# “RES-BIM”

## RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN

Investigación y desarrollo de un sistema de gestión de información de RCD georreferenciados basado en BIM

# 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

## 1.1 Introducción.

En la actualidad, el 80% de los datos que usamos tienen una componente geográfica. Debido a ello, la mayoría de los procesos, servicios, negocios empiezan a utilizar la georreferenciación como elemento fundamental. La proliferación de Google Maps como servicio en cualquier app y la incorporación de éste u otros sistemas de información geográfica a numerosos servicios permite un mayor conocimiento de los procesos que lo conforman.

En el sector de la construcción, la implantación de sistemas de información como BIM permite incorporar de forma estructurada datos tales como la ubicación o localización de los recursos y elementos de forma abierta o compartida por un determinado número de usuarios.

Uno de los residuos que generan mayores volúmenes en nuestra sociedad actual, son los Residuos de Construcción y Demolición (RCD). Según (Brito y Silva, 2016) los RCD suponen un tercio de todos los residuos generados en la Unión Europea. Estos datos han sido confirmados por la propia Comisión Europea. Su tasa de reciclaje varía en función del país de la Unión Europea. En el caso de España su grado de valorización es del 10% (Mália, 2013). Estos datos tan bajos de reciclaje pueden estar influenciados por la falta de un sistema de gestión de información de RCD.

## 1.2 Objetivos.

Una de las principales barreras que podemos encontrar en el desarrollo de un mercado de materias y materiales secundarios en el sector de la construcción, radica en la no recogida de la información relevante de forma estructurada, automatizada y dentro de un contexto espacial y temporal. Dicho de otro modo, las fuentes de RCD (Residuos de construcción y demolición) son “minas” temporales, muy influidas por su ubicación y sus productos no pueden ser trasladados a grandes distancias (los RCD tienen en general muy baja densidad económica en €/toneladas) y la única forma de explotarlas eficientemente es contar con sistemas que capten, modelen, actualicen y muestren la información relevante en un lugar y un tiempo determinado.

Actualmente, se está empezando a utilizar la tecnología BIM para obtener información de los RCD, pudiendo emplear algunos programas para obtener información de las toneladas de RCD que se generan en ese proyecto, o información para la realización del estudio de gestión de residuos de construcción y demolición cumpliendo con el Real Decreto 105/2008, pero hasta la fecha no existe ningún sistema de gestión de información de RCD con datos georreferenciados que posibilite la reutilización y valorización de dichos residuos.

El objetivo general de este proyecto es **desarrollar un sistema de gestión de información de RCD con datos georreferenciados para su reutilización, reciclado y valorización energética basado en BIM**, contribuyendo al desarrollo de una economía sostenible y circular

Los objetivos específicos de este proyecto son:

- Investigar y diseñar una clasificación y jerarquía (diagramas entidad-relación) y caracterización en BIM de los residuos de construcción y demolición susceptibles de ser reutilizados o reciclados en función de sus propiedades y capacidades.
- Crear un modelo de datos, en base a estándares (como IFC o similar), que represente los distintos materiales y productos de construcción elegidos (entidades), sus características en relación a su uso secundario (propiedades, atributos) y automatizar su extracción de modelos de BIM.
- Obtener un Sistema de Información Geográfico abierto (SIG) donde se representen elementos (residuos y materiales susceptibles de ser valorizados por algún medio) con sus atributos y propiedades, cantidades, ubicación, etc. en una geodatabase.

# 1. CÁLCULO DE LOS RESIDUOS A PARTIR DEL MODELO BIM.

La metodología propuesta consta de una serie de etapas secuenciales que conducirán a la cuantificación de los residuos de construcción generados en obra desde la fase de proyecto.

Etapa 1. Clasificación de residuos de construcción. Para obtener la cantidad de cada elemento que genera un residuo, se clasifican los recursos consumidos siguiendo la lista de residuos presentada anteriormente.

Etapa 2. Conversión de recursos consumidos en residuos generados. Se identifican y cuantifican los residuos que se generarán mediante la Medición Indirecta por Transferencias Ponderadas. Este método sirve para facilitar la determinación de la cantidad de RCD en función de la medición de los elementos constructivos que los originan, utilizando para ello la siguiente fórmula (Fórmula (1)):

$$Q_r = \varphi * \sum Q_{mn} = (CR_m * CT_m * CC_m) * \sum Q_{mn} \qquad (1)$$

Modelo matemático generado a partir del método general de Medición por Transferencias Ponderadas (MTP), el que se acepta la hipótesis de proporcionalidad entre la cantidad de residuos que se generan y la cantidad de producto que se consume. Donde:

$Q_r$ es la cantidad de residuos.
$\varphi$ es el coeficiente del material.
$Q_{mn}$ es la cantidad de material que proporciona el residuo por cada categoría.
$CR_m$ es el coeficiente del material para medir la parte del elemento básico o auxiliar origen que se convierte en residuo.
$CT_m$ es el coeficiente del material para transformar el criterio de medición del elemento básico o auxiliar origen en el criterio de medición de la partida destino.
$CC_m$ es el coeficiente del material para convertir la unidad de medida del elemento básico o auxiliar origen en la unidad de medida de la partida de destino.

# 3. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN BIM-GIS.

En este proyecto, el lenguaje de programación ha sido Python 3, por ser un lenguaje abierto y porque está soportado por QGIS, el software de información geográfica que se ha utilizado en los trabajos para visualizar la información y realizar las consultas oportunas, también de código abierto.

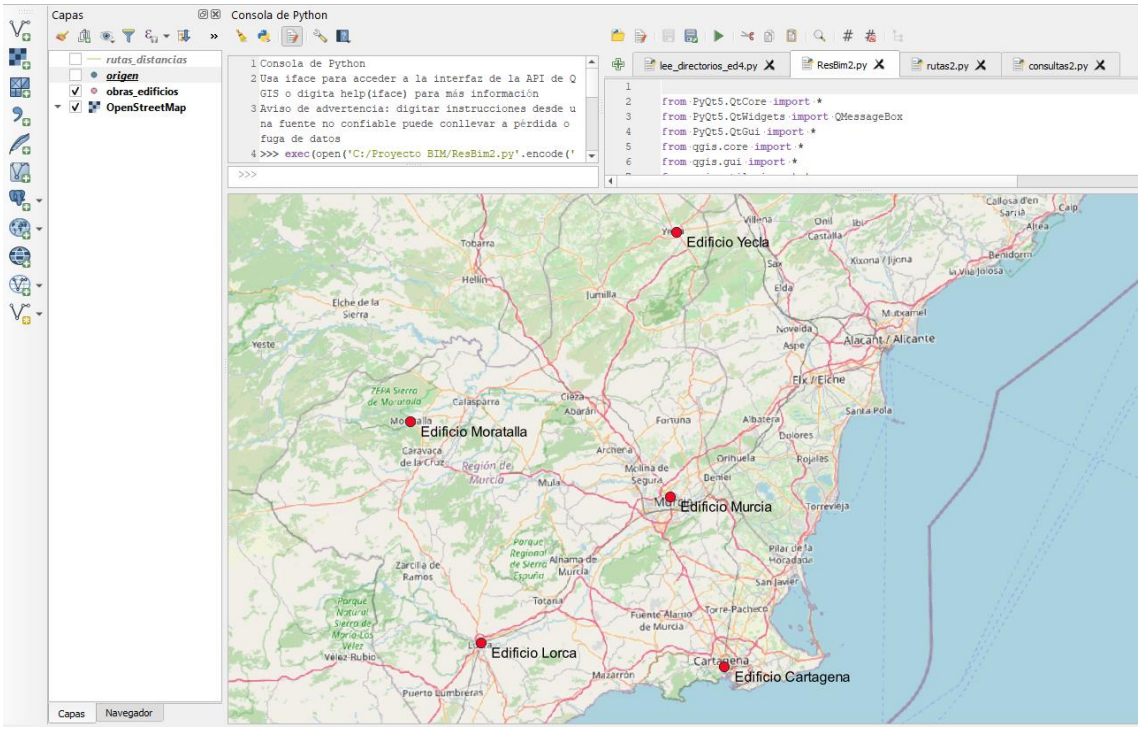


*Figura 1: SIG creado con las capas obras_edificios y OpenStreetMap cargadas*

La Figura 1 muestra el SIG creado con las capas *obras_edificios* y *OpenStreetMap* cargadas.

Los datos de ubicación y de la cantidad de residuos que genera cada obra ya han sido introducidos en el SIG al cargar la capa *obras_edificios,* que a su vez fue creada al ejecutar el script *lee_directorios.py.*

Los datos mencionados asociados a las obras de los edificios quedan incorporados al SIG a través de la tabla de atributos de la capa vectorial *obras edificios*

Con el SIG creado y las rutas calculadas e incorporadas al sistema de información geográfica, es el momento de obtener la información del SIG. Para ello, QGIS dispone de varias herramientas que podemos utilizar. Una de ellas es la de edición y creación de planos. Podemos utilizar el diseñador de impresión (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Para abrir esta herramienta vamos al menú *proyecto* y seleccionamos el comando *nueva composición de impresión*.

La información que nos interesa del SIG construido la podemos obtener mediante la preparación y la edición de planos (mapas), y mediante la realización de consultas al SIG. Para crear planos y consultas podemos

utilizar herramientas de QGIS como el *diseñador de impresión* y otras, o podemos ejecutar el script *consultas.py* desarrollado en este proyecto.

En el apartado siguiente se explica el script creado para la realización de consultas al SIG y la emisión de un informe que, no solo contiene información numérica, sino que también recoge información gráfica mediante un plano de situación de las obras y el trazado de las rutas.

## 3.10 Programación de consultas al SIG.

El script obtiene la disponibilidad de residuos y el coste de su transporte desde la obra que los genera hasta el emplazamiento de la obra nueva. Además, emite de un informe que incluye los resultados numéricos de la consulta, y un plano que indica el emplazamiento de las obras generadoras de residuos, la obra que demanda los residuos para su reutilización y las rutas calculadas.

El script abre el cuadro de diálogo de la Figura 2:

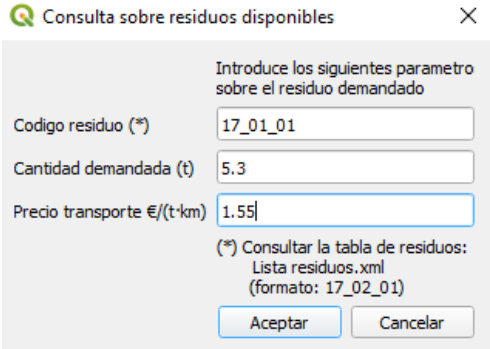


*Figura 2: Cuadro de diálogo de la consulta al SIG*

En este diálogo se elige el residuo que nos interesa para reutilizar en la obra origen, mediante la introducción de su código LER. Introducimos también la cantidad del residuo que necesitamos, y el precio en euros del transporte de una tonelada de residuo por km.

Al aceptar, la aplicación calcula y emite el que se muestra en las Figura 3 y Figura 4:

Informe de Consulta: Residos dispoinbles

La obra más cercana que dispone del residuo con código LER 17_01_01 Hormigón, es "Edificio Murcia".

La distancia a esa obra desde el emplazamiento origen es: 47.56 km.

El transporte de la cantidad requerida (5.3 t) al emplazamiento "origen" cuesta 375 € (con un precio del transporte de 1.55 € /(t·km))

Tabla: Obras - Cantidad de residuo 17_01_01 - Distancia - Tiempo.

| id | Obras | Res HA (t) | Dist. (km) | Duración (h) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Edificio Lorca | 16.9556739 | 100.214 | 1.224 |
| 2 | Edificio Murcia | 25.1456741 | 47.563 | 0.67 |
| 3 | Edificio Cartagena | 1.559414 | 31.104 | 0.432 |
| 4 | Edificio Yecla | 0 | 109.543 | 1.47 |
| 5 | Edificio Moratalla | 2.65841238 | 117.478 | 1.398 |
| 6 | Edificio Aguilas | 50.6542525 | 102.355 | 1.193 |

*Figura 3: Primerea parte del informe. Resultados numéricos.*

*Figura 4: Segunda parte del informe. Resultados gráficos.*

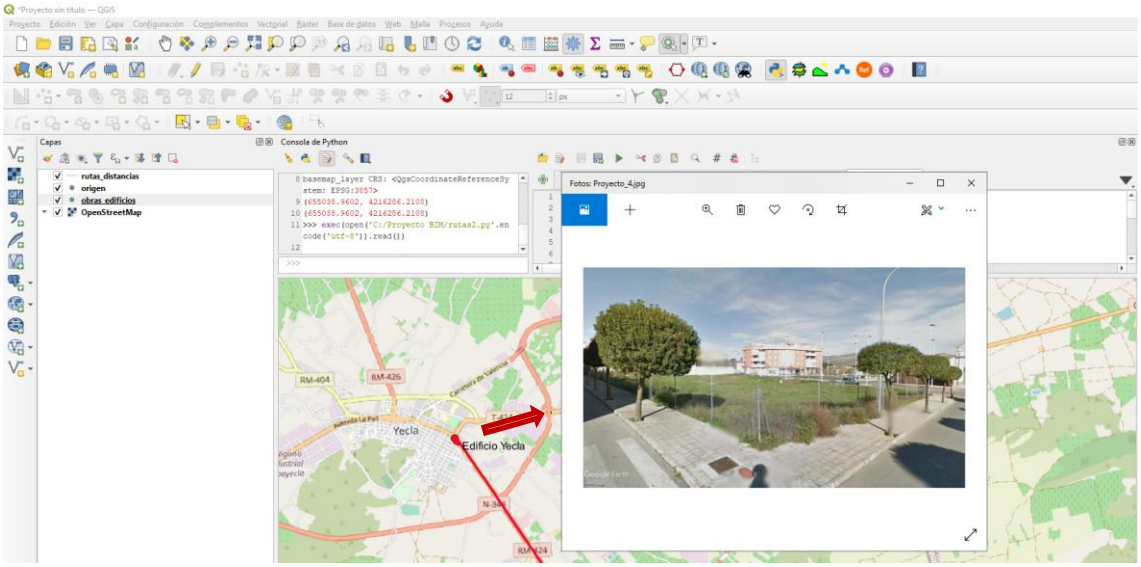


*Figura 5  Imagen de la obra abierta desde el SIG creado*

La Figura 5 muestra la imagen del solar de la obra que se visualiza pinchando en el punto de la obra dentro del área gráfica del SIG creado.