.
 - 17 06 04 Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 17 06 01 y 17 06 03.
 - 17 06 05* Materiales de construcción que contienen amianto
 - 17 08 Materiales de construcción a partir de yeso.
 - 17 08 01* Materiales de construcción a partir de yeso contaminados con sustancias peligrosas.
 - 17 08 02 Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 17 08 01.
 - 17 09 Otros residuos de construcción y demolición.
 - 17 09 01* Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio.

17 09 02* Residuos de construcción y demolición que contienen PCB

17 09 03* Otros residuos de construcción y demolición que contienen sustancias peligrosas.

17 09 04 Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.

Además, existe otra forma de clasificar a los RCD's la cual se explica a continuación:

-Nivel I de RCD:

Se refiere a los residuos que surgen de las obras de infraestructura local o supramunicipal incluidas en planes de desarrollo urbanístico o regionales. Estos residuos se generan como excedentes de excavación durante el progreso de dichas obras. En términos simples, se trata de tierras y materiales pétreos no contaminados que provienen de actividades de excavación.

-Nivel II de RCD:

Estos residuos se generan principalmente en actividades relacionadas con el sector de la construcción, demolición, reparación domiciliaria e instalación de servicios. Para identificar los residuos generados en la obra, se hace una distinción entre aquellos relacionados con la demolición de elementos existentes y aquellos que se originan durante la propia ejecución de la obra.

Residuos No Peligrosos General

A diferencia de los residuos mencionados anteriormente son aquellos que, si experimentan algún cambio por interactuar con el entorno, ya sea por ser solubles, combustibles, biodegradables, entre otros.

Dentro de este grupo se pueden encontrar los siguientes, lodos de fosas sépticas no peligrosos, papel, cartón, neumáticos fuera de uso, vidrio, envases, vegetales, embalajes, chatarra, etc.

Residuo Asimilable A Urbano

Estos residuos son principalmente los que comprenden residuos de envases, oficina, comedores, entre otros. Estos residuos serán tratados como lo establece la normativa municipal, es decir, no tienen el mismo tratamiento que los residuos peligrosos o los RCD.

Residuos De Envases Industriales:

A diferencia de los residuos asimilables a urbano, estos son aquellos envases que no entran dentro de esa categoría, ejemplo de estos residuos son plásticos de protección, embalaje, sacos de cemento, entre otros.

Para los envases industriales no se permite su reutilización como subproducto o su valorización en la propia obra.

Residuos Especiales

Los residuos especiales son todos aquellos residuos que no son englobados en las categorías anteriormente mencionadas, estas por lo tanto se excluyen del ámbito de aplicación de la ley de residuos. Entre estos residuos se pueden mencionar los residuos radioactivos y los residuos de animales muertos.

A continuación, se adjunta una tabla con la clasificación mencionada anteriormente:

Tabla N º: 12: Clasificación de residuos. (Elaboración propia)

TIPO	CLASIFICACIÓN	EJEMPLOS	LUGARES DE PROSENCIA
RESIDUOS PELIGROSOS	PELIGROSO GENERAL	<ul style="list-style-type: none"> - Material contaminado empleado en labores de mantenimiento (filtros, guantes, trapos, etc...). - Envases que hayan procedido de algún producto químico. - Restos de pintura y/u otros productos químicos (barniz, pintura, disolventes, resinas, pegamentos, colas, siliconas, aerosoles, entre otros). - Cartuchos de tinta de impresoras, tóner de fotocopadoras. - Fluorescentes. - Productos de limpieza caducados y los envases correspondientes. 	OBRAS Y OFICINA

		- Clorofluorcarbonados, que aparecen en los equipos de aire acondicionado.	
	PELIGROSO SINGULAR	- Amianto - Suelos contaminados	OBRAS
	PELIGROSO ESPECIFICOS	- Equipos electrónicos fuera de uso, impresoras, ordenadores, fotocopiadoras, entre otros. - Pilas y baterías usadas. - Aceites usados - Residuos que contienen PCB 's o PCT 's. - Residuos de aparatos electrónicos	OBRAS Y OFICINA
RESIDUOS NO PELIGROSOS	RESIDUO DE CONTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD's)	Los residuos mencionados en la Lista Europea de Residuos (LER). Nivel I y Nivel II	OBRAS
	RESIDUOS ASIMILABLE A URBANO	- Basura tipo domicilio, restos de curas, botiquines caducados, entre otros. - Basura generada en comedores - Papel - Cartón - Plástico	OBRAS Y OFICINA
	RESIDUOS DE ENVASES INDUSTRIALES	- Residuos de plásticos de protección - Embalaje - Sacos de cemento.	OBRAS Y OFICINA
RESIDUOS ESPECIALES	RADIOACTIVO/ANIMALES MUERTOS	- Detectores iónicos - Pararrayos - Restos de animales muertos	OBRAS Y OFICINA

Uno de los objetivos principales de la correcta identificación de los residuos es poder dar prioridad a su reutilización, reciclaje o valorización, dependiendo de cuál sea el caso. Por lo que, se deberán separar los residuos en las categorías antes mencionadas. Si el residuo no se logra caracterizar en ninguna de estas categorías se deberá llevar a un vertedero autorizado.

V.2. ESTIMAR LA CANTIDAD DE RESIDUOS

La estimación de las cantidades de los residuos generados es determinante para elegir las técnicas de reciclaje, reutilización, valorización o una medida de gestión para los residuos generados. Sin embargo, cuando se requiere un cálculo para estimar las cantidades de residuos generados es muy difícil acertar en un 100% las cantidades de material. Esto significa que se tiene que recurrir a otras experiencias similares o estudios.

Hay un sinfín de variables en la cuales los residuos pueden verse afectados, donde se pueden mencionar el lugar y la época del año, la economía de la zona, el tipo de estructura que se está realizando y la finalidad de esta, la actividad o partida que generan los residuos, entre otros.

Nunca se va a lograr una precisión exacta de los residuos generados, ya sean de construcción, peligrosos, no peligrosos, entre otros. Sin embargo, existen varias metodologías que existen para cuantificar los residuos generados. Cabe destacar, que estas metodologías son para obras de edificación, por lo que se va a extrapolar el procedimiento para obras civiles.

Bossink y Brouwers (1996):

En Holanda, se estudiaron cinco proyectos de edificación residencial y una gran cantidad de materiales de construcción, esto con el fin de estimar la cantidad de residuos de dichas construcciones. El proyecto de investigación indica que la principal cantidad de residuos sólidos en una construcción es causada por el uso de una pequeña variabilidad de los materiales de construcción. A continuación, se expone una tabla con los resultados obtenidos. (23)

Tabla N º: 13: *Construction Waste of Fractions as Percentage of Total Amount of Construction Waste.* (23)

Aplication of construction material	Construction waste (by weight) (%)
Stone tablets	29,00
Piles	17,00

Concrete	13,00
Sand-lime elements	11,00
Roof-tiles	10,00
Mortar	8,00
Packing	7,00
Sand-lime bricks	3,00
Remainder (mainly small fractions of metal and wood)	2,00

El 80% de los residuos de la construcción fueron causados por el uso de losas, pilotes, hormigón, elementos silicocalcáreos, y tejas. Esto provocó el 67% del total de residuos.

Luego de analizar las muestras de los cinco proyectos distintos llegaron a la siguiente conclusión:

“The research data indicate that 9% of the totally purchased materials end up as waste (by weight). From 1% to 10% of every single purchased construction material leaves the construction site as solid waste (Table 6). Though this amount is still substantial and should be reduced further, it is well below the waste generated in comparable projects in Brazil. The presented literature survey shows that in Brazil, 20-30% of the purchased materials are not used well and end up as waste.” (23)

Poon (2001)

Los escombros en los sitios de construcción a menudo incluyen restos de materiales como madera, mampostería, yeso y plástico. Las composiciones típicas de los residuos generados en Hong Kong se muestran en la Tabla N.º 14. Los desechos generados normalmente representan del 10 al 20 por ciento del peso total de los materiales de construcción entregados en las obras (24).

Tabla N.º 14: Composition of building and demolition waste. (24)

Constituent	Percent	
	Building demolition waste	Building waste
Asphalt	1,61	0,13
Concrete	19,99	9,27
Reinforced concrete	33,11	8,25
Dirt, soil, mud	11,91	30,55
Rock	6,83	9,74
Rubble	4,95	14,13
Wood	7,15	10,53
Bamboo	0,31	0,30

Block concrete	1,11	0,90
Brick	6,33	5,00
Glass	0,20	0,56
Other organics	1,30	3,05
Plastic pipe	0,61	1,13
Sand	1,44	1,70
Trees	0,00	0,12
Fixture	0,04	0,03
Junk	0,07	0,24
Metal (ferrous)	3,41	4,36
Total	100,00	100,00

“The composition of building construction waste is highly variable, depending on the technology used to build the structure. For example, there will be very little waste concrete and timber forms for disposal if precast concrete elements are adopted.” (24)

Kourmpanis (2008)

Se han estudiado otras maneras de estimar la cantidad de residuos, el autor mencionado ha dado con una estimación a base de un cálculo matemático, el cual se expone a continuación (25):

$$DW = ND \times ANF \times AS \times DWB \times D$$

DW: Cantidad de residuos de demolición. [ton]

ND: Numero de edificios demolidos.

ANF: Promedio de pisos por cada edificio demolido.

AS: Area promedio del edificio demolido. [m²]

DWB: Volumen de residuos generados por cada 100 m² [m³]

D: Densidad promedio de los residuos generados. [$\frac{ton}{m^3}$]

Solis y Guzman (2009)

Estos autores han estudiado otro método de cuantificación para los residuos de la construcción de viviendas, el cual es apodado SMARTWaste TM, este es una metodología de cuantificación de Reino Unido. Este principalmente se basa en experiencias anteriores y subdivide los materiales dentro de un proyecto para su clasificación en 13 categorías distintas, por ejemplo, cerámicas, hormigón, pallets de madera, entre otros (26).

Como se ha podido apreciar, existen diversas maneras de calcular los residuos dependiendo de los factores que se presenten. Por su parte, el Plan de Nacional Integrada de los RCD's, también cuenta con metodologías para cuantificar los residuos de obras de edificación, los cuales se aprecian a continuación.

Tabla N º 15: Cuantificación de residuos según el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001 – 2006. (27).

MATERIAL	PORCENTAJE
ESCOMBROS	75,00 %
LADRILLOS, AZULEJOS Y OTROS CERAMICOS	54,00 %
HORMIGON	12,00 %
PIEDRA	5,00 %
ARENA, GRAVA Y OTROS ARIDOS	4,00 %
MADERA	4,00 %
VIDRIO	0,50 %
PLÁSTICO	1,50 %
METALES	2,50 %
ASFALTO	5,00 %
YESO	0,20 %
PAPEL	0,30 %
BASURA	7,00 %
OTROS	4,00%

Los porcentajes presentados anteriormente, son específicamente para proyectos de edificación, sin embargo, los proyectos de obra civil no cuentan con los mismos parámetros que en estos proyectos, es por lo anterior que se ha adaptado estos porcentajes y la interpretación de los estudios analizados anteriormente para proyectos de urbanización. Los proyectos de obra civil cuentan con unos volúmenes de demoliciones y movimientos de tierras significativamente mucho mayor al resto de las partidas. Aclarado este punto, la metodología se va enfocar en utilizar todas las tierras provenientes de excavaciones de a propia obra para usos de construcción, es decir, construcción cimientos y núcleos de terraplenes, relleno de parcelas, relleno de zanjas, taludes, entre otros, como lo explicita la normativa vigente mencionada anteriormente. Sin embargo, no todas las tierras son reutilizables en una obra, ya sea porque

tiene material contaminado o es de una calidad no procedente a las características de proyecto, por lo que procede al traslado de estas como residuos.

Los porcentajes asignados en la siguiente tabla son debido a experiencias anteriores obtenidos en diferentes obras de urbanización, las cuales algunas de ellas van a ser estudiadas en el apartado de Resultados y Discusión de esta investigación. Además, se ha tenido en consideración las conclusiones obtenidas por diferentes investigaciones expuestas anteriormente, con el fin de optimizar el proceso de estimación de residuos. Básicamente los porcentajes se basan en la medición de proyecto asignando a cada una de las partidas un porcentaje correspondiente dependiendo de la partida, a final de la medición se obtiene una cantidad de metros cúbicos de residuos estimado el cual se le aplican los porcentajes estudiados.

Tabla N º 16: Cuantificación de residuos según metodología propuesta (Elaboración propia).

MATERIAL	PORCENTAJE
TIERRAS	75,00%
LADRILLOS, AZULEJOS Y OTROS CERAMICOS	0,70%
HORMIGON	2,00%
ELEMENTOS PETREOS	0,30%
MADERA	0,30%
PLÁSTICO	0,20%
METALES	0,20%
ASFALTO	5,00%
YESO	0,10 %
PAPEL	0,20 %
BASURA	10,00%
OTROS	6,00%

De todos los análisis realizados anteriormente se ha llegado a la conclusión en la cual estos porcentajes son capaces de disminuir los impactos económicos en los presupuestos de las obras de urbanización. Si bien pueden ser estudiados como base para otro tipo de obras está definido para obras de urbanización, para que esta metodología se pueda reutilizar en otro tipo de obras se requiere un estudio puntual de la obra a ejecutar. Lo que logra esta estimación es generar residuos de manera proporcional a las partidas existentes y no tener una partida general de residuos que agrupe a todos los restos de obra en una sola partida, es decir, desglosar el capítulo de Gestion de Residuos en base a los materiales que se van a utilizar en la obra.

V.3. MEDIDAS DE SEGREGACION

La separación en origen con RCD es una medida imprescindible destinada a cubrir la necesidad de gestionar de la forma más adecuada los distintos residuos generados, siempre respetando el medio ambiente. Con una adecuada separación, es posible así optimizar el tratamiento de los materiales reciclables, así como su suficiente reutilización en la propia obra.

Para la correcta segregación de los residuos se va a clasificar según la clasificación mencionada anteriormente, para aquello se establecerán distintas zonas de almacenamiento con los requerimientos específico de cada clasificación.

Para su almacenamiento temporal en la estadía de los residuos en obra se optará por contenedores con diferentes capacidades que se adapten a las exigencias requeridas por los futuros gestores de aquellos residuos generados en obra. (28) (29)

Otras medidas a implementar para aportar a la segregación será minimizar el uso de los materiales, claro esta que este proceso se tiene que realizar en fase de proyectos con el fin de optimizar al máximo posible la producción de la obra, con el mínimo de los materiales y que cumpla con las exigencias establecidas.

V.4. ANÁLISIS PARA REUTILIZACIÓN

Existen materiales dentro de la obra que pueden ser reutilizados sin un proceso de transformación previo, como lo son las vallas, los elementos de seguridad, los encofrados. Si se logra una segregación de los materiales que pueden ser utilizados sin ser sometidos a un procedimiento previo, será un aporte a los objetivos de esta investigación.

A partir de los materiales segregados y clasificados, tal como se explica en la sección anterior, resulta sumamente interesante desde una perspectiva ambiental la posibilidad de reutilizar algunos de ellos tanto en la misma obra como en otros lugares externos.

Las opciones más viables para la reutilización son las siguientes:

- 1- Aprovechar los suelos excavados para rellenar el espacio interno de las estructuras.
- 2- Reutilizar la madera utilizada en los encofrados.
- 3- Destinar parte de los suelos excavados para los jardines municipales cercanos.

4- Utilizar los materiales pétreos como relleno en obras cercanas.

5- Utilizar pallets retornables y adquirir pinturas a granel.

Aunque los suelos excavados podrían clasificarse como Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de Nivel II (según las características de la obra, según se indica en el Plan de Gestión Integrada de los RCD de la Comunidad de Madrid), su composición podría ser similar a los RCD de Nivel I, por lo que se someterán a un proceso de reutilización similar al establecido para estos.

Existe un proceso el cual brinda esta metodología que es el poder tratar ciertos materiales luego de su valorización, con el fin de poder ser reciclados. Entre estos materiales se encuentran los áridos reciclados o el hormigón reciclado que serán definidos en el siguiente apartado.

V.5. VALORIZACION DE LOS RESIDUOS

Existen varios métodos y definiciones a las cuales se le puede otorgar la palabra valoración, para aquello en esta sección de la metodología se van a apreciar dos distintas maneras de poder valorar un residuo, que al final se llega a la misma conclusión, es decir, poder reutilizar el material de una manera u otra. Por una parte, encontramos la valorización de los residuos en un ámbito económico, es decir, poder agregar un valor monetario a los residuos y, por otra parte, existe el valor material, que es poder usar ese material sobrante, usado, o retirado en alguna otra partida del proyecto u otros proyectos.

Valoración monetaria

Cuantificar los residuos de una manera u otra es muy difícil a través de un método preciso y a base de cálculos, debido a que estos son elementos muy imprecisos de cuantificar o bien ya se encuentra en las obras. Naturalmente para calcular los residuos se establece con el procedimiento a través de porcentajes explicado en los apartados anteriores. Ahora bien, los precios van variando, dependiendo del lugar donde se encuentre la obra y los mercados para este tipo de material. La valorización monetaria, se puede conseguir con mayor detalle en la fase de proyectos donde se puede conseguir un ahorro significativo, segregando los materiales cada uno con su clasificación correspondiente. Poder trasladar esta clasificación teórica a la práctica es si bien muy difícil, pero no imposible. En el estudio de los casos de esta presente investigación se muestra la diferencia económica que existe al segregar los materiales en fase de proyecto.

Otro método de poder valorizar los residuos, es ser productor de residuos y lograr una ganancia a través de estos materiales. Actualmente hay muchos mercados emergentes y estableces con relación a los residuos inertes generados en la construcción entre los cuales podemos encontrar:

- Residuos de chatarra férrica
- Vidrio
- Materiales nobles de la construcción y carpintería (cuarterones, cercos, rejas, portones, ventanas, marcos, etc.)
- Piedra labrada, fundamentalmente granito y basalto (adoquines, bordillos, losas, jambas, dinteles, etc.).

La mayoría de estos mercados se basa con la trituración del material a través de trituradoras, plantas móviles, plantas de llave en mano, u ocasionales. Con esto se obtiene el material triturado para sus futuros procesos de reutilización.

Sin embargo, para la valorización correcta del material, se tiene que contar con la infraestructura necesaria que pueda otorgar los resultados técnicos y de la calidad necesaria para el tratamiento de los residuos. Esto con el fin de poder integrar este material a una cadena de suministros de menor calidad que el natural, pero aun así cumpliendo con todos los estándares de la normativa europea.

Actualmente la mayoría de los esfuerzos están depositados en poder valorizar los residuos domésticos más que los residuos de obra, estos últimos como se menciona a lo largo de toda esta memoria, son retirados en la obra y depositados en vertederos autorizados, los cuales siguen un procedimiento externo con el residuo. Por lo que, la base principal de esta memoria es poder otorgarle un valor material a ese residuos ya clasificado, segregado, cuantificado y valorizado. (30) (31)

Valoración material

En relación con la valoración material que se le puede otorgar a los materiales bien clasificados y segregados, hoy en día existen un sinnúmero de investigaciones de las cuales se puede aprovechar este tipo de materiales, anteriormente se han mencionado algunos artículos de los cuales se han obtenido resultados importantes. Poder lograr un procedimiento de reutilización en la misma obra, como se realiza actualmente con las tierras, es un avance muy comprometedor para lograr el desarrollo sostenible.

A continuación, se señalarán algunos procedimientos que se están realizando para la reutilización de los materiales.

Cementos eco – eficientes.

Se ha realizado una investigación con relación a la valorización de los residuos de construcción y demolición, específicamente evaluando las puzolanas alternativas en el cemento. Este estudio se realizó a base de incorporar diferentes porcentajes a la base de la composición química, la incorporación de dichas puzolanas obtenidas en procesos de reutilización de residuos muestra unas ventajas tecnológicas en relación con los cementos comerciales, incorporando las mejoras medioambientales y sociales.

El proceso fue conformado primeramente por un acondicionamiento del material debido a su diversidad y heterogeneidad, el cual fue tratado en un proceso de secado y molienda para obtener la finura adecuada de las partículas.

De esta investigación se rescata diferentes conclusiones, de las cuales se pueden destacar que todos los cementos diseñados con RCD cumplen con la normativa vigente de la unión europea, en relación con las propiedades físicas, químicas y mecánicas. Por lo que, los RCD pueden ser incorporados en la matriz del cemento como adiciones puzolánicas en su fabricación, esto debido a su composición y puzonalidad semejante a otros residuos. Además, la incorporación de RCD con un 100% de contenido cerámico se ha demostrado que mejora las prestaciones de los cementos portland. (32)

Áridos reciclados.

El árido reciclado es un material de construcción obtenido a partir de la transformación de residuos de construcción y demolición (RCD) en un nuevo material apto para su uso en la construcción. Este material se produce mediante un proceso de trituración y clasificación de los residuos, y puede ser utilizado como relleno en obras de construcción, como base para carreteras, pavimentos, parques, zonas verdes, o en la fabricación de nuevos materiales de construcción.

La utilización de árido reciclado presenta numerosas ventajas, entre las que destacan:

- Contribuye a la protección del medio ambiente al reducir la cantidad de residuos que se envían a vertederos.
- Permite el ahorro de recursos naturales, ya que se reutilizan materiales que de otra forma serían desechados.

- Tiene un menor coste que el árido natural.

Sin embargo, también existen algunas limitaciones en su uso, como la necesidad de un proceso de clasificación y selección de los residuos adecuado para obtener un material de calidad, así como posibles problemas de compatibilidad con otros materiales utilizados en la construcción.

Uno de los materiales más comunes en la construcción es el hormigón, ya sea en cualquiera de sus posibles variables. Se han estudiado las distintas propiedades, tales como la durabilidad, la resistencia, la absorción, entre otras al agregar a este material áridos reciclados.

Como conclusiones de los estudios se pueden observar diferentes apreciaciones en las propiedades de este material alternativo, como, por ejemplo:

- Los áridos reciclados hacen que cumplan a priori para la fabricación de hormigón que vayan a estar sometidos a cargas de clase II (según EHE)
- Una de las diferencias encontradas frente a los hormigones realizados con árido natural son menor densidad y su mayor absorción, en fases de estado fresco y estado endurecido.
- Se ha realizado un ensayo donde la sustitución del 50% de los áridos gruesos naturales por áridos gruesos reciclados ha demostrado que para mantener la misma cantidad de agua cemento, se debe incrementar en la dosificación 6.2% el cemento. Con este aumento se garantiza la posibilidad de crear hormigones con consistencias blandas que a los 28 días cumplan una resistencia superior a 30MPa.
- Una conclusión interesante es que los dos hormigones tuvieron resistencia a la compresión similares, sin embargo, se ve que los hormigones que utilizan áridos reciclados consiguen una mayor ganancia después de los 28 días. (33)

Para utilizar este tipo de áridos, ya en proyectos específicos como la pavimentación, se tienen que escoger adecuadamente los materiales cumpliendo con las especificaciones técnicas de la función a ejecutar, como en un proyecto de pavimentación. Existen estudios que mencionan que los áridos reciclados pueden ser una alternativa viable y sostenible para este tipo de proyectos, pero cumpliendo ciertos estándares de calidad. (33)

Hormigón reciclado.

El hormigón reciclado es un material de construcción que se produce a partir de residuos de hormigón previamente utilizado, desmontado, triturado y procesado. En lugar de desechar el hormigón viejo, se tritura en trozos pequeños y se mezcla con cemento, agua y otros materiales, como áridos y aditivos, para crear un nuevo producto. El hormigón reciclado se puede utilizar en

una variedad de aplicaciones de construcción, como carreteras, pavimentos, cimentaciones y muros de contención.

El uso de hormigón reciclado presenta numerosos beneficios, como la reducción de la cantidad de residuos de construcción que van a los vertederos, el ahorro de energía y materiales, y la disminución de la huella de carbono de la construcción. Además, este nuevo material es una alternativa más económica al hormigón convencional, sin embargo, sus propiedades no son igual.

En cuanto a los países que utilizan hormigón reciclado, algunos de los mayores usuarios son los Estados Unidos, el Reino Unido, Australia y los Países Bajos. En los Estados Unidos, por ejemplo, el uso de hormigón reciclado es cada vez más común en proyectos de infraestructura y construcción, especialmente en áreas urbanas donde la cantidad de residuos de construcción es alta. En Europa, la Directiva de Residuos de la UE fomenta la utilización de materiales reciclados, lo que ha aumentado el uso de hormigón reciclado en países como el Reino Unido y los Países Bajos.

Así también, se han podido obtener distintas conclusiones acerca de este tipo de material a través de diferentes estudios, las principales conclusiones se muestran a continuación:

- Diversos estudios coinciden en que reutilizar el hormigón podría ser la mejor solución para disminuir en gran medida el transporte de residuos a vertederos. Además, reutilizar el hormigón en la creación de hormigón reciclado puede contribuir a la disminución de los desechos entregados cada año. Además, la reutilización ayudaría a disminuir las emisiones de CO₂ en todo el mundo. (34)
- La trabajabilidad del hormigón reciclado que contiene residuos de construcción se reduce significativamente porque el residuo requiere una gran cantidad de agua para alcanzar el asentamiento requerido. (34)
- El hormigón reciclado con residuos de construcción gana fuerza debido hipótesis de mejora de la resistencia en la hidratación temprana, alta rugosidad superficial debido a los residuos de construcción, conductividad hidráulica del hormigón, porcentaje de residuos de construcción en la mezcla, entre otros. (34)

A pesar de los diferentes pros y contras de este material todavía no existen las políticas públicas suficientes que ayuden a que este material surgir y poder ser implementado en gran medida en proyectos específicos que sus propiedades cumplan con los requisitos del proyecto, como se mencionaba anteriormente en proyectos de urbanización, carreteras, obras hidráulicas, entre otros. (35)

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el fin de poder comparar de manera real el beneficio de esta investigación se va a realizar un ejercicio teórico y práctico del seguimiento de esta metodología establecida y poder comprobar que la metodología puede agregar un beneficio en la gestión de residuos en la construcción de urbanizaciones. Para conseguir esta ejemplificación se contará con una base de precios verificada e utilizada en Madrid y se va a realizar la comparación entre el transporte de residuos con camión de residuos de construcción clasificados a vertedero con uno sin separación de residuos, todo esto incluyendo los precios de transporte y canon respectivos.

Las urbanizaciones por estudiar son cuatro, que se ubican en diferentes zonas de la Comunidad de Madrid y en diferentes Ayuntamientos. La urbanización 1 cuenta con 101.552,00 metros cuadrados, la urbanización 2 cuenta con 50.402,80 metros cuadrados, la urbanización 3 cuenta con 281.530,00 metros cuadrados y por último la urbanización 4 cuenta con 4.742.195,18 metros cuadrados. Estas urbanizaciones tienen características muy distintas donde las dos primeras cuentan con un suelo seleccionado de muy buenas condiciones y las dos últimas no. La urbanización 3 era antiguamente un vertedero de seda y la urbanización 4 posee un suelo marginal en la mayor parte de la obra.

A continuación, se expondrán las partidas a estudiar junto con sus respectivos precios:

Clasificación:**Tabla N º 17:** Partida de clasificación de hormigón, morteros y prefabricados.

	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Hormigón, morteros, prefabricados	1	Equipo y maquinaria	Transporte con camión de residuos inertes de hormigones, morteros y prefabricados producidos en obras de construcción y/o demolición, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.	0,12	58,48	7,13
	2	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	7,13	0,14
	3	Canon de vertido por entrega de residuos inertes a gestor autorizado	Canon de vertido por entrega de residuos inertes de hormigones, morteros, y prefabricados, producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. El precio no incluye el transporte.	1,00	7,38	7,38
	4	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	7,38	0,15
		Total				14,80

Tabla N º 18: Partida de clasificación de plásticos.

	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Plásticos	5	Equipo y maquinaria	Transporte con camión de residuos inertes plásticos producidos en obras de construcción y/o demolición, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.	0,07	58,48	4,04
	6	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	4,04	0,08
	7	Canon de vertido por entrega de residuos inertes a gestor autorizado	Canon de vertido por entrega de residuos inertes plásticos producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. El precio no incluye el transporte.	1,00	24,50	24,50
	8	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	24,50	0,49
		Total				29,11

Tabla N º 19: Partida de clasificación de ladrillos, tejas y materiales cerámicos.

Ladrillos, tejas y materiales cerámicos	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
	9	Equipo y maquinaria	Transporte con camión de residuos inertes de ladrillos, tejas y materiales cerámicos, producidos en obras de construcción y/o demolición, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra	0,11	58,48	6,20
	10	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	6,20	0,12
	11	Canon de vertido por entrega de residuos inertes a gestor autorizado	Canon de vertido por entrega de residuos inertes de ladrillos, tejas y materiales cerámicos, producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. El precio no incluye el transporte.	1,00	7,38	7,38
	12	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	7,38	0,15
		Total				13,85

Tabla N º 20: Partida de clasificación de papel y cartón.

	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Papel y cartón	13	Equipo y maquinaria	Transporte con camión de residuos inertes de papel y cartón, producidos en obras de construcción y/o demolición, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.	0,04	58,48	2,51
	14	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	2,51	0,05
	15	Canon de vertido por entrega de residuos inertes a gestor autorizado	Canon de vertido por entrega de residuos inertes de papel y cartón, producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. El precio no incluye el transporte.	1,00	14,02	14,02
	16	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	14,02	0,28
		Total				16,86

Tabla N º 21: Partida de clasificación de madera.

	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Madera	17	Equipo y maquinaria	Transporte con camión de residuos inertes de madera producidos en obras de construcción y/o demolición, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.	0,05	58,48	2,81
	18	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	2,81	0,05
	19	Canon de vertido por entrega de residuos inertes a gestor autorizado	Canon de vertido por entrega de residuos inertes de madera producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. El precio no incluye el transporte.	1,00	14,02	14,02
	20	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	14,02	0,28
		Total				17,16

Tabla N º 22: Partida de clasificación de metales.

	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Metales	21	Equipo y maquinaria	Transporte con camión de residuos inertes metálicos producidos en obras de construcción y/o demolición, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.	0,37	58,48	21,81
	22	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	21,81	0,44
	23	Canon de vertido por entrega de residuos inertes a gestor autorizado	Canon de vertido por entrega de residuos inertes metálicos producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. El precio no incluye el transporte.	1,00	14,02	14,02
	24	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	14,02	0,28
		Total				36,55

Tabla N º 23: Partida de clasificación de vidrios.

	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Vidrios	25	Equipo y maquinaria	Transporte con camión de residuos inertes vítreos producidos en obras de construcción y/o demolición, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.	0,13	58,48	7,84
	26	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	7,84	0,16
	27	Canon de vertido por entrega de residuos inertes a gestor autorizado	Canon de vertido por entrega de residuos inertes vítreos producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. El precio no incluye el transporte.	1,00	14,02	14,02
	28	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	14,02	0,28
		Total				22,29

Tabla N º 24: Partida de clasificación de tierras.

	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Tierras	29	Equipo y maquinaria	Transporte de tierras con camión de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a una distancia máxima de 10 km. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.	0,10	44,99	4,27
	30	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	4,27	0,09
	31	Canon de vertido por entrega de residuos inertes a gestor autorizado	Canon de vertido por entrega de tierras procedentes de la excavación, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. El precio no incluye el transporte.	1,00	2,14	2,14
	32	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	2,14	0,04
		Total				6,54

Sin Clasificación:**Tabla N º 25:** Partida de transporte de residuos sin clasificación.

	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Transporte de residuos	33	Equipo y maquinaria	Transporte con camión de mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, a vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos, situado a 10 km de distancia. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.	1,00	58,48	3,74
	34	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	3,74	0,07
	35	Canon de vertido por entrega de residuos inertes a gestor autorizado	Canon de vertido por entrega de mezcla sin clasificar de residuos inertes producidos en obras de construcción y/o demolición, en vertedero específico, instalación de tratamiento de residuos de construcción y demolición externa a la obra o centro de valorización o eliminación de residuos. El precio no incluye el transporte	1,00	16,48	16,48
	36	Costes directos y complementarios	Costes directos complementarios	2,00	16,48	0,33
		Total				20,63

Partida de Clasificación**Tabla N °26:** Partida clasificación de residuos.

	Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS	1	Clasificación de residuos de la construcción.	Clasificación y depósito de 1 metro cubico de residuo a pie de obra de los residuos de construcción y/o demolición, separándolos en las siguientes fracciones: hormigón, cerámicos, metales, maderas, vidrios, plásticos, papeles o cartones y residuos peligrosos; dentro de la obra en la que se produzcan, con medios manuales, y carga sobre camión.	1	2,06	2,06

Con la descripción de cada uno de los transportes de los residuos clasificados y no clasificados, junto con cada uno de sus respectivos canon y costes directos y complementarios, se va a realizar un caso teórico a modo de demostración donde en cada una de las partidas anteriormente mencionadas se transporta en un camión a un centro de vertido no más de 10km de distancia. En este caso teórico se van a considerar que se han acumulado 7 metros cúbicos de cada material y a su vez 56 metros cúbicos que equivaldría al material sin clasificar.

De lo anterior obtenemos los siguientes datos

Clasificación:

Tabla N º 27: Caso teórico clasificación. (Elaboración propia)

MATERIAL	Cantidad m ³	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
TIERRAS	7,00	4,36	2,18	45,80
LADRILLOS, AZULEJOS Y OTROS CERAMICOS	7,00	6,32	7,53	96,97
HORMIGON	7,00	7,27	7,53	103,63
MADERA	7,00	2,86	14,3	120,14
PLÁSTICO	7,00	4,12	24,99	203,73
METALES	7,00	22,25	14,3	255,84
PAPEL	7,00	2,56	14,3	118,05

MATERIAL	Cantidad m ³	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
Totales	56,00			959,18

Sin Clasificación:**Tabla N º28:** Caso teórico sin clasificación. (Elaboración propia)

MATERIAL	Cantidad m ³	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
Residuos sin clasificación	56,00	3,82	16,81	1155,28

Se puede apreciar en este caso teórico que existe una diferencia de 195,95 euros entre la clasificación y la no clasificación. Sin embargo, al ser un caso muy poco probable e irreal se va a realizar como está establecido en la estimación de residuos de la metodología, es decir, cada apartado por un porcentaje correspondiente respetando los 56 metros cúbicos de residuos obtenidos en el apartado anterior.

Cabe destacar, que debido a que no existen mercados establecidos con precios homologados por distintos entes que trabajen en la industria de la construcción, se ha considera una cantidad proporcional de material que no se ha podido clasificar, por lo cual suma como un viaje a vertedero tradicional sin clasificar. Con esto se obtiene un escenario más pesimista debido a que no se estaría cumpliendo la metodología en su totalidad.

De lo mencionado se obtiene,

Tabla N º29: Caso teórico con clasificación y metodología. (Elaboración propia)

Cantidad total de residuos: 56,00 metros cúbicos

Material	Factor de conversión porcentual	Cantidad m ³ optimizada	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
TIERRAS	0,750	42,00	4,36	2,18	274,68
LADRILLOS, AZULEJOS Y OTROS CERAMICOS	0,007	0,39	6,32	7,53	5,43
HORMIGON	0,020	1,12	7,27	7,53	16,58
MADERA	0,003	0,17	2,86	14,30	2,88

PLÁSTICO	0,002	0,11	4,12	24,99	3,26
METALES	0,002	0,11	22,25	14,30	4,09
PAPEL	0,002	0,11	2,56	14,30	1,89
OTROS	0,214	11,98	3,82	16,81	247,23
CLASIFICACIÓN					115.36

TOTALES	1,00	56,00	-	-	671,40
----------------	-------------	--------------	---	---	---------------

En este caso, nuevamente se aprecia un ahorro de 483,88 euros comparando con la Tabla N°28 con la mencionada anteriormente.

Con el fin de estudiar casos reales con la estimación mencionada se presentarán cuatro proyectos de urbanización dentro de la comunidad de Madrid con distintas envergaduras, la comparación se realizará con los precios de proyecto estudiado por la empresa que realice dicho proyecto, es decir, antes del proceso de licitación, por lo que los precios pueden variar. Cabe destacar, que esta comparación es solo con el fin de estudiar la eficacia de la metodología donde se aprecia que se logra conseguir los tres pilares de la sostenibilidad, económico, medioambiental y social.

Urbanización 1

Tabla sin clasificación

Tabla N ° 31: Caso urbanización 1 sin metodología. (Elaboración propia)

Material	Cantidad m³	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
RESIDUOS	100.557,9	3,82	16,81	2.074.260,92

Tabla con clasificación

Tabla N °30: Caso Urbanización 1 con metodología. (Elaboración propia)

Cantidad total de residuos: 100.557,90 metros cúbicos

Material	Factor de conversión porcentual	Cantidad m ³ proporcional	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
TIERRAS	0,750	75.418,46	4,36	2,18	493.236,70
LADRILLOS, AZULEJOS Y OTROS CERAMICOS	0,007	703,91	6,32	7,53	9.749,09
HORMIGON	0,020	2.011,16	7,27	7,53	29.765,15
MADERA	0,003	301,67	2,86	14,30	5.176,72
PLÁSTICO	0,002	201,12	4,12	24,99	5.854,48
METALES	0,002	201,12	22,25	14,30	7.350,79
PAPEL	0,002	201,12	2,56	14,30	3.390,81
OTROS	0,214	21.519,40	3,82	16,81	443.945,36
CLASIFICACIÓN					207.149,36

Totales	1,00	100.557,94			1.205.618,30
----------------	-------------	-------------------	--	--	---------------------

Urbanización 2

Tabla sin clasificación

Tabla N º 33: Caso urbanización 2 sin clasificación. (Elaboración propia)

Material	Cantidad m ³	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
RESIDUOS	58.012,88	3,82	16,81	1.196.661,94

Tabla con clasificación

Tabla N º 32: Caso Urbanización 2 con metodología. (Elaboración propia)

Cantidad total de residuos: 58.012,88 metros cúbicos

Material	Factor de conversión porcentual	Cantidad m ³ proporcional	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
TIERRAS	0,750	43.509,66	4,36	2,18	284.553,18
LADRILLOS, AZULEJOS Y OTROS CERAMICOS	0,007	406,09	6,32	7,53	5.624,35
HORMIGON	0,020	1.160,26	7,27	7,53	17.171,81
MADERA	0,003	174,04	2,86	14,3	2.986,50
PLÁSTICO	0,002	116,03	4,12	24,99	3.577,51
METALES	0,002	116,03	22,25	14,3	4.240,74
PAPEL	0,002	116,03	2,56	14,3	1.956,19
OTROS	0,214	12.414,76	3,82	16,81	256.116,42
CLASIFICACIÓN					119.506,53
TOTAL	1,00	58.012,88	-	-	695.533,24

Urbanización 3Tabla sin clasificación**Tabla N ° 35:** Caso urbanización 3 sin clasificación. (Elaboración propia)

Material	Cantidad m ³	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
RESIDUOS	190.836,47	3,82	16,81	3.936.483,10

Tabla con clasificación**Tabla N ° 34:** Caso Urbanización 3 con metodología. (Elaboración propia)**Cantidad total de residuos: 190.836,47 metros cúbicos**

Material	Factor de conversión porcentual	Cantidad m ³ proporcional	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
----------	---------------------------------	--------------------------------------	------------------------------	-------------------------	---------

TIERRAS	0,750	143.127,35	4,36	2,18	936.052,89
LADRILLOS, AZULEJOS Y OTROS CERAMICOS	0,007	1.335,86	6,32	7,53	18.501,60
HORMIGON	0,020	3.816,73	7,27	7,53	56.487,60
MADERA	0,003	572,51	2,86	14,3	9.824,26
PLÁSTICO	0,002	381,67	4,12	24,99	11.110,50
METALES	0,002	381,67	22,25	14,3	13.950,15
PAPEL	0,002	381,67	2,56	14,3	6.435,01
OTROS	0,214	40.839,00	3,82	16,81	842.508,66
CLASIFICACIÓN					393.123,13

TOTAL	1,00	190.836,57			2.287.993,78
--------------	------	------------	--	--	--------------

Urbanización 4

Tabla sin clasificación

Tabla N º 37: Caso urbanización 3 sin clasificación. (Elaboración propia)

Material	Cantidad m ³	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
RESIDUOS	274.350,83	3,82	16,81	5.659.177,23

Tabla con clasificación

Tabla N º 36: Caso Urbanización 4 con metodología. (Elaboración propia)

Cantidad total de residuos: 274.350,83 metros cúbicos

Material	Factor de conversión porcentual	Cantidad m ³ proporcional	Precio Unitario Transporte €	Precio Unitario Canon €	Total €
TIERRAS	0,750	205.763,12	4,36	2,18	1.345.690,82
LADRILLOS, AZULEJOS Y OTROS CERAMICOS	0,007	1.920,46	6,32	7,53	26.598,31
HORMIGON	0,020	5.487,02	7,27456	7,53	81.207,85
MADERA	0,003	823,05	2,86	14,34	14.156,50
PLÁSTICO	0,002	548,70	4,12	24,99	15.972,71
METALES	0,002	548,70	22,25	14,34	20.076,99
PAPEL	0,002	548,70	2,56	14,3	9.251,11
OTROS	0,214	58.711,08	3,82	16,81	1.211.209,53
CLASIFICACIÓN					565,162.71

TOTAL	1,00	274.350,83			2.724.163,82
-------	------	------------	--	--	--------------

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos anteriormente se ha conseguido en todos los casos una mejora del presupuesto según se había estudiado, dando una de las claras conclusiones, donde al sostener un trabajo que se apliquen los tres pilares de la sostenibilidad da como resultado una rentabilidad en los tres ámbitos de estudio, es decir, en el medioambiente, económico y social. Lo cual es uno de los principales objetivos de esta investigación.

A modo de resumen del análisis anterior se presenta una tabla resumen con la cantidad ahorrada en cada una de las urbanizaciones aplicando la metodología en fase de proyecto.

Tabla N º XX: Resultados casos de estudio. (Elaboración propia)

	Cantidad total de residuos	Total € sin metodología	Total € con metodología	Ahorro potencial
Urbanización 1	100.557,94	2.074.510,30	868.892,00	1.205.618,30
Urbanización 2	58.012,88	1.196.805,71	501.272,47	695.533,24
Urbanización 3	190.836,47	3.936.956,38	1.648.962,59	2.287.993,78

Urbanización 4	274.350,83	5.659.857,62	2.935.693,80	2.724.163,82
----------------	------------	--------------	--------------	--------------

Además, se ha realizado un gráfico con los datos obtenidos donde se puede percibir como la pendiente de la curva tiende a ser significativamente mayor la línea sin clasificación (azul) que la línea con clasificación (naranja). Aparte de la gran diferencia de precio. A continuación, se adjunta la tabla con las superficies y el gráfico previamente indicado.

Tabla N º 38: Resultados casos de estudio. (Elaboración propia)

	m2	Sin clasificar	Con clasificar
Urb1	101.522,00	2.074.260,92	908.191,90
Urb2	50.402,80	1.196.661,84	523.944,98
Urb3	281.530,00	3.936.483,10	1.723.545,01
Urb4	4.742.195,18	5.659.177,23	2.477.807,33

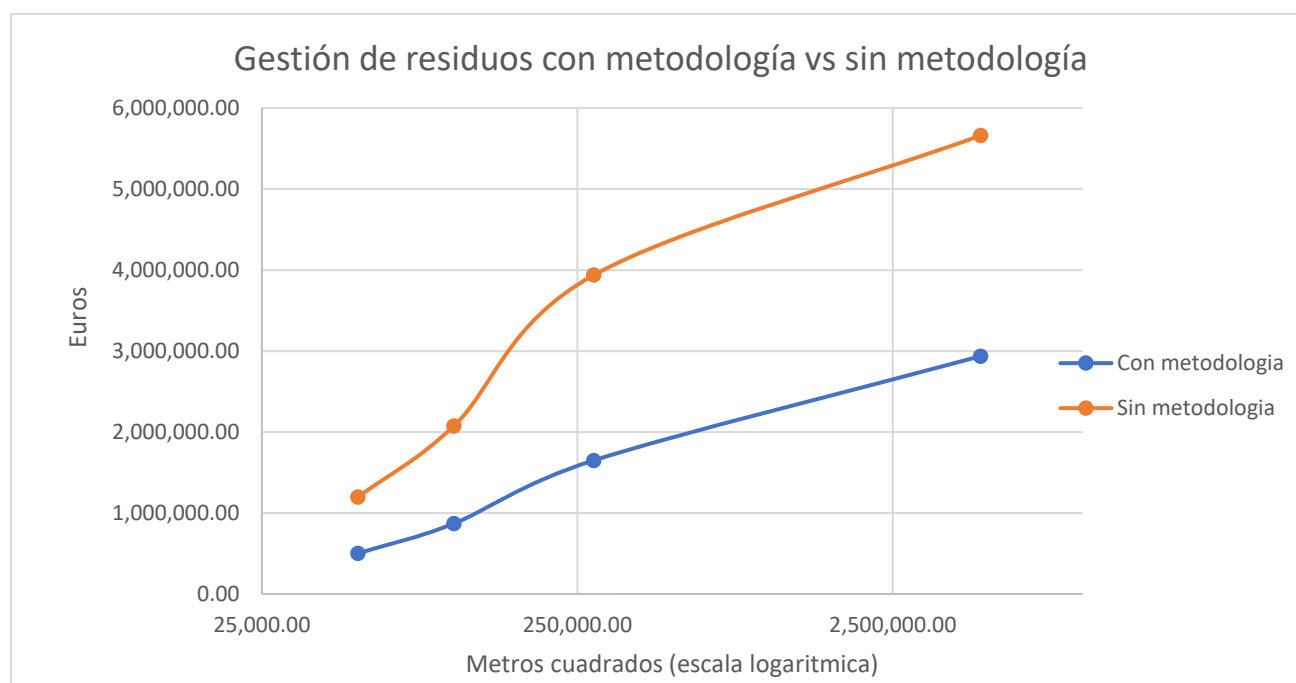


Figura N º: 11: Gráfico de residuos con clasificación y sin clasificación. (Elaboración propia)

Como resultado de los casos de estudio ya sea del caso teoría como en cualquiera de los casos prácticos se ve un ahorro significativo en la propuesta indicada, por lo que cumple con los pilares

de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible. Si bien todos estos casos son de un estudio a nivel de proyectos, uno de los objetivos principales de esta investigación es poder crear la base de la metodología en la práctica, es decir, en la fase de construcción de proyectos.

Por consiguiente, es de futuro estudio poder conseguir datos constantemente para poder expandir esta metodología en las fases restantes y una de la más importantes para el medioambiente como la conservación y explotación de estas infraestructuras.

Como se ha logrado apreciar se ha realizado un ejercicio con la metodología estudiada anteriormente, si bien, se observan grandes impactos económicos esta metodología es fruto de base y estudio para poder conseguir un desarrollo sostenible en obras de urbanización. A continuación, se muestra por puntos los resultados obtenidos en las distintas fases de la metodología.

La metodología propuesta consta con los siguientes procedimientos:

VI.1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

La identificación de residuos se puede resumir en la siguiente tabla:

Tabla N º: 39: Clasificación de residuos. (Elaboración propia)

TIPO	CLASIFICACIÓN	EJEMPLOS	LUGARES DE PROSENCIA
RESIDUOS PELIGROSOS	PELIGROSO GENERAL	<ul style="list-style-type: none"> - Material contaminado empleado en labores de mantenimiento (filtros, guantes, trapos, etc...). - Envases que hayan procedido de algún producto químico. - Restos de pintura y/u otros productos químicos (barniz, pintura, disolventes, resinas, pegamentos, colas, siliconas, aerosoles, entre otros). 	OBRAS Y OFICINA

		<ul style="list-style-type: none"> - Cartuchos de tinta de impresoras, tóner de fotocopadoras. - Fluorescentes. - Productos de limpieza caducados y los envases correspondientes. - Clorofluorcarbonados, que aparecen en los equipos de aire acondicionado. 	
	PELIGROSO SINGULAR	<ul style="list-style-type: none"> - Amianto - Suelos contaminados 	OBRAS
	PELIGROSO ESPECIFICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Equipos electrónicos fuera de uso, impresoras, ordenadores, fotocopadoras, entre otros. - Pilas y baterías usadas. - Aceites usados - Residuos que contienen PCB 's o PCT 's. - Residuos de aparatos electrónicos 	OBRAS Y OFICINA
RESIDUOS NO PELIGROSOS	RESIDUO DE CONTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD's)	Los residuos mencionados en la Lista Europea de Residuos (LER). Nivel I y Nivel II	OBRAS
	RESIDUOS ASIMILABLE A URBANO	<ul style="list-style-type: none"> - Basura tipo domicilio, restos de curas, botiquines caducados, entre otros. - Basura generada en comedores - Papel - Cartón - Plástico 	OBRAS Y OFICINA
	RESIDUOS DE ENVASES INDUSTRIALES	<ul style="list-style-type: none"> - Residuos de plásticos de protección - Embalaje 	OBRAS Y OFICINA

		- Sacos de cemento.	
RESIDUOS ESPECIALES	RADIOACTIVO/ANIMALES MUERTOS	- Detectores iónicos - Pararrayos - Restos de animales muertos	OBRAS Y OFICINA

Como se ha podido observar anteriormente se han identificado los residuos distribuyéndose en la categoría de Residuos no peligrosos, sin embargo, al ser solo un estudio teórico, se podría plantear como varia esta metodología incluyendo las otras dos categorías de residuos, las cuales podrían afectar significativamente en el proceso.

Con el fin de plantear un seguimiento en la fase de ejecución de la metodología y estar en concordancia con los objetivos de esta investigación, una vez finalizada la fase de ejecución de la obra se deberá estudiar la cantidad de residuos de que han sido optimizados según se plantea, es decir, obtener una tasa de identificación de residuos, la cual establecerá un porcentaje de residuos correctamente clasificados sobre el total de residuos generados durante el plazo de ejecución de la obra. Esto se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ Identificación\ de\ Residuos = \frac{Cantidad\ de\ residuos\ correctamente\ identificado}{Total\ de\ residuos\ generados} \times 100$$

Con el fin de plantear un seguimiento en la fase de ejecución de la metodología y estar en concordancia con los objetivos. Esta Tasa de Identificación de Residuos proporciona una medida cuantificable y específica para la evaluación de uno de los objetivos planteados. Un aumento en la tasa de clasificación indicaría una mejora en la gestión de residuos, mientras que una disminución podría sugerir un ajuste en las prácticas de identificación. Es importante monitorear este indicador con diferentes obras ejecutadas para evaluar el impacto de las acciones tomadas para mejorar la identificación de residuos.

VI.2.- ESTIMAR LA CANTIDAD DE RESIDUOS

Para estimar la correcta cantidad de residuos se ha hecho un estudio en base a diferentes investigaciones y bases de datos estudiadas en la metodología. Sin embargo, debido a que no están homologados con un precio establecido algunas de las partidas establecidas en la

metodología, tales como, elementos pétreos, asfalto, yeso, basura, y otros. Se ha repartido según la clasificación establecida considerando una partida de “otros” donde no se clasifica los residuos y realiza un viaje a vertedero normal.

Tabla N º: 40: Cuantificación de residuos según metodología propuesta (Elaboración propia).

Material	Porcentaje
TIERRAS	75%
LADRILLOS, AZULEJOS Y OTROS CERAMICOS	0,7%
HORMIGON	2,0%
MADERA	0,3%
PLÁSTICO	0,2%
METALES	0,2%
PAPEL	0,2%
OTROS	21,4%

A través de estos porcentajes se ha llevado a cabo la partición total de los residuos mencionados en el estudio de caso visto anteriormente, del cual se obtienen diferentes conclusiones entre las cuales destacan que se pueden optimizar los valores mediante programas de cálculos informáticos que puedan estudiar las variables dentro de cada proyecto y los porcentajes son congruentes al tipo de urbanización estudiada. La idea principal de esta estimación de residuos es que se pueda ir retroalimentando con metadatos a final de cada una de las obras para ir optimizando la metodología en cada obra.

Además, se ha obtiene como conclusión que debido a que no están establecidos mercados para los residuos de algunas partidas, como por ejemplo el asfalto, se observa que aún se puede ir mejorando en la estimación de los residuos, debido a que se está logrando clasificar de mejor manera los residuos consiguiendo un ahorro en los presupuestos.

VI.3.- MEDIDAS DE SEGREGACION

La separación en origen de los residuos de construcción y demolición es una medida fundamental para asegurar una gestión adecuada y respetuosa con el medio ambiente. Una correcta segregación de los residuos permitirá optimizar su tratamiento y facilitar su reutilización en la

propia obra. Para ello, se establecerán distintas zonas de almacenamiento con requerimientos específicos, y se utilizarán contenedores adaptados a las exigencias de los gestores de residuos. De esta manera, se podrá contribuir a una gestión sostenible y responsable de los residuos generados en la obra.

VI.4.- ANÁLISIS PARA REUTILIZACIÓN

El análisis para la reutilización de los materiales en obras de urbanización, a modo de esta investigación es solamente empírico, sin embargo, se puede apreciar en un sinnúmero de obras que existen residuos que se logran reutilizar sin un proceso previo de purificación, limpieza, trituración. Por ende, hasta cierto punto se ve cumplido este apartado con la metodología propuesta, sin embargo, este no se puede comprobar con la clasificación propuesta, ni con la segregación, ni la valorización planteada anteriormente, debido a que es un proceso que se analiza en la fase de ejecución de un proyecto.

A pesar de lo anterior, la reutilización de los materiales seleccionados in situ, como se ha detallado anteriormente, resulta altamente beneficioso desde una perspectiva medioambiental. Existen diversas alternativas viables para aprovechar estos materiales tanto en la misma obra como en otros emplazamientos externos.

Algunas de las opciones más factibles incluyen utilizar las tierras de excavación para rellenar las estructuras, reutilizar la madera del encofrado, destinar parte de las tierras excavadas a los jardines municipales cercanos, emplear los materiales pétreos como relleno en obras cercanas, hacer cumplir la responsabilidad de los subcontratistas en la gestión de los residuos que generan, y utilizar pallets retornables y pinturas a granel.

No obstante, el principal objetivo de esta investigación es poder generar material reciclable de calidad como lo son los áridos reciclados o el hormigón reciclado, que brindan un ahorro significativo en procesos de relleno, o bases que no cumplen con un carácter estructural muy exigente.

Si bien realizar un análisis para reutilización solo se puede ver después de la fase de ejecución de una obra, es posible crear indicadores para ver los resultados obtenidos en esas fases, por ejemplo, se puede estudiar la producción de materiales sostenibles, es decir, obtener una tasa de materiales sostenibles, ya sea, el árido reciclado, hormigón reciclado, etc, producidos en

relación con el total de materiales utilizados en proyectos de urbanización. Para obtener dicha relación se aplica la siguiente fórmula:

$$Tasa\ de\ Producción\ de\ Materiales\ Sostenibles = \frac{Materiales\ sostenibles\ producidos}{Total\ de\ materiales\ utilizados} \times 100$$

Esto mide el éxito en la implementación del proceso de valorización de residuos y su capacidad para suministrar materiales sostenibles. Un aumento en la tasa de producción de materiales sostenibles indicaría que el proceso está cumpliendo su objetivo de manera efectiva, contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto y a la reducción del impacto ambiental asociado con la gestión de residuos.

VI.5.- VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

Si bien este apartado de la metodología no se puede realizar empíricamente debido a que se necesita la obra en ejecución propiamente tal, se ha demostrado a través de estudios y de un análisis de los mercados, que es posible lograr una valorización de los residuos de construcción, como se ha mencionado anteriormente. Donde se encuentra una posible valorización monetaria de los materiales, pudiendo conseguir un valor adquisitivo por la venta o traspaso de estos materiales clasificados y segregados a los mercados que corresponda. Con esto se consiguen diferentes ventajas competitivas frente a las diferentes compañías del mercado, sin embargo, no es el análisis final que se quiere lograr con esta metodología, pero si es una ayuda a menor medida para el desarrollo sostenible.

Por otra parte, y la de más importancia para esta investigación, es la valorización material, donde su principal función es buscar un funcionamiento circular dentro del proyecto para ese residuo, ya sea como simple relleno, o tratarlo de alguna forma de poder conseguir un material de calidad parecida a los naturales, como lo son los procesos del árido reciclado, del hormigón reciclado, entre otros materiales que existen en el mercado. Además, una variable importante a considerar son algunos materiales que están siendo estudiados y no son tan conocidos, y los materiales que todavía están por ser descubiertos.

Logrando un modelo de producción basado en una especie de economía circular de los residuos de construcción, se puede conseguir un desarrollo sostenible otorgando un valor económico,

social y medioambiental, los tres pilares fundamentales de la sostenibilidad. Logrando este proceso dentro de una obra de urbanización se cumplen los objetivos generales y particulares de esta investigación.

Una forma de ver un avance en esta etapa de la metodología es calcular un porcentaje de residuos valorizados en la fase de proyecto y de ejecución de obra, establecer una relación entre los residuos valorizados y el total de los residuos generados. Es decir, un porcentaje de residuos que son valorizados (reciclados o reutilizados) en relación con el total de residuos generados durante la fase de proyecto y ejecución en obras de urbanización. Esto se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de residuos valorizados} = \frac{\text{Residuos valorizados}}{\text{Total de residuos generados}} \times 100$$

Esto medirá la eficacia de la metodología en términos de valorización de residuos durante las etapas claves del proceso de urbanización. Un aumento en el porcentaje de residuos valorizados indicaría el éxito de la metodología en la aplicación de prácticas sostenibles y la optimización de los recursos en la gestión de residuos, lo cual es consistente con uno de los objetivos planteados en esta investigación.

VII. CONCLUSIONES

Se ha presentado esta investigación con dos preguntas, que abarcan una de las grandes inquietudes de nuestro planeta en las últimas décadas, las cuales son las siguientes, ¿Podemos respetar el medio ambiente y diseñar proyectos rentables? ¿Se puede lograr el crecimiento respetando la naturaleza y las personas? Se han intentado crear diversas metodologías, herramientas, softwares, entre un sinfín de cosas que puedan brindar de manera proporcional soluciones a estas inquietudes. En la última década se han alcanzado una cantidad de avances impresionantes, ya sea utilizando materiales más sostenibles, procesos que disminuyan la huella de carbono, combinaciones biodegradables, entre otros.

Conceptos integrales como sostenibilidad, crisis climática, calentamiento global, son una de las disyuntivas que grandes organismos han tratado de hacer frente y poder combatir estas grandes inquietudes.

Con lo anterior, se ha estudiado durante años en distintas conferencias, juntas mundiales, debates, entre otros; la manera de poder afrontar este tema. De estas conferencias internacionales aparece el concepto desarrollo sostenible, como se explica a lo largo de toda la investigación el desarrollo sostenible se puede definir como una herramienta que busca alcanzar un equilibrio entre el progreso económico, las necesidades sociales y la protección al medioambiente. Se trata de un enfoque integral que busca garantizar el bienestar de las generaciones presentes y futuras, promoviendo el uso coherente y responsable de los recursos naturales (5).

La idea principal es fomentar los tres pilares de la sostenibilidad, poder conseguir un avance como sociedad manteniendo un respeto hacia a la naturaleza y a los seres humanos. Al juntarse estos tres pilares, económico, medio ambiente y sociedad, se está en presencia de la sostenibilidad. Dentro de cada industria se han visto avances muy favorables para este concepto, un ejemplo muy claro es la industria automotriz, la cual está constantemente innovando en este asunto haciendo una mejora continua de sus procesos y resultados, así también podemos destacar las empresas de energía, con sus plantas eléctricas de energías renovables, entre otras.

Uno de los objetivos de esta investigación es la creación de una metodología que pueda hacer un frente delante de estas disyuntivas, con el fin de poder realizar un avance sostenible en el área de la construcción. Si es verdad que la construcción no se está quedando atrás con este tema, donde aparecen métodos constructivos ya sostenibles, con la creación de materiales combinados con otros materiales de origen natural que pueden brindar las mismas capacidades que los elementos no sostenibles, como por ejemplo los hormigones con fibras naturales. Así también, se está aventurando en eficiencia energética, acústica, y muchas más.

En temas de edificación las innovaciones en materia de construcción no se han dejado de lado, sin embargo, hay otro tipo de construcciones que no se están aventurando en dicho nuevo método constructivo con todo su potencial, sino solo una parte, como lo son las obras civiles, específicamente las urbanizaciones.

Al crear un proyecto de urbanización son requeridos un sinnúmero de documentos para que sea aceptado por la autoridad que son exigidos por la ley, uno de esos documentos es un plan de gestión de residuos que te explica el procedimiento a seguir y la manera en la cual se va a gestionar los residuos de la obra. El objetivo de esta investigación es optimizar este proceso, consiguiendo obtener una mejora sostenible, es decir, poder lograr un desarrollo sostenible a nivel local.

Se ha adaptado la metodología a 4 casos de estudio de distintas urbanizaciones que se han realizado y se están realizando dentro de la comunidad de Madrid. De las cuales se han obtenido las siguientes conclusiones

Con la metodología ya establecida y con el fin de demostrar de que, si es posible lograr en cierta medida un desarrollo sostenible en obras civiles, se ha testado en diferentes urbanizaciones en un ámbito de proyecto, es decir, antes de su etapa constructiva. El apartado de resultados y discusión ha dado como resultado que a medida que son más grandes las urbanizaciones la metodología es más eficaz, con esto se consigue un mayor ahorro a nivel material y de proyecto, así también, afectando en una mejora medio ambiental como por ejemplo disminuyendo la huella de carbono de la obra en su etapa constructiva. Donde se observan una gran cantidad de ahorros solamente logrando las dos primeras etapas de la metodología, al estar solo en fase de proyectos. En relación a uno de los objetivos propuestos, se ve que la metodología en la fase de proyecto logra con el objetivo de disminuir más de un 20% el traslado de residuos a vertederos, lo que permite seguir optimizando dicho objetivo para alcanzar resultados que aporten con un desarrollo sostenible.

Las últimas tres etapas de la metodología van un poco más allá, donde se intenta recrear una segregación, reutilización y valorización de residuos, con el fin de que las empresas constructoras en la etapa constructiva puedan aprovechar dichos recursos como una ventaja competitiva por sobre la competencia, y además logrando producir un desarrollo sostenible dentro de la ejecución de las obras, que es donde se ven la mayoría de los problemas de sostenibilidad. En estos apartados, se pueden lograr medir los avances a medida que se va implementando la metodología como por ejemplo la tasa de producción de materiales sostenibles, que estudia la relación entre los materiales sostenibles producidos frente a la cantidad de materiales utilizados.

Por último, la etapa de valorización de los residuos aporta la búsqueda de un crecimiento circular dentro de las obras de urbanización donde, por ejemplo, una obra puede tener dentro una panta de hormigón, junto con una triturado de materiales. Logrando una valorización material creando hormigón reciclado o árido reciclado, explicados anteriormente. Con esto se logra una ventaja competitiva sostenible frente a la competencia. Uno de los objetivos planteados acerca de alcanzar una tasa de producción de materiales sostenibles del 30% del total de los materiales utilizados en obra, no se ha podido concretar debido a que no se cuentan con los datos suficientes de obras finalizadas para realizar dicho análisis. Sin embargo, se propone una relación para futuras investigaciones para ir retroalimentando esta metodología.

Como se logra apreciar en toda la investigación, se puede corroborar que el estudio realizado logra un aporte significativo en materia de desarrollo sostenible, donde gracias a la metodología

planteada se consigue un ahorro importante en materia económica, una mejora medioambiental disminuyendo la huella de carbono, gestionando mejor los residuos, reciclando, entre otras; y por ende, una mejora en el ámbito social, ya que una industria que contribuya con el medioambiente está contribuyendo directamente con la sociedad, ya sea en temas de salud, económicos, sociales, etc.

A modo de conclusión, se ha demostrado de manera empírica que la metodología en fase de proyecto logra una reducción de los presupuestos, por lo que a la hora de postular a un proceso de licitación los contratistas tendrán que ser más rigurosos en este apartado con el fin de lograr un presupuesto que se acoja a las necesidades del proyecto, es decir, lograr una clasificación in situ que genere este ahorro visto en la situación empírica, y así la propiedad se asegura de que se están desarrollando los procesos tal y como se plantean en el plan de gestión de residuos de la obra a ejecutar.

Por otra parte, los contratistas al poder ejecutar la metodología podrán ver una reducción en los precios, si es que de parte de la propiedad no se ha establecido la metodología previamente estudiada, por lo que genera una ventaja competitiva importante en los procesos de licitación, debido a que el capítulo de gestión de residuos normalmente se cumple que es el 10% del presupuesto de la obra, por lo que al tener esa reducción en los precios, genera una diferencia importante entre la competencia. Además, que se presenta con un proyecto más sostenible, lo que al día de hoy ha logrado una valorización importante.

A nivel de la administración, se podrá regularizar de mejor manera debido a que estará explícito las fases que ordena Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en cualquiera de tomos de los proyectos, ya sea en, memorias, planos, pliegos de condiciones y presupuestos. A nivel de obra también podrá ser visible debido a las distintas segregaciones de material que se encontraran en la obra establecida en la metodología anteriormente estudiada.

Con estas tres conclusiones mencionadas anteriormente y los resultados obtenidos en la fase de resultados y discusión se logra apreciar que se cumple con unos de los objetivos de esta investigación, la cual es lograr identificar el 80% de los residuos en fase de proyecto. Sin embargo, todavía no se cuenta con los datos de fase de ejecución, lo cual podría variar la metodología haciendo de esta mas eficaz y obteniendo una mejora continua.

Sin duda la constante lucha y mejora continua en temas de sostenibilidad son uno de los pilares fundamentales para el crecimiento y evolución, no solo de la industria de la construcción, sino también a nivel humano y colectivo. El objetivo de esta metodología ha comprobado lograr un aporte en términos de desarrollo sostenible en el área de la construcción, sin embargo, no solo

se puede centrar en esta industria, ya que los residuos son y serán parte de todo nuestro entorno, con lo que poder sacar el mejor provecho y la manera de gestionar bien estos, sin duda llevará a la sociedad a al crecimiento sostenible, que el mundo necesita.

Además, queda en constante evaluación las etapas siguientes en los proyectos, es decir, la fase de ejecución y la fase de conservación y explotación, por lo que esta metodología puede ser modificada e implementada en las fases futuras de proyecto adaptándose claramente a las necesidades de cada una de estas fases.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. «BOE» núm. 38, de 13 de febrero de 2008, páginas 7724 a 7730 (7 págs.)
2. DECRETO 112/2012, de 26 de junio, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición. BOPV Nº boletín: 171, Fecha de publicación: 03/09/2012.
3. Castaño Martínez, C. (2013). Los pilares del desarrollo sostenible: sofisma o realidad. Universidad Santo Tomás.
4. Naciones Unidas (UN) (nd). Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo sobre el Medio, D. D. R. (1993). Ambiente y el Desarrollo. Revista de Fomento Social, 48, 35-140. Consultado 5 de noviembre de 2022 de <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/riodeclaration.htm>.
5. Ricalde, C. D. L., López-Hernández, E. S., & Peniche, I. A. (2005). Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual. Horizonte sanitario, 4(2).
6. Informe de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, Estocolmo, 5 a 16 de junio de 1972 (publicación de las Naciones Unidas, No. de venta: S.73.II.A.14 y corrección), cap. 1.)
7. Naciones Unidas(UN)(nd). Communications Material. Consultado 5 de noviembre de 2022 <https://www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/>
8. Naciones Unidas (UN) (nd). Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Consultado 5 de noviembre de 2022 de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>.
9. Naciones Unidas (UN) (2020). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Consultado 7 de noviembre de 2022 de https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020_Spanish.pdf
10. Instituto Nacional de Estadísticas (INE)(nd). Residuos urbanos generados per cápita. Consultado 7 de noviembre de 2022 de <https://www.ine.es/consul/serie.do?d=true&s=DCEF29>.
11. Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2015). Estadísticas sobre la Recogida y Tratamiento de residuos Estadísticas sobre generación de residuos Año 2015. Consultado 7 de noviembre de 2022 de https://www.ine.es/prensa/residuos_2015.pdf
12. Gestores de Residuos (2017). España recogió 22 millones de toneladas de residuos en 2015. Consultado 7 de noviembre de 2022.

- <https://gestoresderesiduos.org/noticias/espana-recogio-22-millones-de-toneladas-de-residuos-en-2015>.
13. Compromiso RSE (2016). En 2015 se gestionaron 81 millones de kilos de residuos de RAEE en España. Consultado 7 de noviembre de 2022. <https://www.compromisorse.com/rse/2016/03/22/en-2015-se-gestionaron-81-millones-de-kilos-de-residuos-de-raee-en-espana/>.
 14. Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2015). Estadísticas sobre la Recogida y Tratamiento de residuos Estadísticas sobre generación de residuos Año 2015. Consultado 7 de noviembre de 2022 de https://www.ine.es/prensa/residuos_2015.pdf
 15. Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2017). Cuentas medioambientales: Cuenta de los residuos Año 2017. Consultado 15 de noviembre de 2022 de https://www.ine.es/prensa/cma_2017_res.pdf
 16. Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (2019). Cuentas medioambientales: Cuenta de los residuos Año 2017. Consultado 20 de noviembre de 2022 de https://www.ine.es/prensa/cma_2019_res.pdf
 17. de Santos Marián, D., Delgado, B. M., & Martínez, A. G. (2013). Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición. Tornapunta.
 18. Comunidad de Madrid. Residuos con policlorobifenilos (PCB) y policloroterfenilos (PCT). Consultado 30 de noviembre de 2022 de <https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/residuos-policlorobifenilos-pcb-policloroterfenilos-pct>
 19. Real Decreto 1378/1999, de 27 de agosto, por el que se establecen medidas para la eliminación y gestión de los policlorobifenilos, policloroterfenilos y aparatos que los contengan. «BOE» núm. 206, de 28 de agosto de 1999, páginas 31911 a 31914 (4 págs.)
 20. Real Decreto 228/2006, de 24 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 1378/1999, de 27 de agosto, por el que se establecen medidas para la eliminación y gestión de los policlorobifenilos, policloroterfenilos y aparatos que los contengan. «BOE» núm. 48, de 25 de febrero de 2006, páginas 7781 a 7788 (8 págs.)
 21. Ley 5/2003, de 20 de marzo, de Residuos de la Comunidad de Madrid. «BOE» núm. 128, de 29 de mayo de 2003
 22. Lista Europea de Residuos (LER) de conformidad con la Directiva 75/442/CEE, sobre residuos y la Directiva 91/689/CEE, sobre residuos peligrosos. Consultado 30 de noviembre de 2022 de <https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/residuos-policlorobifenilos-pcb-policloroterfenilos-pct>
 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. Poon, C. S., Ann, T. W., & Ng, L. H. (2001). On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. *Resources, conservation and recycling*, 32(2), 157-172.
25. Kourmpanis, B., Papadopoulos, A., Moustakas, K., Stylianou, M., Haralambous, K. J., & Loizidou, M. (2008). Preliminary study for the management of construction and demolition waste. *Waste Management & Research*, 26(3), 267-275.
26. Solís-Guzmán, J., Marrero, M., Montes-Delgado, M. V., & Ramírez-de-Arellano, A. (2009). A Spanish model for quantification and management of construction waste. *Waste Management*, 29(9), 2542-2548.
27. Resolución de 14 de junio de 2001, de la Secretaría General de Medio Ambiente, por la que se dispone la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros, de 1 de junio de 2001, por el que se aprueba el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006. «BOE» núm. 166, de 12 de julio de 2001, páginas 25305 a 25313 (9 págs.)
28. Guerra, I.; Vivar, I.; Llamas, B.; et al.: "Eco-efficient concretes: The effects of using recycled ceramic material from sanitary installations on the mechanical properties of concrete", *Waste Management*, Vol. 29 nº 2 (2009), pp. 643-646
29. López, V.; Llamas, B.; Juan, A.; et al.: "Eco-efficient concretes: Impact of the use of white ceramic powder on the mechanical properties of concrete", *Biosystems Engineering*, Vol. 96 nº 4 (2007), pp. 559-564.
30. Rubio, M. F. (2019). Smartcrush pone en marcha la primera planta completa para tratamiento y valorización de RCD de Colombia. *Ingeopres: Actualidad técnica de ingeniería civil, minería, geología y medio ambiente*, (274), 47-49.
31. Río Merino, M. D., Izquierdo Gracia, P., Salto-Weis Azevedo, I., & Santa Cruz Astorqui, J. (2010). La regulación jurídica de los residuos de construcción demolición (RCD) en España. El caso de la Comunidad de Madrid. *Informes de la Construcción*, 62(517), 81-86.
32. De Lucas, E. A. (2015). Valorización de residuos de construcción y demolición como puzolanas alternativas para cementos eco-eficientes (Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid).
33. Oikonomou, N. D., & Papanicolaou, C. (2011). Properties of recycled aggregates and their suitability in pavement structures: a review. *International Journal of Pavement Engineering*, 12(4), 357-369
34. Tayeh, B. A., Al Saffar, D. M., & Alyousef, R. (2020). The utilization of recycled aggregate in high performance concrete: a review. *Journal of Materials Research and Technology*, 9(4), 8469-8481.
35. Poon, C. S., & Chan, D. (2007). The use of recycled aggregate in concrete in Hong Kong. *Resources, conservation and recycling*, 50(3), 293-305.)

-
36. Messerli, P., Murniningtyas, E., Eloundou-Enyegue, P., Foli, E. G., Furman, E., Glassman, A., ... & van Ypersele, J. P. (2019). Global sustainable development report 2019: the future is now—science for achieving sustainable development.
 37. Xercavins, J., Cayuela Marín, D., Cervantes Torre-Marín, G., & Sabater Pruna, M. A. (2005). Desarrollo sostenible. Edicions UPC.
 38. Quesada, J. L. D., & y Certificación, A. E. D. N. (2009). Huella ecológica y desarrollo sostenible. Aenor.