



*Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos,
Canales y Puertos.*
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



MODELADO BIM 7D DE LA RED MEP DE LA EDAR DE LEÓN Y SU ALFOZ PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Trabajo realizado por:

Olmo Fernández García

Dirigido:

Valentín Gómez Jáuregui

Titulación:

**Máster Universitario en
Ingeniería de Caminos, Canales y
Puertos**

Santander, mes de septiembre de 2020

TRABAJO FIN DE MASTER

Resumen

Debido a las normativas europeas y a su general utilidad en proyectos de construcción, la metodología BIM (Building Information Modeling) está en el centro de las nuevas tecnologías aplicadas a la ingeniería civil. Esta metodología es más útil cuando se utiliza desde la fase de proyecto, pero es posible aplicar sus ventajas en fase de explotación a instalaciones ya construidas. Para ello es necesario crear un modelo BIM de la instalación.

En este documento se desarrolla dicho proceso en el caso de la EDAR de León y su Alfoz, centrando el trabajo en la parte MEP de la instalación. Tras un breve estado del arte, se explica el proceso de toma de datos con dron y escáneres láser, modelado de la instalación mediante Autodesk Revit y la utilización de dicho modelo tanto para mejorar los sistemas de gestión GMAO y SCADA de la instalación como para el desarrollo de herramientas de realidad aumentada.

También se presentan documentos de planos, creados mediante el modelo en detalle construido en Revit, con los diámetros de las tuberías y con los equipos identificados.

Por último, se incluye un presupuesto con el coste del proyecto.

Abstract

Due to European standards and its general usefulness in construction projects, BIM (Building Information Modeling) technology is growing in the field of Civil Engineering. This methodology is more useful when used from the design phase of the project. However, it is possible to benefit from the advantages it brings in already built facilities if a BIM model of them is created.

This document details the process of modelling the MEP elements fo the WWTP (Waste Water Treatment Plant) of León. After a brief state of the art, the process of obtaining data by drones and terrestrial laser scanners is detailed. Then, there is an overview of modelling the facility in Autodesk Revit using the cloud point previously obtained as a starting point. This model is later linked to the CMMS and SCADA management systems of the WTTP. Finally, augmented reality software and hardware are used to improve the readability of the data.

Detailed plans of the final model, created with Autodesk Revit, are included in the project. The plans are delimited and the equipment is properly identified.

Finally, there is a budget with the final cost of the project.

Contenido

Documento 1: Memoria	7
1. Introducción	8
1.1. Antecedentes	8
1.2. Objeto.....	8
1.3. Estructura del documento.....	8
2. Estado del arte	9
2.1. Definición de BIM	9
2.2. Implementación del BIM:.....	10
2.3. BIM en España.....	12
2.4. Metodología BIM en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales	13
2.5. Modelado BIM de elementos MEP	14
2.6. Datos no geométricos.	15
3. Toma de datos.....	17
3.1. Escáner láser.....	17
3.2. Dron.....	18
3.3. Nube final	18
4. La EDAR de León y su Alfoz	20
5. Modelado de la instalación	21
5.1. Software utilizado	21
5.2. Metodología	22
5.2.1. Preparación de la nube de puntos	22
5.2.2. Niveles y planos auxiliares.....	22
5.2.3. Modelado de elementos tubería.....	23
5.2.4. Nudos complejos.....	24
5.2.5. Accesorios de tubería.....	26
5.2.6. Equipos.....	27
5.3. Limitaciones:	30
5.3.1. Mala visibilidad en las fotografías	30
5.3.2. Oclusiones y zonas en sombra	31
5.4. Modelo BIM arquitectónico	32
6. Realidad Virtual y Aumentada.....	34
7. Conclusiones.....	37
8. Referencias.....	38
Documento 2: Planos	40
Índice de planos	41

Documento 3: Presupuesto.....	42
1. Mediciones	43
2. Cuadro de precios nº1.....	44
3. Cuadro de precios nº2.....	45
4. Presupuesto	46
5. Resumen del presupuesto.....	47

Índice de figuras:

Figura 1: Dimensiones del BIM (Añadir fuente original)	10
Figura 2: Implementación del BIM en Europa.....	11
Figura 3: Grado de uso de BIM frente a CAD 2D.....	11
Figura 4: Iniciativas gubernamentales de apoyo al BIM	12
Figura 5: Evolución del BIM en España	13
Figura 6: Evolución de la calidad del BIM en España	13
Figura 7: Comparación entre Scan-to-BIM y Scan-vs-BIM	14
Figura 8: Punto ciego en la fotografía bajo el escáner	17
Figura 9: Una de las esferas utilizadas para referenciar las tomas de datos	18
Figura 10: Nube de puntos final centrada en el edificio objeto del proyecto	19
Figura 11: Disposición de la EDAR.....	20
Figura 12: Ubicación del origen de coordenadas elegido en la nube de puntos (parte inferior de la imagen).....	22
Figura 13: Opciones de posición de la nube de puntos en Revit	22
Figura 14: Vista transversal de un grupo de tuberías desde el plano de referencia	23
Figura 15: Vista longitudinal del grupo previo desde un plano perpendicular al anterior	23
Figura 16: Uso de la herramienta Pipe Snap de ReCap para calcular el diámetro de la tubería	24
Figura 17: Preferencias de enrutamiento de una tubería de acero al carbono.....	24
Figura 18: Fotografía de apoyo para un nudo complejo.....	25
Figura 19: Modelo final del nudo	25
Figura 20: Vistas longitudinal y transversal del nudo	25
Figura 21: Modelo de tuberías	26
Figura 22: Familia de válvulas preinstaladas de Revit.....	26
Figura 23: Familia de válvula antirretorno de clapeta creada para el proyecto	27
Figura 24: Modelo de tuberías con los accesorios de tuberías.....	27
Figura 25: Familia de bombas utilizada en el proyecto.....	28
Figura 26: Herramienta "Modelar in situ" de Revit.....	28
Figura 27: Balón presurizador y el modelo creado	28
Figura 28: Alzado y perfil del triturador en la nube de puntos de referencia.....	29
Figura 29: Vista de la familia creada de triturador.....	29
Figura 30: Modelo MEP completo.....	30
Figura 31: Una imagen con iluminación excesiva	30
Figura 32: La misma imagen visualizada en intensidad de luz.....	31
Figura 33: Zona en sombra producida por la escalera: faltan detalles	31
Figura 34: Una de las fotografías utilizadas para estudiar la zona en sombra.....	32
Figura 35: Modelo construido con apoyo fotográfico	32
Figura 36: Modelo una vez añadidos los elementos arquitectónicos (parcialmente transparentes)	33
Figura 37: Imagen conceptual de realidad aumentada en una instalación (Microsoft, 2020) ...	34
Figura 38: Microsoft Hololens (Windows Central, 2020)	35
Figura 39: Balón presurizador en RA.....	36

Abreviaturas

BIM: Building Information Modelling

CAD: Computer Aided Design

EDAR: Estación Depuradora de Aguas Residuales

GMAO: Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador

GNSS: Global Navigation Satellite System

GPS: Global Position System

MEP: Mechanical, Electrical and Plumbing

PLC: Programable Logic Controller

RA: Realidad Aumentada

RV: Realidad Virtual

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition

TFM: Trabajo de Fin de Máster

TLS: Terrestrial Laser Scanning

Documento 1: Memoria

1. Introducción

1.1. Antecedentes

En este TFM se presenta el trabajo de desarrollo de un modelo BIM (Building Information Modeling) de una EDAR (Estación Depuradora de Aguas Residuales) de cara a su utilización como puesto de control de la misma. El proyecto está englobado en el proyecto de I+D “Diseño de dron para su utilización en EDARs”, realizado en el seno del grupo de investigación EgiCAD de la Universidad de Cantabria, liderado por César Otero y financiado por el Ministerio de Industria a través del CDTI (Centro de Desarrollo Técnico Industrial).

Mi labor en el proyecto, como becario del grupo EgiCAD, fue la de modelar la red MEP de la instalación en los edificios de presurización de fangos, obra de llegada y digestión y secado de fangos, además de las galerías que los conectan.

Sobre el mismo proyecto se publicaron dos artículos en el congreso de Ingegraf 2019.

1.2. Objeto

El objeto del presente documento es el desarrollo de un modelo BIM de la parte de conducciones y maquinaria de la EDAR, habitualmente denominada mediante el acrónimo MEP (Mechanical, Electric and Plumbing). La parte arquitectónica y estructural no se desarrollará en este documento, al haber sido realizada por otro alumno (López, DESARROLLO DE UN MODELO BIM PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (7D), 2019) en el seno del grupo de EgiCAD para su posterior integración con la parte MEP.

Este TFM se desarrollará centrándose en el edificio de presurización de fangos. Se trata de un edificio en dos niveles sobre un sótano, dedicado a triturar y presurizar los fangos llegados a la depuradora para poder conducirlos sin problemas por la línea de fangos hasta el edificio de digestión y secado.

1.3. Estructura del documento

En primer lugar, se desarrolla un breve estado del arte para poner en contexto el trabajo. Se habla del BIM, su utilización, el modelado y su posible automatización.

A continuación, se describe el proceso de toma de datos de la EDAR, así como sus características.

Se describe el proceso de modelado de la red MEP, diferenciando los procesos seguidos para tuberías y los diversos equipos.

Se presenta una herramienta de RA desarrollada a partir del modelo, explicando sus utilidades.

Por último, las conclusiones a las que se ha llegado con el desarrollo del trabajo.

También se presentan los planos de la instalación obtenidos a partir del modelo y un presupuesto.

2. Estado del arte

2.1. Definición de BIM

El término BIM (Building Information Modeling) se utiliza muy a menudo en el mundo de la construcción, pero la definición no siempre es clara. Según la plataforma Building Smart (¿Qué es BIM?, 2016), formada por miembros de la industria a nivel internacional, BIM es una metodología de trabajo colaborativa que centraliza toda la información sobre un proyecto en un único modelo digital. Los datos son compartidos entre todos los agentes involucrados en el proyecto, conteniendo no sólo las características físicas de la instalación, sino también las funcionales.

Supone una evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en planos, ya que añade más dimensiones en el documento digital. Estas dimensiones son (Fig. 1):

- 3D (geométrica). El modelo tridimensional del objeto del proyecto.
- 4D (de tiempos). Al añadir datos temporales, se hace más sencillo calcular la duración del proyecto y cómo evolucionará con el tiempo. De esta forma, es posible una planificación temporal exhaustiva de todas y cada una de las fases del proyecto, que además irá variando si cambiaran las condiciones en sus diferentes fases de ejecución.
- 5D (de costes). Los costes de cada una de las fases para cada uno de los elementos están implementados en el modelo. Se puede calcular el coste de la obra en cualquier momento para diferentes escenarios, así como saber el efecto económico de un retraso en cualquier actividad.
- 6D (ambiental). Incluye información sobre impactos ambientales y las certificaciones o auditorías que deben superarse. Además, permite analizar el consumo de energía del edificio, permitiendo mejorar la eficiencia energética desde la fase de proyecto. De esta forma, se puede valorar de forma precisa el efecto económico a largo plazo de mejorar el comportamiento energético de la instalación a costa de mayores costes iniciales.
- 7D (mantenimiento). Están recogidas las tareas de mantenimiento que deben realizarse en cada elemento; el modelo BIM puede utilizarse para dirigir el mantenimiento de una manera más eficiente. Una manera de hacerlo es vincularlo a un sistema GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador), una base de datos que contiene la información de la instalación y el mantenimiento que debe realizarse. A mayor escala puede utilizarse un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), que automatiza la toma de información y gestión de la misma para mostrarla de forma más clara, lo que permite centralizar el mantenimiento de varias instalaciones en un único centro de control.



Figura 1: Dimensiones del BIM (bimtool.com, 2019)

2.2. Implementación del BIM:

La metodología BIM está siendo impulsada por los gobiernos europeos, siendo ya un requisito para proyectos públicos en varios países como el Reino Unido o Dinamarca.

Según un estudio del Zigurat Global Institute of Technology (State of BIM adoption across Europe, 2018), que a pesar de utilizar una metodología aproximada da un buen orden de magnitud, la implementación de BIM en Europa es la siguiente (Fig.2):

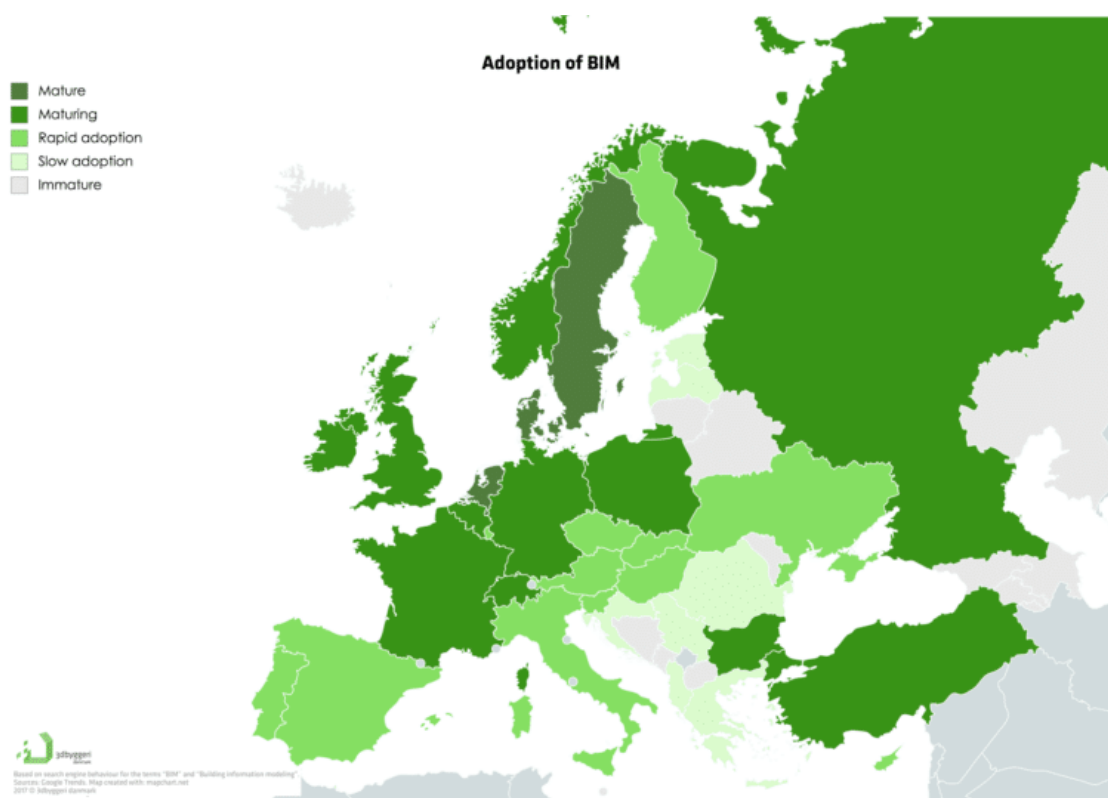


Figura 2: Implementación del BIM en Europa

Además, presenta un mapa de comparación del uso de BIM frente al CAD 2D tradicional (Fig.3) y otro de iniciativas de apoyo gubernamentales (Fig.4), dando con la combinación de los tres mapas una idea sólida del grado de utilización de BIM en el continente.

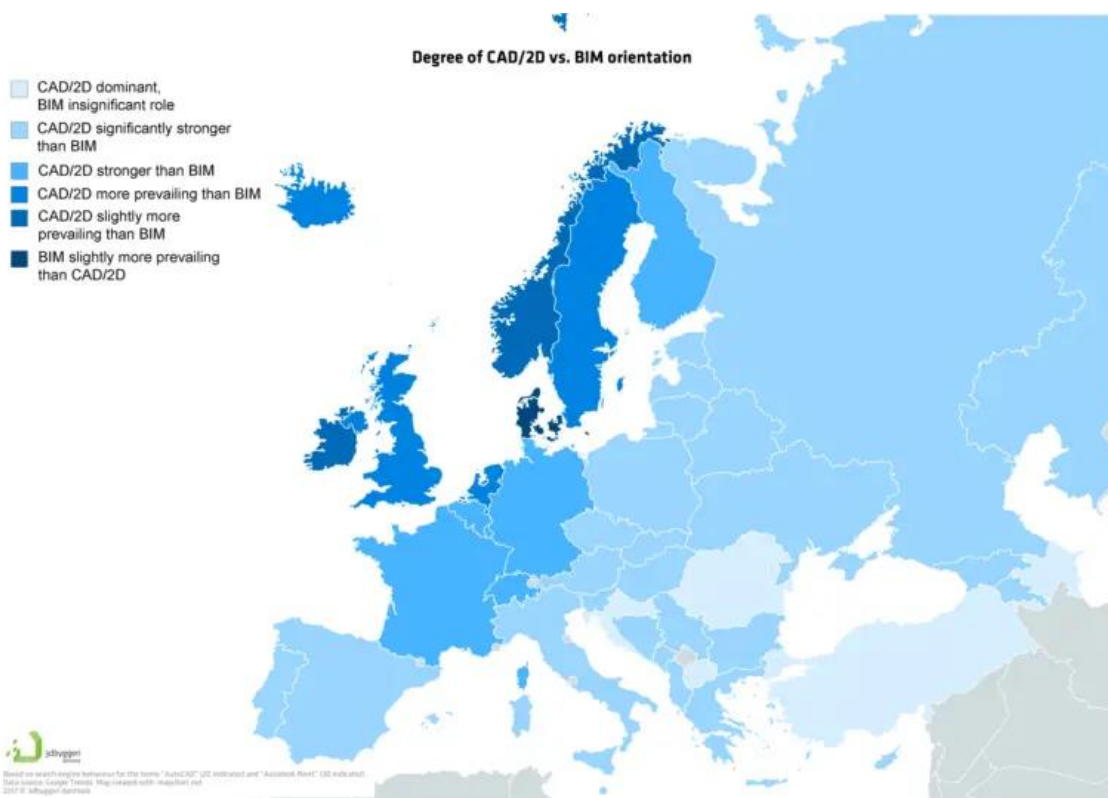


Figura 3: Grado de uso de BIM frente a CAD 2D

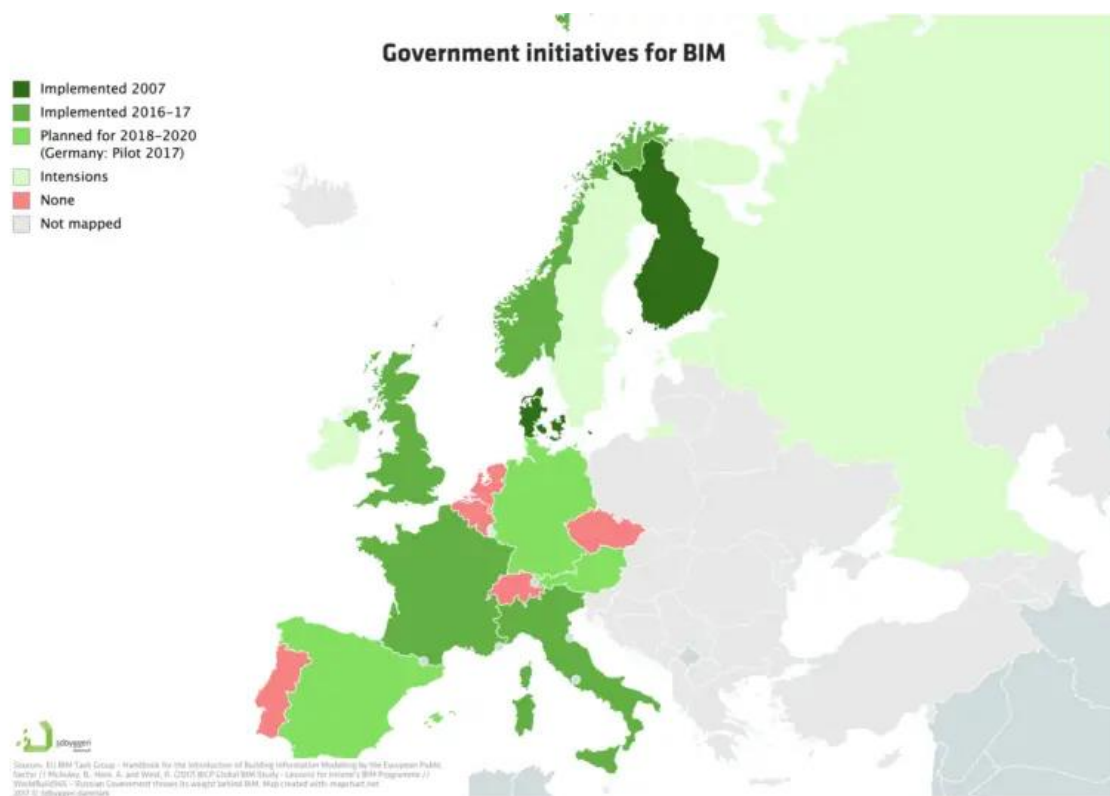


Figura 4: Iniciativas gubernamentales de apoyo al BIM

Como puede verse en los mapas anteriores, el BIM es habitual en los países del centro y norte de Europa, y está creciendo en el sur, además de ser necesario para proyectos públicos en un número cada vez mayor de países.

A escala global, es habitual su uso en Estados Unidos, China, Canadá y Brasil, por ejemplo, y está creciendo en Sudamérica y la India.

2.3. BIM en España

Según el informe del tercer trimestre de 2019 del Observatorio de Licitaciones (Palmero, Campos, & Pérez, 2019), que analiza un total de 609 casos, en la licitación pública española el BIM se encuentra en una fase de gran crecimiento. Estos datos muestran que en los tres primeros trimestres de 2019 se ha superado el número de licitaciones BIM del año anterior, y la inversión se ha más que duplicado (Fig.5).

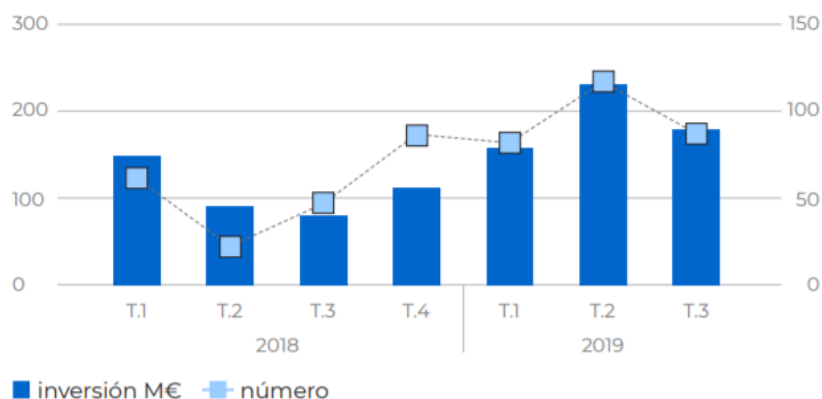


Figura 5: Evolución del BIM en España

El informe también utiliza una serie de indicadores cualitativos (requerir algún tipo de entregable BIM; definir algún uso BIM; requerir el uso o entrega de formatos abiertos; requerir la realización de un Plan de Ejecución BIM; la incorporación de personal especializado en el equipo técnico; establecer o hacer referencia a algún estándar existente, bien sea nacional o internacional; requerir el uso de un sistema de clasificación; estrategias de colaboración; la definición de los requisitos de información del cliente; y requerir expresamente controlar la calidad del modelo BIM) para evaluar la calidad de la metodología BIM utilizada, que también ha ido en aumento durante el mismo período de tiempo. En la gráfica siguiente aparece la evolución de la media ponderada de estos factores a lo largo del tiempo (Fig.6).

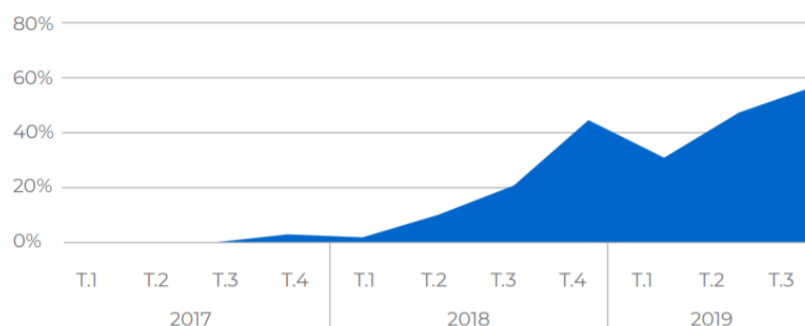


Figura 6: Evolución de la calidad del BIM en España

En base a estos datos, se puede concluir que el BIM es una metodología que es ya frecuente en la construcción tanto en España como en Europa y el resto del mundo, con una tendencia ascendente importante y que muchos gobiernos exigen ya para la licitación de obras públicas.

2.4. Metodología BIM en Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales

Los sistemas MEP son vitales para el funcionamiento normal de las EDAR. Durante toda la vida útil de la infraestructura, requieren de mantenimiento e implican costes de operación. La fase de explotación es la más larga de la vida de la estructura, y sus costes alcanzan hasta un 60% del coste total del proyecto. Las ventajas que aporta la metodología BIM son de gran importancia en esta fase, ya que centralizar toda la información de la instalación MEP en un único documento digital evita posibles problemas relacionados con la comunicación entre diversos agentes. El BIM también es más sencillo de manejar en caso de emergencia; por ejemplo, en el caso de una fuga en una tubería, es más fácil visualizar su ubicación y determinar qué válvula es necesario cerrar.

Si se lleva a cabo desde la fase de construcción, es posible detectar incompatibilidades espaciales entre elementos pertenecientes a diferentes disciplinas, algo que es habitual que ocurra en la construcción de todo tipo de estructuras debido a la dificultad de visualizar el conjunto en su completo mediante medios tradicionales.

Sin embargo, la aplicación de la metodología BIM en el campo de las EDAR no está generalizada, con algunos casos puntuales contruidos recientemente. También se han realizado modelos BIM de algunas instalaciones existentes (Manchado C. , Varela, Gómez-Jáuregui, & Otero, 2019).

2.5. Modelado BIM de elementos MEP

En la fase de construcción de un proyecto ya se encuentra una necesidad de determinar de forma precisa la ubicación de los elementos en la estructura construida, para encontrar cualquier posible diferencia que hubiera con los planos del proyecto original. Las mismas metodologías empleadas para esta tarea pueden aplicarse para obtener un modelo digital de una planta ya ejecutada. Hay diversas tecnologías disponibles para la captura de datos, pero la más habitual es el escáner láser terrestre, ya que es rápido y devuelve una nube de puntos con una buena precisión (Fernández et al, 2019).

Sin embargo, para realizar el modelado de la red MEP el proceso se suele realizar de forma manual, tratándose de un trabajo repetitivo y complicado en el caso de redes complejas. Por esta razón, se están desarrollando tecnologías que pueden automatizar el proceso en cierto grado (Manchado C. , Varela, Gómez-Jáuregui, & Otero, 2019).

El proceso Scan-to-BIM puede crear un modelo geométrico BIM directamente a partir del escáner láser terrestre. Algunas compañías de software han comenzado a incluir la capacidad de realizar modelizaciones semiautomáticas en su software Scan-to-BIM, pero los resultados obtenidos requieren importantes correcciones de forma manual (Son, Kim, & Turkan, 2015).

Si se tiene acceso a los planos originales de la instalación y no ha habido cambios importantes en el diseño durante la fase de construcción o de mantenimiento se puede aplicar la tecnología Scan-vs-BIM. Mientras que la tecnología Scan-to-BIM funciona procesando la nube de puntos para encontrar formas y construir sobre ellas, la metodología Scan-vs-BIM compara las formas encontradas en la nube de puntos con una representación BIM de la instalación que se sabe o sospecha que es inexacta (Fig. 7). Este paso adicional aumenta la precisión del método (López et al, 2020).

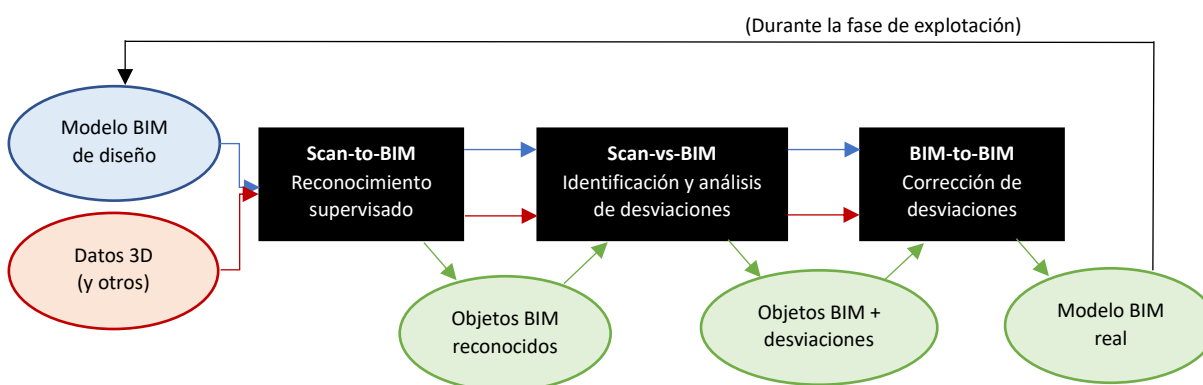


Figura 7: Comparación entre Scan-to-BIM y Scan-vs-BIM

Los planos originales se utilizan como una base para el modelo BIM de la instalación, que a su vez se utiliza para comparar la estructura planificada con la posición real de todos los elementos obtenida por el escáner láser.

Cuando no se tienen datos fiables de la instalación, por ejemplo, debido a planos obsoletos provocados por reformas importantes, no se puede aplicar la metodología Scan-vs-BIM.

La transformación de Hough (Rabbani & van den Heuvel, 2005) es una técnica utilizada para encontrar formas arbitrarias en imágenes o fotografías. Con algunas modificaciones, puede utilizarse para encontrar formas paramétricas en nubes de puntos, encontrando tuberías automáticamente. La metodología, en su estado actual, asume que las tuberías son paralelas a los ejes principales de la instalación. A continuación, se crea una serie de planos paralelos, y el programa busca círculos de diámetro igual al diámetro de la tubería.

Otra alternativa es utilizar un descriptor de formas basado en las curvaturas, para encontrar objetos con formas similares a una tubería de muestra. Funciona estimando la curvatura de la tubería y aplicando análisis de grupo, detectando las formas similares al ejemplo (Czeniawski, Nahangi, Haas, & Walbridge, 2016).

Una tercera opción es utilizar las primitivas geométricas de la nube de puntos. Con la información de los planos de construcción se puede obtener el radio y la orientación del eje de las tuberías, que el programa procede a buscar en la nube de puntos (Maalek, D. Lichti, Walker, Bhaynani, & Ruwanpura, 2019).

En cualquiera de estos casos, los procesos automatizados de Scan-to-BIM y Scan-vs-BIM están aún limitados en sus capacidades. Son frecuentes dificultades y problemas que requieren de retoques manuales, como, por ejemplo:

- Oclusión de tuberías. Cuando parte de una tubería no es visible en una nube de puntos, la detección automática suele detectar los segmentos previo y siguiente como tuberías diferentes.
- Codos. La detección de un codo como parte de una única tubería es problemática, ya que el programa tiende a considerar las partes anterior y posterior del codo como tuberías independientes.
- Conexiones en T. Las tuberías no se consideran conectadas entre sí.

2.6. Datos no geométricos.

Al plantear la construcción de un modelo BIM, se pretende algo más que el simple almacenamiento de datos geométricos de la instalación. Una de las principales ventajas de la metodología BIM es la capacidad de tener un mapa detallado tridimensional de la instalación con información de tipo no geométrico precisa y fácilmente disponible. En el caso de los sistemas MEP, la información que ayude a abaratar los costes de operación y mantenimiento de la instalación es especialmente valiosa para reducir los costes.

Algunos ejemplos de información no geométrica son las capacidades del equipamiento, materiales de construcción, y las relaciones lógicas entre los componentes de la red MEP. Este último es especialmente relevante, ya que en el caso de que ocurriera una fuga la válvula de aguas arriba debe cerrarse tan pronto como sea posible; el hecho de poder visualizar la instalación completa en el modelo y que éste indique la ubicación de dicha válvula acelera considerablemente el proceso.

Estos datos deben introducirse manualmente, normalmente asignando códigos a cada elemento y conectándolos a una base de datos en la que se encuentre toda la información pertinente.

3. Toma de datos

Para la toma de datos sobre la instalación, se utilizaron dos métodos: Para los interiores se realizó una serie de barridos láser con un escáner láser terrestre, mientras que para los exteriores se utilizó fotogrametría aérea obtenida mediante un dron.

3.1. Escáner láser

El escáner láser FARO Focus 3D utilizado para la captura de datos de la instalación tiene un emisor de luz que gira 360º en horizontal. Sin embargo, debido a la necesidad de un punto de apoyo, bajo el mismo queda una zona en sombra de la que no se recogen datos (Fig. 8). Estas zonas serán mapeadas desde otras ubicaciones.



Figura 8: Punto ciego en la fotografía bajo el escáner

Cada uno de los escaneos dura 10 min; 5 min se dedican al escaneo láser propiamente dicho y los 5 min siguientes el aparato toma una fotografía esférica desde su ubicación. La fotografía permite asignar colores a la nube de puntos y sirve como apoyo a la hora del modelado.

Es necesario realizar varios escaneos para crear la nube de puntos completa, con lo que surge la problemática de unir las nubes de puntos resultado de cada uno de los escaneos.

Para alinear los escaneos se utilizan unas esferas de referencia especificadas por el fabricante (Fig. 9), que el aparato detecta automáticamente. En caso necesario, es posible corregir el proceso e incluso realizarlo manualmente. Para que dos tomas puedan alinearse de forma precisa es necesario que vean en común al menos tres esferas.



Figura 9: Una de las esferas utilizadas para referenciar las tomas de datos

3.2. Dron

Para el exterior de la instalación se utilizó la fotogrametría aérea, ya que el método es mucho más rápido. La toma de datos mediante el dron fue subcontratada a una empresa externa. El dron fue un PHANTOM-4 en un vuelo automático asistido por GNSS.

Para montar la nube de puntos a partir de las fotografías del dron se utiliza Autodesk ReCap Photo, donde se cargan todas las fotografías tomadas por el dron. A pesar de que el dron estaba geolocalizado por GPS, su precisión es insuficiente, por lo que se utilizaron puntos de referencia en tierra para combinar las imágenes.

3.3. Nube final

La combinación de ambas nubes de puntos se realizó mediante el software Cloud Compare, en el que se introducen puntos comunes a ambas nubes de puntos.

Estos puntos de referencia deben ser visibles tanto desde el exterior como desde el interior de la instalación; serán, por tanto, alféizares de ventanas y marcas blancas y negras colocadas a tal efecto en las puertas de los edificios.

Una vez realizada esta tarea de forma manual, se utiliza un algoritmo de mínima distancia para unir las nubes de puntos de forma que los puntos comunes queden lo más cerca posible entre sí. La nube de puntos resultante se procesó en Autodesk ReCap para poder importarla en Revit (Fig. 10).



Figura 10: Nube de puntos final centrada en el edificio objeto del proyecto

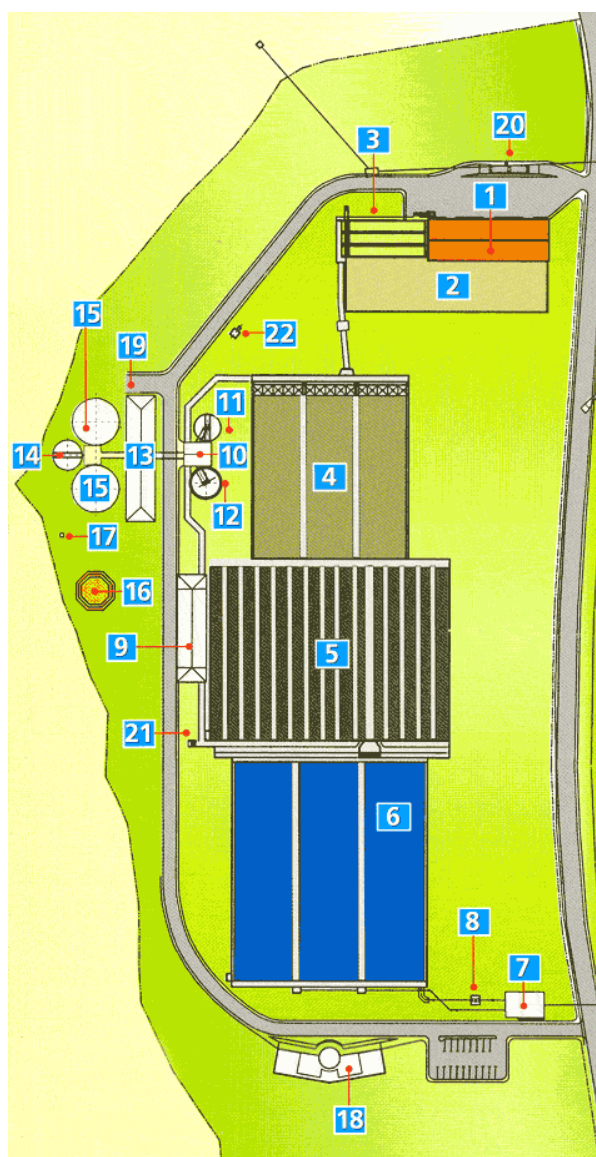
4. La EDAR de León y su Alfoz

La EDAR de León y su Alfoz comenzó a construirse en el año 1996, aunque el Ayuntamiento de León había propuesto la construcción de una EDAR ya en la década de 1960. Las obras finalizaron en 1998, con un coste de 17 millones de euros financiado por la Junta de Castilla y León y la mancomunidad de León y su Alfoz.

Esta instalación trata las aguas residuales de las poblaciones de León, San Andrés del Rabanedo, Villaquilambre y Santovenia de la Valduncina, estando situada al sur de León.

La EDAR trata un volumen de 107.000 m³ diarios, dando servicio a una población de aproximadamente 300.000 habitantes.

Está constituida por los siguientes edificios (Fig. 11):



- | | |
|-----------|--|
| 1 | Obra de llegada y desgaste |
| 2 | Tanque de tormentas |
| 3 | Desarenado-desengrasado |
| 4 | Decantador primario |
| 5 | Tratamiento biológico |
| 6 | Decantador secundario |
| 7 | Centro agua de servicios |
| 8 | Arqueta medidora de caudal del agua tratada |
| 9 | Edificio de turbocompresores y transformadores |
| 10 | Edificio de presurización |
| 11 | Espesador de fangos |
| 12 | Flotador de fangos |
| 13 | Edificio de digestión y secado de fangos |
| 14 | Espesador de fangos digeridos |
| 15 | Digestores de fangos |
| 16 | Gasómetro |
| 17 | Antorcha |
| 18 | Edificio de control y explotación |
| 19 | Edificio de secado térmico de fangos |
| 20 | Báscula de camiones |
| 21 | Arqueta de bombeo de vaciados |

Figura 11: Disposición de la EDAR

El objeto de este trabajo está concentrado en el edificio de presurización de fangos. Se trata de un edificio con tres niveles, uno de ellos subterráneo que enlaza con una serie de galerías que lo comunican con el resto de los edificios de la instalación.

5. Modelado de la instalación

A pesar de contar con los planos constructivos de la instalación, hubo modificaciones debidas a dificultades encontradas durante la fase de construcción, además de cambios introducidos durante la fase de construcción en adaptaciones y reparaciones puntuales. Por lo tanto, los planos no son lo suficientemente precisos para ser utilizados como base para el modelo BIM.

En cualquier caso, los planos son una herramienta útil para identificar los diferentes equipos y asignarles sus correspondientes códigos y propiedades en el modelo final.

5.1. Software utilizado

El software BIM con el que se ha realizado este proyecto es Autodesk Revit, con Autodesk Recap utilizado como complemento para procesar la nube de puntos, comprobar los diámetros de las tuberías y acceder a fotografías reales esféricas de la instalación como referencias. Dado que el proyecto es a una escala relativamente pequeña, el modelo de la instalación será realizado a mano.

Autodesk Revit permite cargar la nube de puntos y realizar el modelo 3D tanto de la red de tuberías como de los elementos arquitectónicos que no son objeto del presente TFM.

También posibilita la creación familias específicas para los objetos creados, permitiendo la modificación simultánea de todos ellos. Una familia de Revit es un grupo de elementos con unos parámetros comunes, cuyos valores pueden variar entre cada ejemplar. Las familias permiten crear en el proyecto distintos ejemplares que se adapten mediante los parámetros para representar elementos similares pero con distintas características de, por ejemplo, tamaños o materiales.

Con Autodesk ReCap se prepara la nube de puntos para su carga en Revit, dividiéndola en sectores para reducir la carga computacional requerida para manejar el programa. También se pueden visualizar, para ayudar al modelado, fotografías 360° tomadas por el propio escáner láser, que en ocasiones permiten identificar elementos que en la nube de puntos no aparezcan nítidamente.

La herramienta Pipe-Snap se utilizó como ayuda para obtener los diámetros de las tuberías, que se explicará en el apartado 5.2.3.

5.2. Metodología

5.2.1. Preparación de la nube de puntos

Definición del origen en ReCap

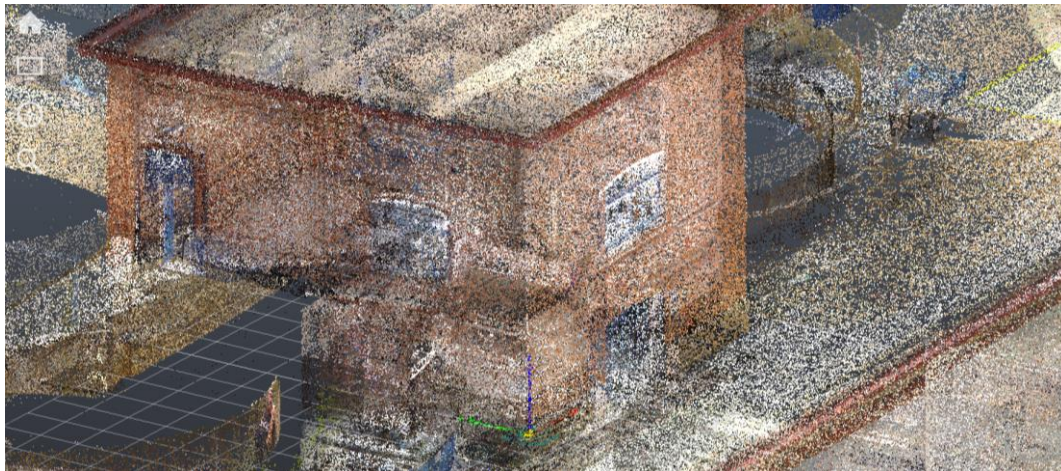


Figura 12: Ubicación del origen de coordenadas elegido en la nube de puntos (parte inferior de la imagen)

Mediante la opción “update origin” de ReCap es posible cambiar el punto de origen y la orientación de los ejes. Se elige un punto de fácil identificación, en este caso una de las esquinas del edificio de presurización de fangos, como origen y se ubican los ejes de forma que sigan las aristas de las paredes (Fig. 12). De esta forma, si se divide la nube de puntos es posible colocar fácilmente el origen de coordenadas en la misma posición.

Inserción de la nube de puntos en Revit

Para que el origen de coordenadas y su orientación se mantengan independientemente del tamaño de la nube, se debe seleccionar la opción “origen a origen”. Por defecto aparece la opción “centro a centro”, que no mantiene las coordenadas de los puntos (Fig. 13).

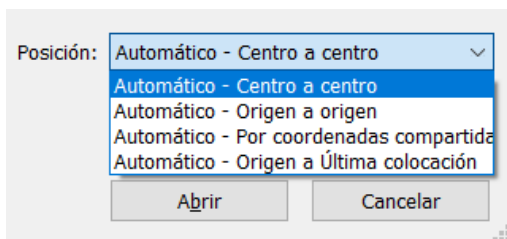


Figura 13: Opciones de posición de la nube de puntos en Revit

5.2.2. Niveles y planos auxiliares

En primer lugar, se crean niveles a las alturas del suelo y el techo y planos auxiliares paralelos a las paredes de cada edificio, ya que son las direcciones en las que está orientada la mayoría de la red de tuberías.

Dichos planos serán, por tanto, paralelos o perpendiculares a las tuberías, lo que facilita mucho colocar un objeto “tubería” en el programa siguiendo la nube de puntos. Esta orientación de los planos, cuando quedan perpendiculares a la tubería, también permite medir más fácilmente los diámetros de las conducciones (Fig. 14 y 15).

Desplazando los planos de referencia para adaptarlos a cada una de las tuberías concretas, se va modelando la red de la planta. También se utilizan como apoyo las imágenes reales tomadas por el escáner, accesibles mediante ReCap. En algunos casos aparecen sombras en la nube de

puntos debidas a oclusiones. Para modelar las zonas en sombra, se tomaron fotografías para utilizarlas como referencia, combinadas con la ubicación de las partes de la red que sí fueron detectadas por el escáner.

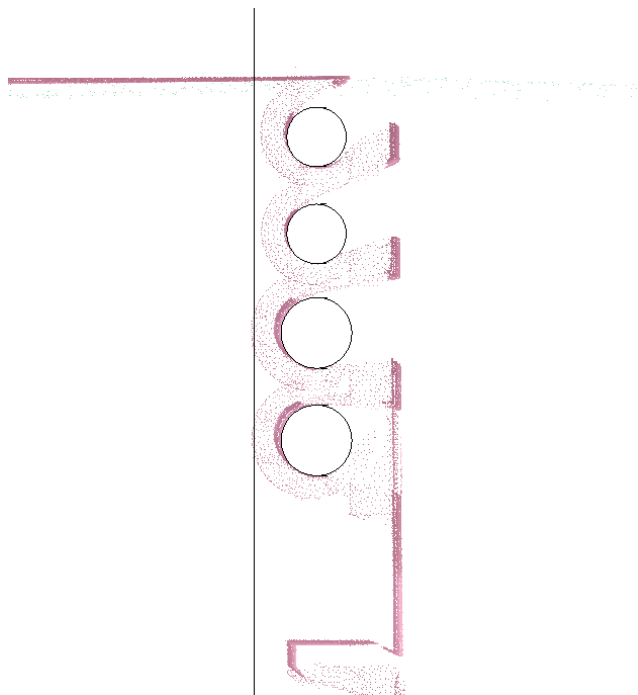


Figura 14: Vista transversal de un grupo de tuberías desde el plano de referencia

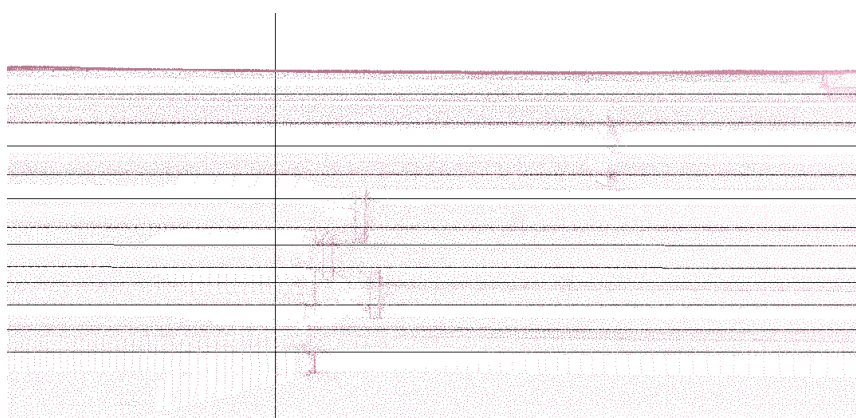


Figura 15: Vista longitudinal del grupo previo desde un plano perpendicular al anterior

5.2.3. Modelado de elementos tubería

Los diámetros fueron comprobados mediante la utilización de la herramienta “Pipe Snap” de Autodesk Recap (Fig. 16). Esta herramienta está diseñada para medir la distancia entre la superficie de la tubería y otro punto, pero su capacidad de reconocimiento automático de las circunferencias de tuberías resulta muy útil para medir los diámetros de las mismas. El programa detecta patrones cilíndricos en la nube de puntos cercanos a la posición del cursor, marcando la circunferencia aproximada para que el usuario pueda comprobar que el cilindro detectado se corresponde con el deseado. Al utilizar esta herramienta, el diámetro que se obtiene es el exterior, por lo que el real es algo menor. En todo caso, los diámetros están normalizados, por lo que no es difícil averiguar el diámetro interior a partir del exterior.



Figura 16: Uso de la herramienta Pipe Snap de ReCap para calcular el diámetro de la tubería

Las tuberías en Revit se crean con la herramienta “tubería”, en la pestaña “sistemas”. Para que sean del material y medidas correctos y tengan las uniones deseadas, se deben editar las preferencias de enrutamiento para que el resultado del modelo sea lo más parecido posible a la realidad (Fig. 17).

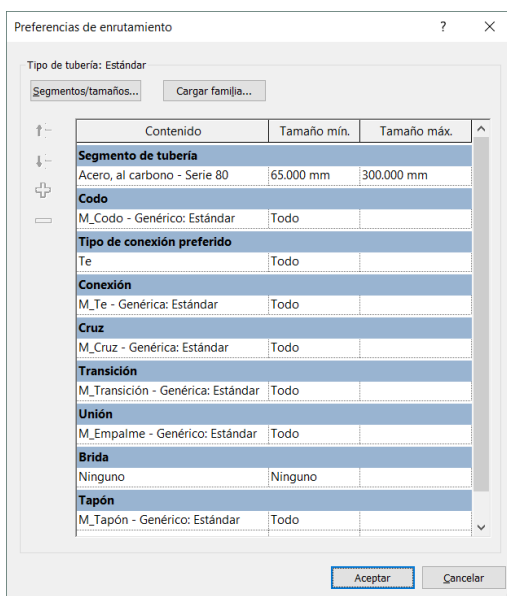


Figura 17: Preferencias de enrutamiento de una tubería de acero al carbono

5.2.4. Nudos complejos

La metodología en el caso de nudos de tuberías en los que hay gran cantidad de cruces es similar, pero es necesario ir desplazando los planos de referencia para cada una de las tuberías. En estos casos es de gran ayuda utilizar las imágenes reales como referencia, ya que es más sencillo determinar la continuidad de las conducciones a partir de éstas que en la nube de puntos (Fig. 18, 19 y 20).

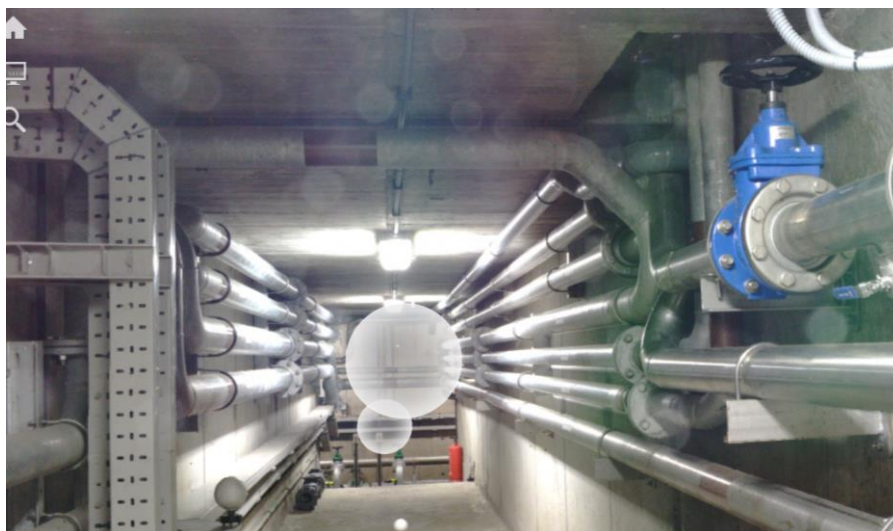


Figura 18: Fotografía de apoyo para un nudo complejo

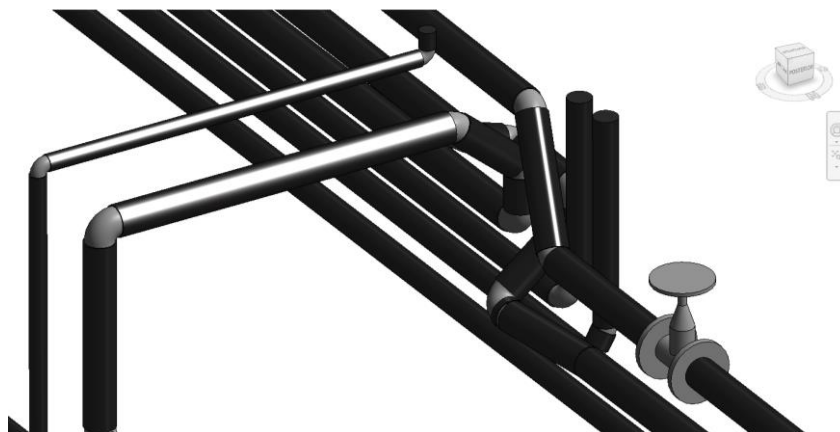


Figura 19: Modelo final del nudo

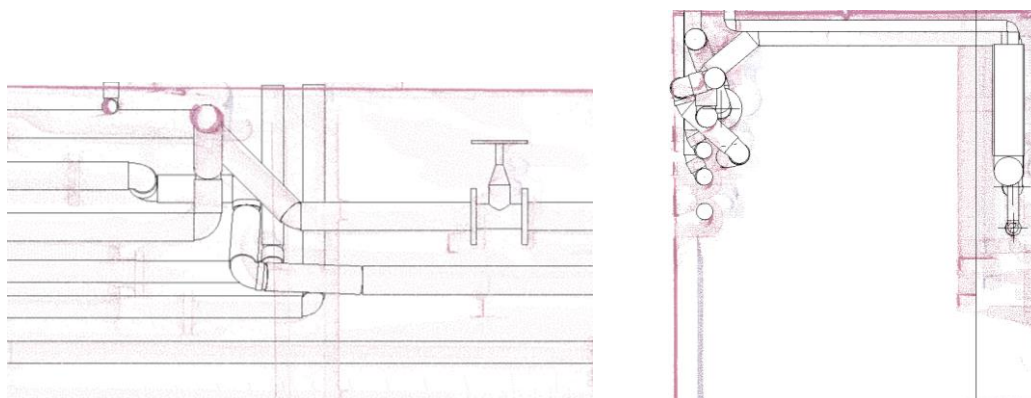


Figura 20: Vistas longitudinal y transversal del nudo

Con esta metodología ya es posible modelar todas las tuberías de la instalación (Fig. 21).

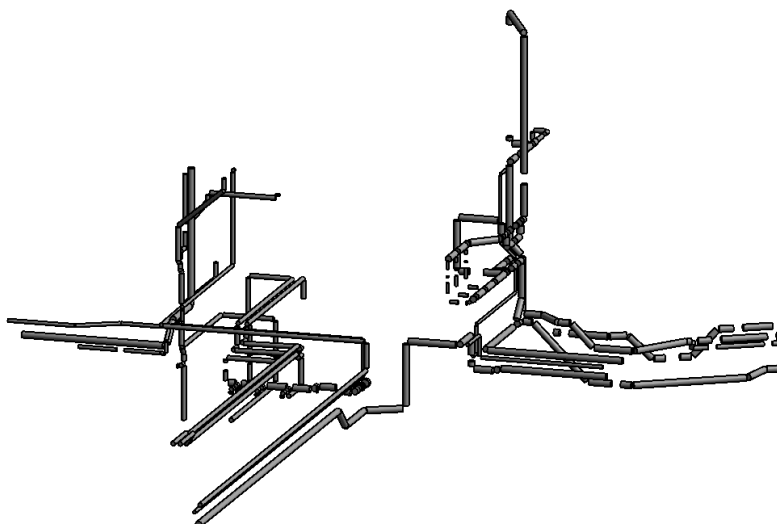


Figura 21: Modelo de tuberías

5.2.5. Accesorios de tubería

Las llaves de paso, válvulas y manómetros pueden modelarse fácilmente, ya que Revit cuenta con sus propias familias preinstaladas de estos elementos (Fig. 22). Sin embargo, un tipo de válvula concreto (la de clapeta antirretorno) debió ser modelada por separado a partir de una de las familias de fábrica, ya que la tipología no estaba considerada en el programa. Este proceso consistió en buscar la familia predefinida más similar y crear una copia en la que se eliminaron todos los elementos que no podían adaptarse. El resto de elementos se modificaron hasta tener las dimensiones medidas en la válvula de clapeta y se añadieron elementos nuevos hasta lograr representar la geometría correctamente, con parámetros para poder adaptarla a los diversos diámetros de tubería (Fig 22).

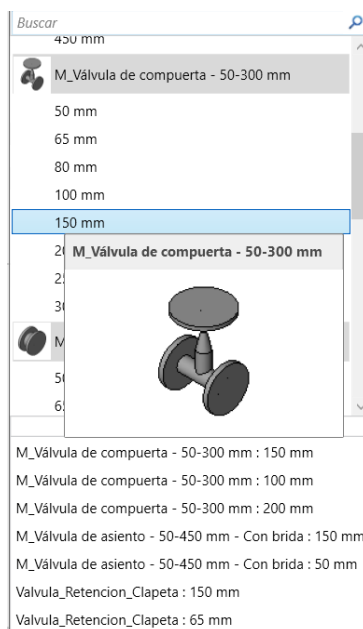


Figura 22: Familia de válvulas preinstaladas de Revit

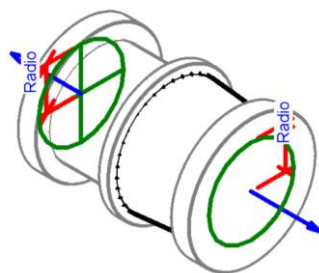


Figura 23: Familia de válvula antirretorno de clapeta creada para el proyecto

A continuación se presenta el modelo una vez modelados los accesorios de tubería (Fig 23).

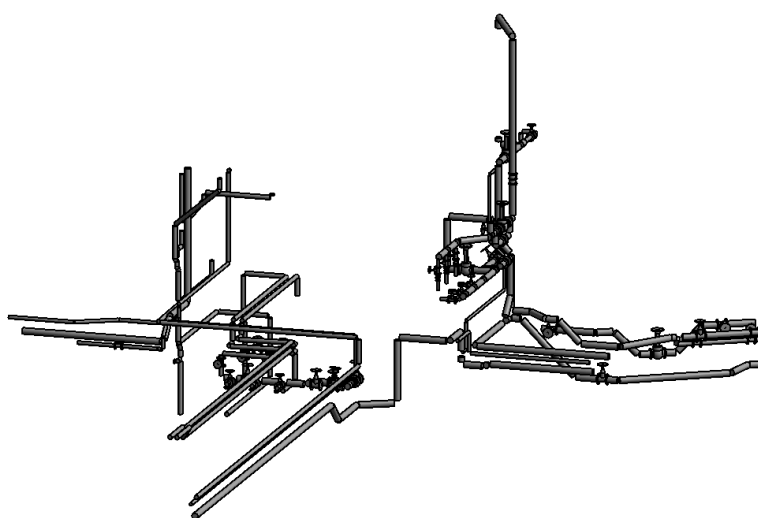


Figura 24: Modelo de tuberías con los accesorios de tuberías

5.2.6. Equipos

Para los equipos especializados de la depuradora es necesario crear un modelo 3D aproximado para cada uno de ellos, ya que los fabricantes no tenían modelos BIM disponibles en el momento del proyecto. Dependiendo de cada caso, se modificaron modelos disponibles en la red de maquinaria similar o fue necesario crear un modelo nuevo desde cero.

Bombas

Las bombas se modelaron a partir de unas similares encontradas en un banco abierto de modelos de Revit en la red. Se modificó el modelo descargado para hacerlo lo más similar posible a las bombas instaladas (Fig. 23).

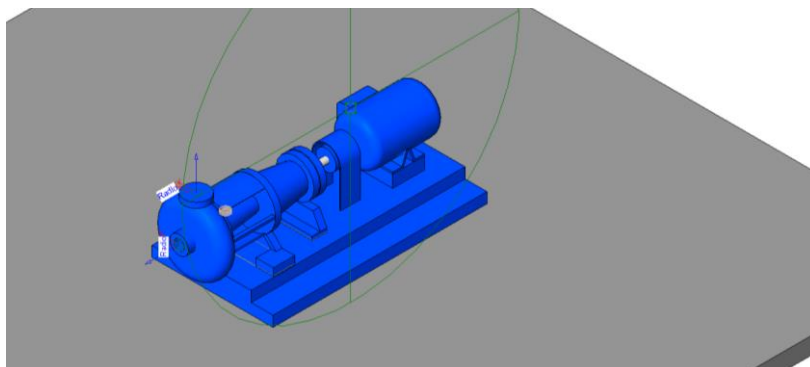


Figura 25: Familia de bombas utilizada en el proyecto

Balón presurizador

En el edificio se encuentra un balón presurizador de fangos que fue necesario modelar in situ al no encontrarse familias de Revit similares en la red (Fig. 26). Para ello, se utilizó la herramienta “componente” de la disciplina fontanería, que permite modelar directamente sobre la nube de puntos. Una desventaja de este método es que el modelo resultante no puede utilizarse en otros proyectos, ya que no es una familia (Fig. 27).

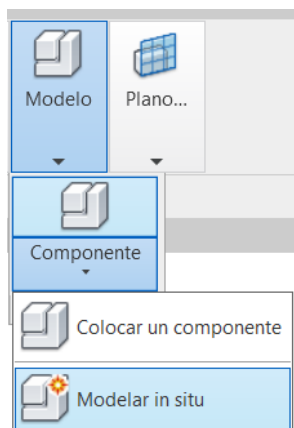


Figura 26: Herramienta "Modelar in situ" de Revit

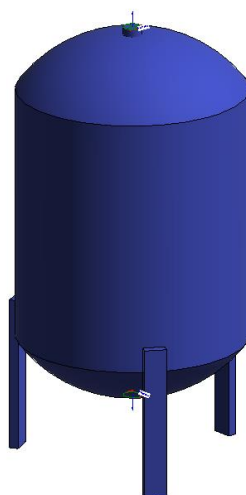


Figura 27: Balón presurizador y el modelo creado

Triturador de fangos

En el edificio hay dos trituradores de fango que fueron modelados de forma aproximada mediante formas geométricas simples como familia de Revit utilizando como referencia la nube de puntos (Fig. 28).

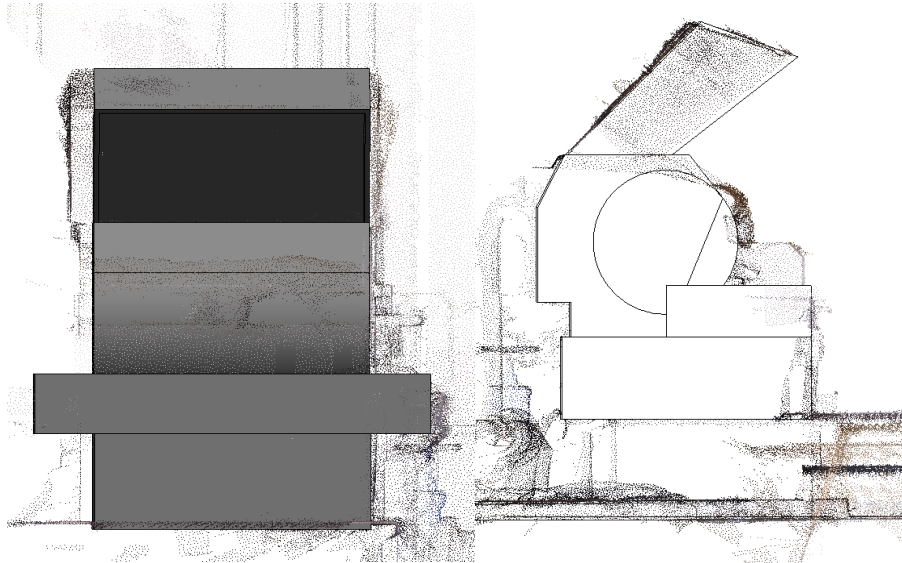


Figura 28: Alzado y perfil del triturador en la nube de puntos de referencia

Triturador de fangos a digestión

Se trata de un triturador más pequeño acoplado a una tubería, que fue modelado de la misma forma (Fig. 29).

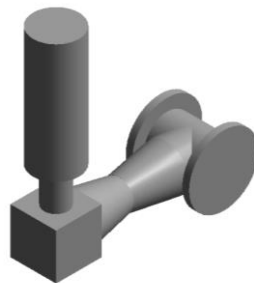


Figura 29: Vista de la familia creada de triturador

Por último, a cada elemento del modelo se le asigna su código correspondiente para facilitar su identificación, y se vinculan a la base de datos GMAO (Gestión de Mantenimiento Asistido por Ordenador) con todos los datos pertinentes para facilitar las tareas de explotación y mantenimiento. Así, se obtiene finalmente el modelo completo de los elementos MEP (Fig. 30).

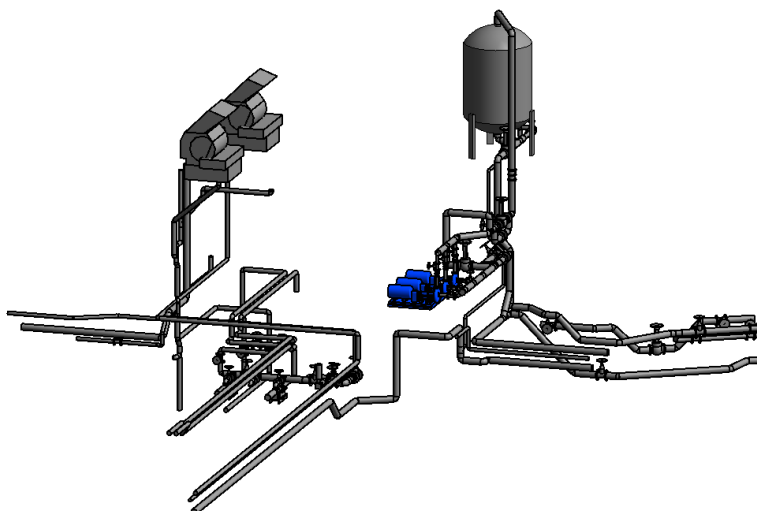


Figura 30: Modelo MEP completo

5.3. Limitaciones:

5.3.1. Mala visibilidad en las fotografías

Cuando, debido a la iluminación, se hace difícil distinguir los elementos en las imágenes reales, se puede seleccionar en ReCap la opción de visualización “intensidad” en vez del RGB habitual, lo que permite apreciar claramente la situación de las tuberías (Fig. 31 y 32).



Figura 31: Una imagen con iluminación excesiva



Figura 32: La misma imagen visualizada en intensidad de luz

5.3.2. Oclusiones y zonas en sombra

Para solucionar el problema de las zonas no escaneadas debido a obstáculos, se tomaron fotografías como referencia y se modeló mediante una combinación de continuidad a partir de lo que sí fue escaneado e información aportada por las imágenes complementarias.

En el piso inferior, la escalera impidió que se viera la zona situada tras ella durante el escaneado (Fig. 33, 34 y 35).

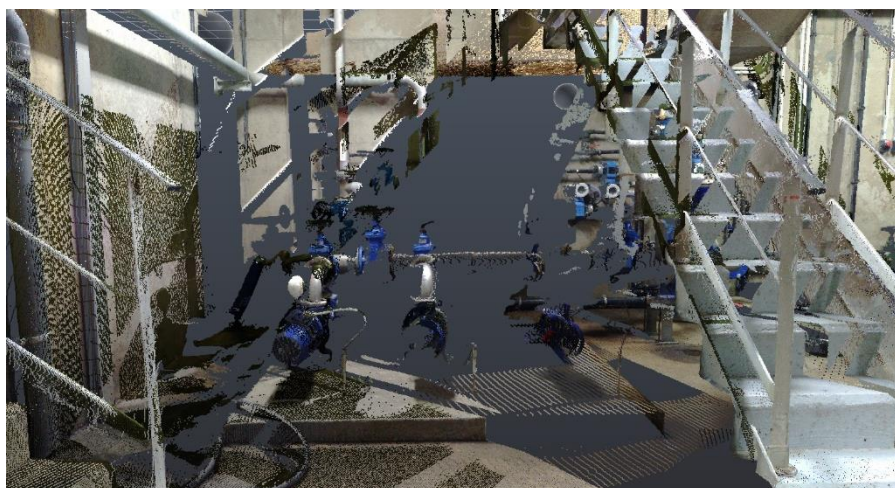


Figura 33: Zona en sombra producida por la escalera: faltan detalles



Figura 34: Una de las fotografías utilizadas para estudiar la zona en sombra

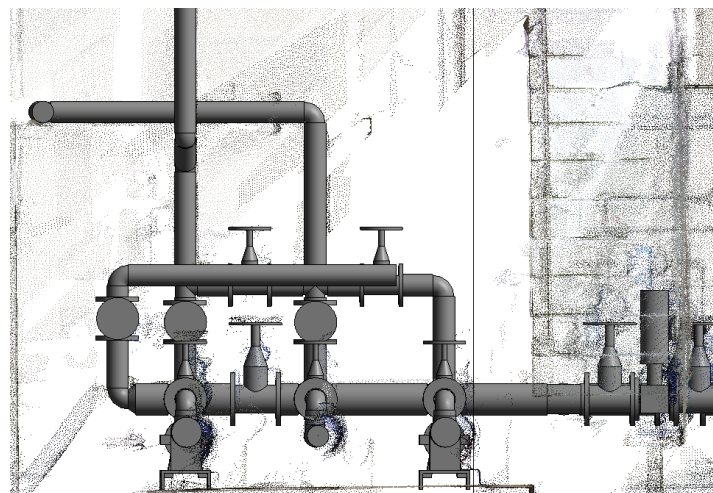


Figura 35: Modelo construido con apoyo fotográfico

En algunos casos, especialmente cuando las tuberías horizontales están muy próximas tanto a la pared como al techo, la superficie mapeada en la nube de puntos es insuficiente para calcular fácilmente el diámetro de las tuberías. Para encontrarlo se recurrió, dependiendo del caso, a buscar puntos más favorables aguas arriba o aguas abajo, tomando medidas en varios puntos para disminuir el error y a comprobar los planos de construcción en los casos en los que no había habido modificaciones.

5.4. Modelo BIM arquitectónico

El modelado de la parte arquitectónica del edificio no es el objeto de este proyecto. Sin embargo, es necesario incluirla para tener el modelo completo de la instalación. En este caso, se añadió al modelo MEP como un vínculo de Revit. Esta parte del modelo se creó en la misma nube de puntos partiendo del mismo origen de coordenadas, por lo que encajan a la perfección (Fig 36).

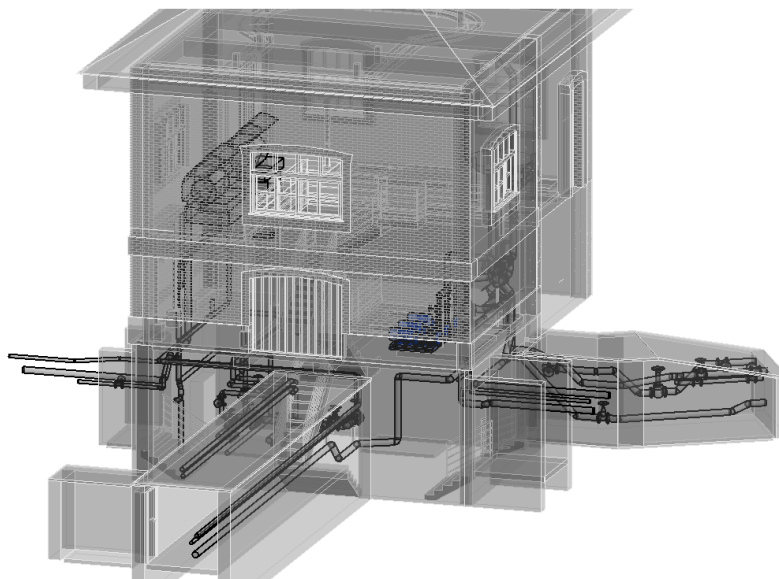


Figura 36: Modelo una vez añadidos los elementos arquitectónicos (parcialmente transparentes)

6. Realidad Virtual y Aumentada

Otra utilidad práctica de crear un modelo BIM de la EDAR es la posibilidad de generar escenas de realidad virtual y realidad aumentada con las que se puede visualizar la instalación al completo. Esta aplicación está fuera del objeto de este TFM, pero se considera de interés suficiente para dar a continuación una breve explicación de sus características.

La realidad aumentada (RA) es una tecnología que permite mejorar la percepción subjetiva de la realidad. Funciona dando una vista del entorno aumentada mediante elementos virtuales añadidos a la escena que parecen coexistir con el mundo real. Estos añadidos se crean e introducen mediante software especializado, y se visualizan con diferentes tipos de hardware, ya sean ordenadores, tabletas, móviles o gafas de RA (Fig. 37).

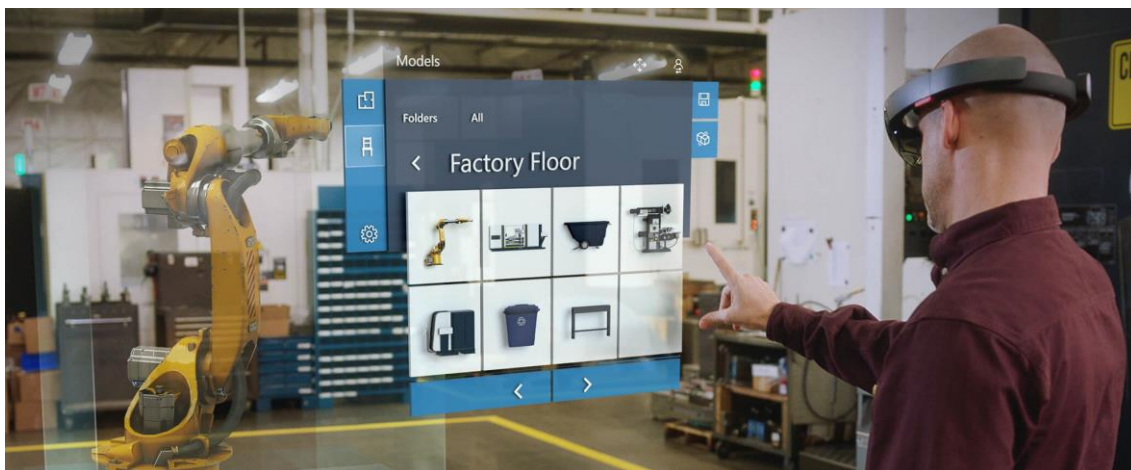


Figura 37: Imagen conceptual de realidad aumentada en una instalación (Microsoft, 2016)

La realidad virtual (RV) es un concepto similar al de la RA pero que no representa el modelo junto con el mundo real, sino que presenta el modelo tridimensional en un espacio virtual por el que el usuario puede desplazarse en primera persona. Para ello es necesario contar con gafas de RV, que son las que permiten este nivel de inmersión.

La realidad aumentada móvil permite al usuario moverse libremente en un espacio abierto y ver los elementos virtuales añadidos a su perspectiva.

Aplicar esta tecnología a la EDAR tiene múltiples ventajas, entre otras (Meza, Turk, & Dolenc, 2015):

- Contribuir a la comprensión de los documentos del proyecto en sus diferentes etapas, especialmente la visualización de modelos tridimensionales in situ
- Identificación y localización de elementos constructivos, componentes y materiales
- Mejora de la comunicación entre los expertos y los inversores
- Mejor análisis del trabajo in situ de acuerdo a las expectativas definidas en el plan de obra
- Posibilidad de movimiento libre en el espacio real, viendo el modelo virtual en tiempo real desde diferentes perspectivas.

En la fase de explotación que es objeto del proyecto, las principales utilidades son formación de trabajadores para mantenimiento y reparación y supervisión de la instalación.

Sin embargo, también hay limitaciones para esta tecnología en el ámbito de la construcción. Se trata de un sector tradicional y algo conservador en el que no es fácil introducir nuevas tecnologías, como la realidad aumentada en este caso. Otro problema es que sostener e interactuar con elementos como tabletas requiere de ambas manos, lo que puede ser poco práctico en algunos casos cuando se trabaja in situ. Alternativas como las gafas de realidad aumentada pueden ser peligrosas al limitar el campo de visión del usuario.

En cuanto a problemas técnicos, el seguimiento y registro en tiempo real es un desafío, ya que el GPS no es suficientemente preciso en interiores y los sensores de los propios aparatos no tienen la suficiente precisión para suplir esta deficiencia, provocando posiciones y orientaciones imprecisas. Otro problema es la diferencia de información entre los niveles de detalle de BIM y RA, pudiendo resultar difícil para las aplicaciones de realidad aumentada manejar la cantidad de información que tiene un modelo BIM (Gómez-Jáuregui, Del-Castillo-Igareda, Manchado, & Otero, 2019).

En este proyecto, el modelado BIM se utiliza como base para generar una representación tridimensional de la instalación que pueda ser visualizada mediante realidad aumentada o realidad virtual. En concreto será necesario un dispositivo de hologramas (Microsoft Hololens), una tableta o un smartphone (Fig 38). El modelo de realidad aumentada podrá verse en cualquier punto, pero si se está en la EDAR se podrá ver superpuesto al escenario real, incluyendo los datos adjuntos.



Figura 38: Microsoft Hololens (Windows Central, 2015)

Utilizando gestos o voz se puede interactuar con todos los objetos virtuales visibles en pantalla, obteniendo información en tiempo real sobre sus características espaciales y geométricas, sus propiedades físicas, historial, cronograma de construcción, comentarios, etc. (Fig.39). Estos objetos no tienen por qué existir aún en la instalación, siendo posible obtener información de localización y características de sistemas aún por construir.

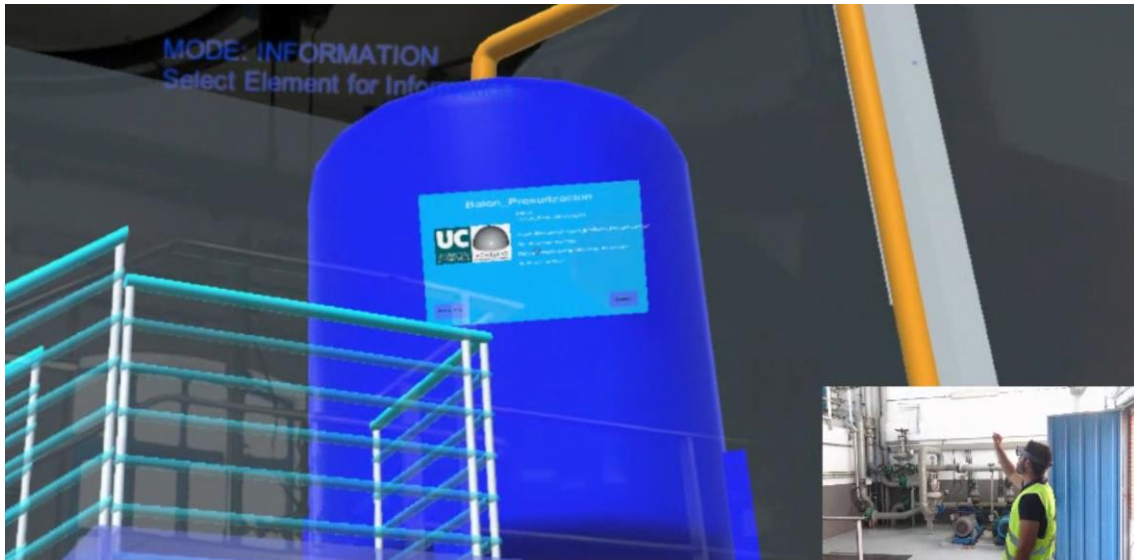


Figura 39: Balón presurizador en RA

En el caso concreto del mantenimiento, se pueden ver los datos en tiempo real de los equipos tal como aparecen en los PLC (Programmable Logic Controller), que toman los datos sobre su funcionamiento de forma electrónica. Estos son los mismos datos que se envían al SCADA para su gestión, permitiendo acceder a ellos de forma sencilla. También se puede acceder a datos estáticos, por ejemplo inventarios o GMAO. Otras aplicaciones incluyen el cálculo de distancias entre puntos del modelo de forma inmediata.

7. Conclusiones

En este TFM se ha desarrollado el proceso de modelado BIM de la parte MEP del edificio de presurización de la EDAR de León, mediante la utilización del software de Revit sobre una nube de puntos capturada mediante escáner láser y vuelos de drones.

Las EDAR son unas instalaciones en las que la metodología BIM no está tan extendida como en otros campos en la actualidad, aunque esto puede cambiar en un futuro próximo.

El modelo final resultado del proyecto integra las partes arquitectónica, estructural y MEP, con el objetivo de facilitar el mantenimiento y operación de la planta al conectar el BIM con el sistema SCADA con el que ya cuenta, por lo que es posible utilizar el modelo para el mantenimiento y operación de la instalación.

Otra utilidad del modelo es la de posibilitar el uso de realidad aumentada para visualizar el modelo sobre la propia instalación real.

El trabajo de crear el modelo BIM no es sencillo, pero compensa al disponer, una vez realizado, de un modelo centralizado de datos que simplifica la operación y el mantenimiento reduciendo los tiempos, optimizando el mantenimiento de los equipos, mejorando la planificación de obras y gestión de espacio entre otras ventajas. Por tanto, se reducen los costes y tiempos de mantenimiento y operación una vez realizado el modelo.

Sin embargo, no se pueden olvidar las dificultades a la hora de realizar el modelo. El tiempo invertido en el modelado es muy grande, ante la dificultad de implementar métodos automatizados de modelado (descritos en el apartado 2.5) debido a la complejidad del trazado de la red de tuberías, que tienen múltiples nudos y no siempre discurren paralelas a las paredes de los edificios.

Este exceso de tiempo encarece considerablemente el proyecto al requerir una gran cantidad de horas de trabajo, algo que es de esperar sea menos problemático según avance la tecnología de reconocimiento y modelado automático de formas geométricas.

Si la metodología BIM se aplica desde la fase de proyecto, los costes adicionales debidos a la necesidad de escanear, comparar y modelar disminuyen drásticamente o desaparecen por completo sin perderse ninguno de los beneficios de la metodología, siendo una razón importante que tener en cuenta a la hora de aplicar o no el BIM a una nueva construcción.

8. Referencias

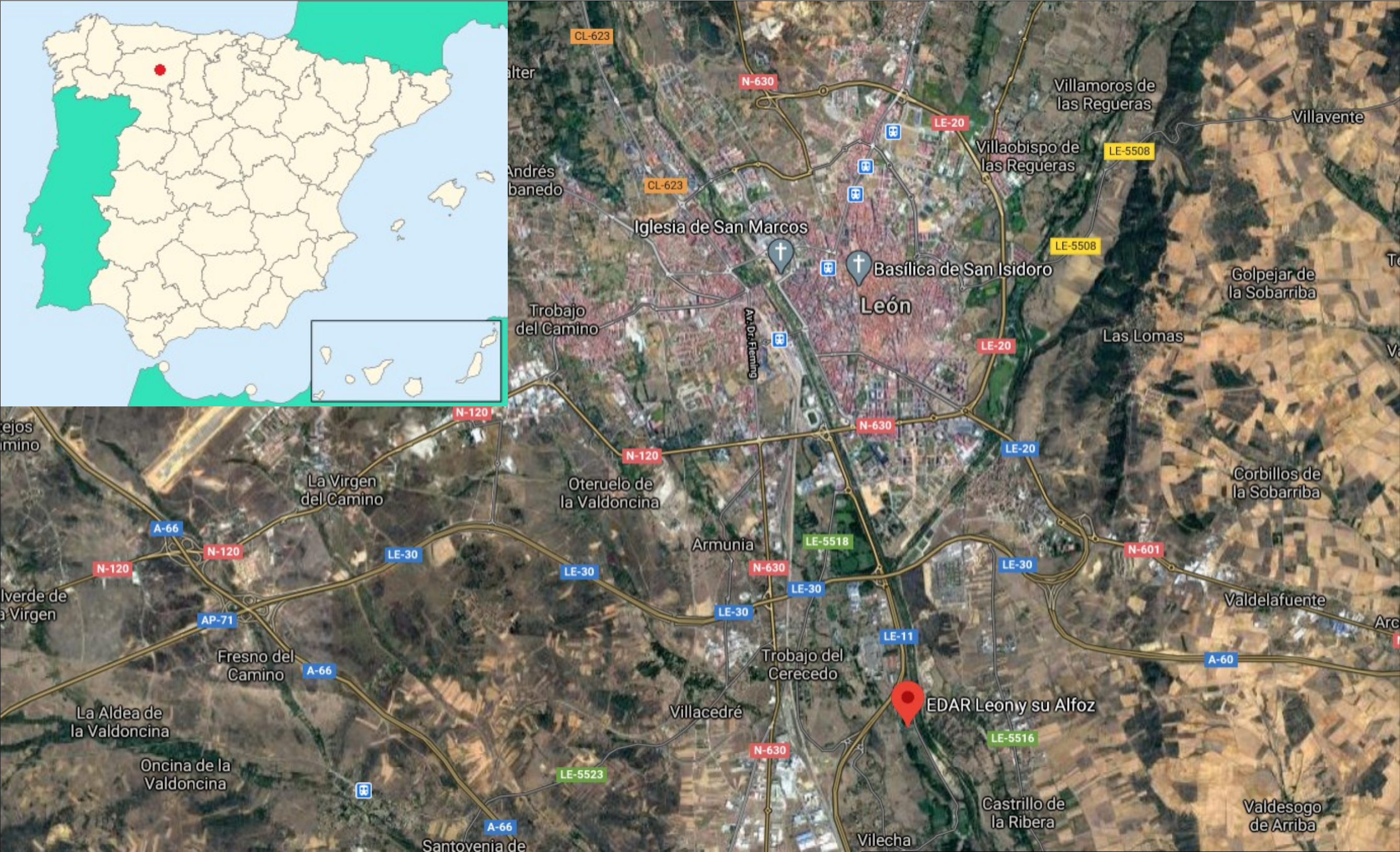
- ¿Qué es BIM? (2016). Recuperado el 14 de Junio de 2020, de <https://www.buildingsmart.es/>
- Ahmed, M., Haas, C. T., & Haas, R. (2014). Automatic detection of cylindrical objects in built facilities. *ASCE Journal of Computing in Civil Engineering* 28. doi:10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000329
- bimtool.com. (28 de 10 de 2019). Recuperado el 16 de Agosto de 2020, de <https://www.bimtool.com/Article/12468893/Las-7-dimensiones-BIM-1D-2D-3D-4D-5D-6D-y-7D>
- Czeniawski, T., Nahangi, M., Haas, C., & Walbridge, S. (2016). Pipe spool recognition in cluttered point clouds using a curvature-based shape descriptor. *Automation in construction* 71, 346-358. doi:10.1016/j.autcon.2016.08.011
- Fernández, O., Díaz, J. A., Manchado, C., López, J., Preciados, A., Otero, C., & Gómez-Jáuregui, V. (2019). Modelling as-built MEP facilities in a BIM environment. *29th International Conference on Graphics Engineering*. Logroño, España.
- Gómez-Jáuregui, V., Del-Castillo-Igareda, J., Manchado, C., & Otero, C. (2019). Quantitative Evaluation of Overlaying Discrepancies in Mobile Augmented Reality Applications for AEC/FM. *Advances in Engineering Software* 127, 124-140. doi:10.1016/j.advengsoft.2018.11.002
- López, J. (Junio de 2019). DESARROLLO DE UN MODELO BIM PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (7D). Santander, Cantabria, España: Universidad de Cantabria (Trabajo de Fin de Máster).
- López, J., Díaz, J., Manchado, C., Gómez-Jáuregui, V., Otero, C., Preciados, A., & Fernández, O. (2020). Revision of Automation Methods for Scan to BIM. *Advances in Design Engineering INGEGRAF 2019*, 482-490.
- Maalek, R., D. Lichti, D., Walker, R., Bhaynani, A., & Ruwanpura, J. (2019). Extraction of pipes and flanges from point clouds for automated verification of pre-fabricated modules in oil and gas refinery projects. *Automation in construction* 103, 150-167. doi:10.1016/j.autcon.2019.03.013
- Manchado, C., Varela, E., Gómez-Jáuregui, V., & Otero, C. (2019). A BIM Model from Reality Capture data. *Dyna vol 94*, 137-139. doi:10.6036/8896
- Meza, S., Turk, Z., & Dolenc, M. (2015). Measuring the potential of augmented reality in civil engineering. *Advances in Engineering Software* 90, 1-10. doi:10.1016/j.advengsoft.2015.06.005
- Microsoft. (30 de Marzo de 2016). Recuperado el 25 de 08 de 2020, de <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/hardware>
- Palmero, C., Campos, B., & Pérez, M. (2019). *Análisis de la Inclusión de Requisitos BIM en la Licitación Pública Española*. esBIM.
- Rabbani, T., & van den Heuvel, F. (2005). Efficient Hough transform for automatic detection of cylinders in point clouds. *Workshop "Laser scanning 2005"*. Enschede, Países Bajos.

- Son, H., Kim, C., & Turkan, Y. (2015). Scan-to-BIM-an overview of the current state of the art and a look ahead. *Proceedings in the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. Oulu, Finlandia: IAARC.
- State of BIM adoption across Europe*. (2018). Recuperado el 5 de Junio de 2019, de <https://www.e-zigurat.com>
- Windows Central*. (21 de Enero de 2015). Recuperado el 25 de Agosto de 2020, de <https://www.windowscentral.com/microsoft-hololens>
- Zhen-Zhong Hu, P.-L. T.-W.-P. (2018). BIM based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase. *Advances in Engineering Software* 115, 1-16. doi:10.1016/j.advengsoft.2017.08.007

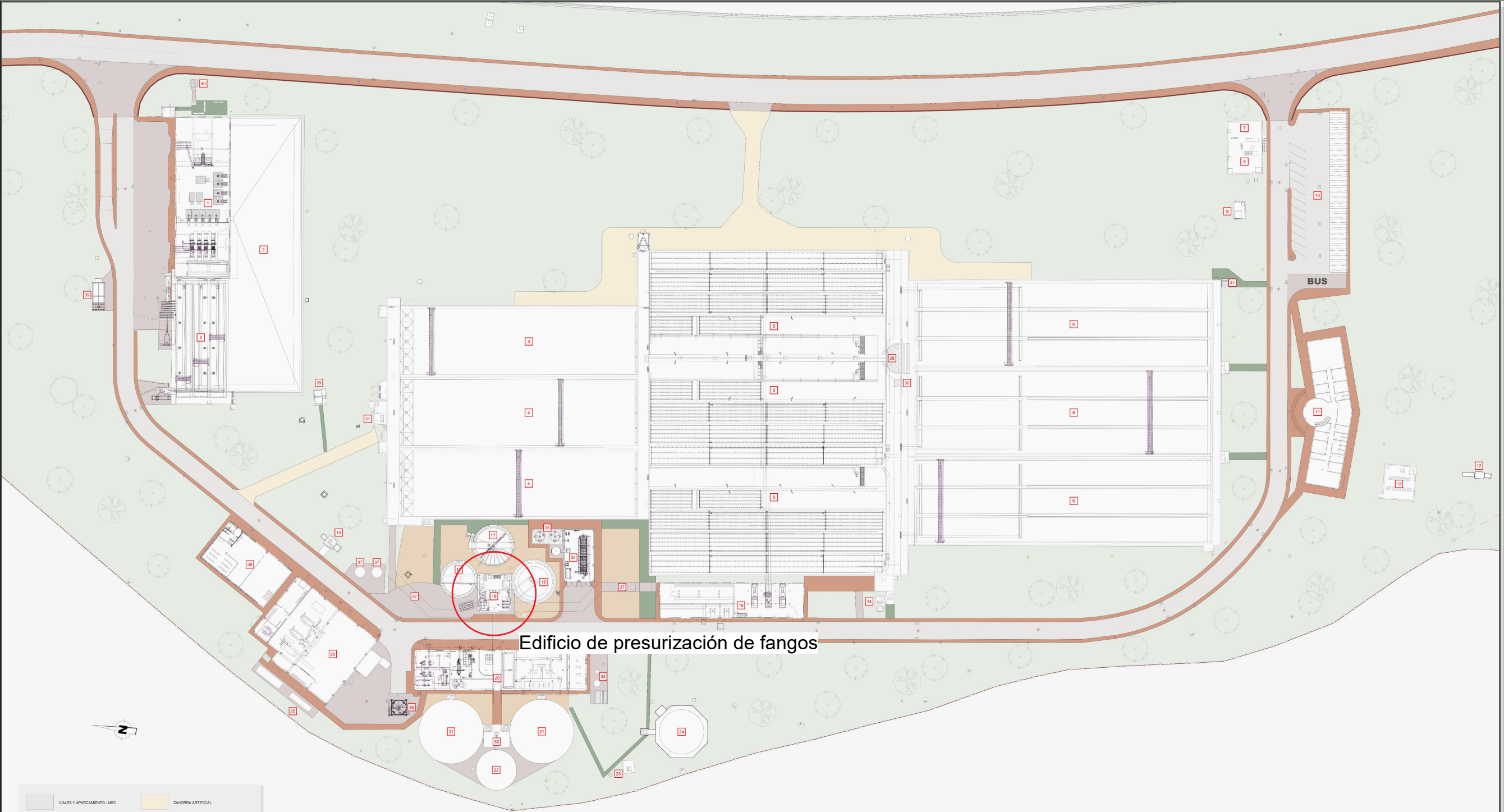
Documento 2: Planos

Índice de planos

Plano de emplazamiento.....	01
Plano de ubicación.....	02
Plano de secciones.....	03
Planta -1.....	04
Planta 0.....	05
Planta 1.....	06
Sección pared Este.....	07
Sección pared Norte.....	08
Cuarto Este.....	09



Plano de emplazamiento		Fecha	Autor	Firma
		11/09/2020	OLMO FERNANDEZ GARCIA	
MODELADO BIM 7D DE LA RED MEP DE LA EDAR DE LEÓN Y SU ALFOZ PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO			Tamaño A3	01



Edificio de presurización de fangos

VALES Y APARCAMIENTO - MEC	ZHORIA ARTIFICIAL
PAVIMENTO DE HORMIGÓN	GRAVA
ACERA DE BALDOSA HIDRAULICA	ZONAS VERDES
BALDOSA ECOLOGICA	

- 1 OBRA DE LLEGADA Y DESBASTE
- 2 TANQUE DE TORMENTAS
- 3 DESARENADO - DESENGRASADO
- 4 DECANTADOR PRIMARIO
- 5 REACTOR BIOLÓGICO
- 6 DECANTADOR SECUNDARIO
- 7 PUENTE DE PRESENTACIÓN
- 8 CENTRO AGUA DE SERVICIOS
- 9 ARQUETA MEDIDA DE CAUDAL AGUA TRATADA

- 10 APARCAMENTOS
- 11 EDIFICIO DE CONTROL Y EXPLOTACIÓN
- 12 MEDIDA DE CAUDAL COLECTOR P INDUSTRIAL DE ONZONILLA
- 13 ELEVACIÓN AGUA DE P INDUSTRIAL DE ONZONILLA
- 14 ARQUETA BOMBEO VACUADOS N° 1
- 15 ARQUETA BOMBEO VACUADOS N° 2
- 16 EDIFICIO DE SOPLANTES Y TRANSFORMADORES
- 17 ESPESADOR DE FANGOS PRIMARIOS
- 18 EDIFICIO DE PRESURIZACIÓN DE FLUOTADOR Y DEPÓSITO DE FANGOS ESPESADOS

- 19 FLUOTADOR DE FANGOS
- 20 EDIFICIO DE DIGESTIÓN Y SECADO DE FANGOS
- 21 DIGESTOR DE FANGOS
- 22 DEPÓSITO TAMPÓN / ESPESADOR DE FANGOS DIGERIDOS
- 23 ANTORCHA
- 24 GASÓMETRO
- 25 TORRES DE REFRIGERACIÓN SECADO TÉRMICO
- 26 EDIFICIO DE SECADO TÉRMICO DE FANGOS
- 27 GALERÍA DE SERVICIOS

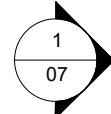
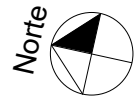
- 28 RECIRCULACIÓN DE FANGOS EXTERNA
- 29 ARQUETA DE MEDIDA DE CAUDAL AGUA BRUTA A BIOLÓGICO
- 30 PURGA DE FANGOS SECUNDARIOS
- 31 PURGA DE FANGOS PRIMARIOS
- 32 ARQUETA DE BOMBEO DE FANGOS A DESHIDRATACIÓN
- 33 DESHUMIFICADOR DE GAS - FILTROS DE GAS
- 34 EDIFICIO DE FLUOTACIÓN DE FANGOS SECUNDARIOS
- 35 DEPÓSITOS ALMACENAMIENTO CLORURO FERRICO (PRFV)
- 36 SILO DE FANGOS DESHIDRATADOS

- 37 SILOS DE CODIGESTION
- 38 NAUVE TALLER ALMACEN
- 39 POZO CIS
- 40 CASITA TOMA DE MUESTRAS
- 41 CASITA DOSIFICACIÓN ANTIESPUMANTE

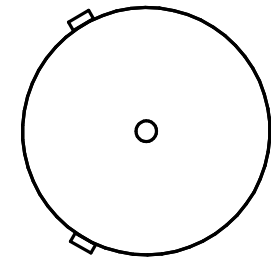
Plano de ubicación

Fecha	Autor	Firma
11/09/2020	OLMO FERNANDEZ GARCIA	
Tamaño		02
A3		

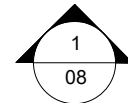
MODELADO BIM 7D DE LA RED MEP DE LA EDAR DE LEÓN Y SU ALFOZ PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO



Sección Pared Este



Secciones Cuarto Este



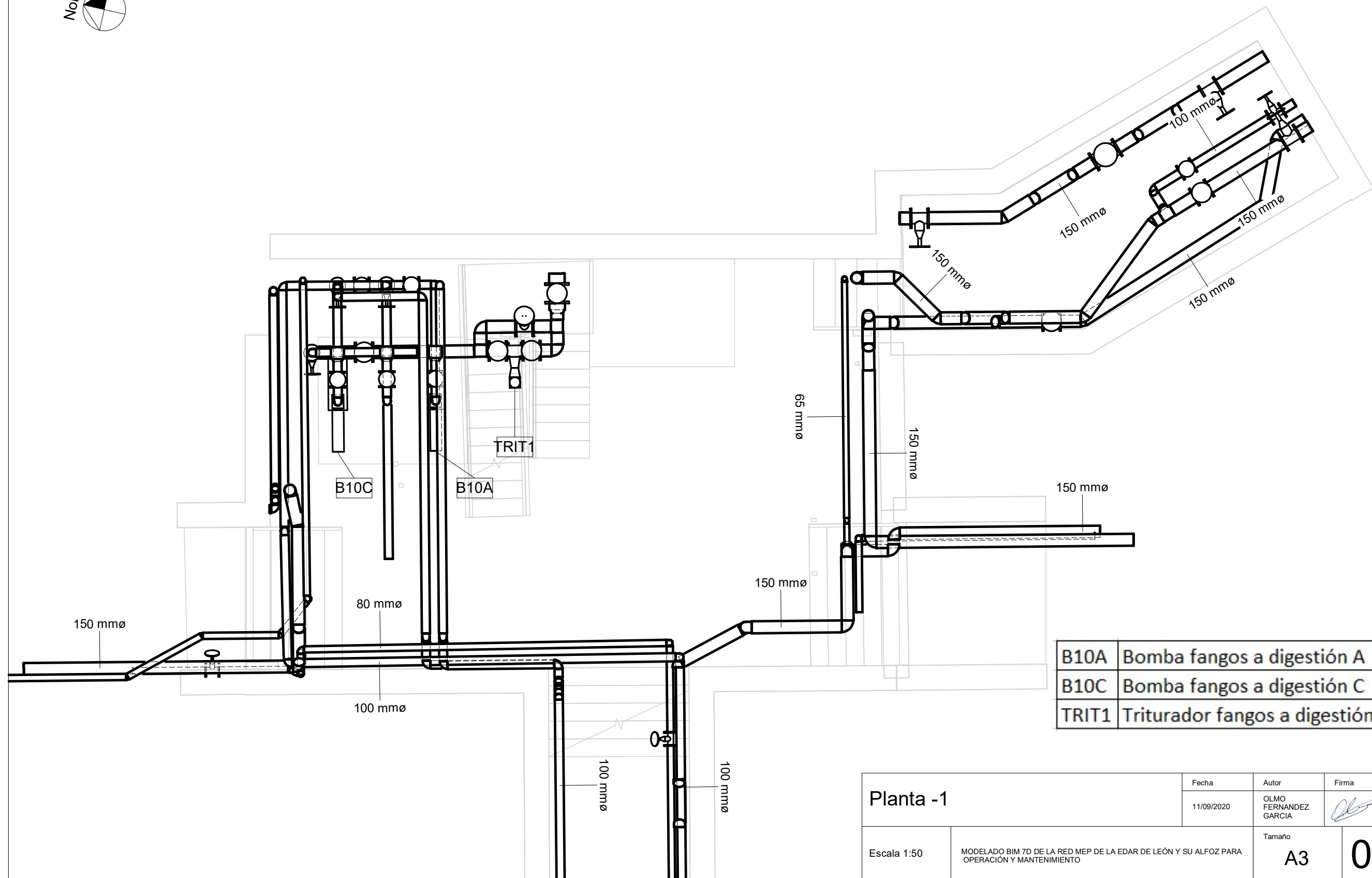
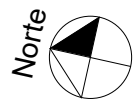
Sección Pared Norte

Plano de secciones

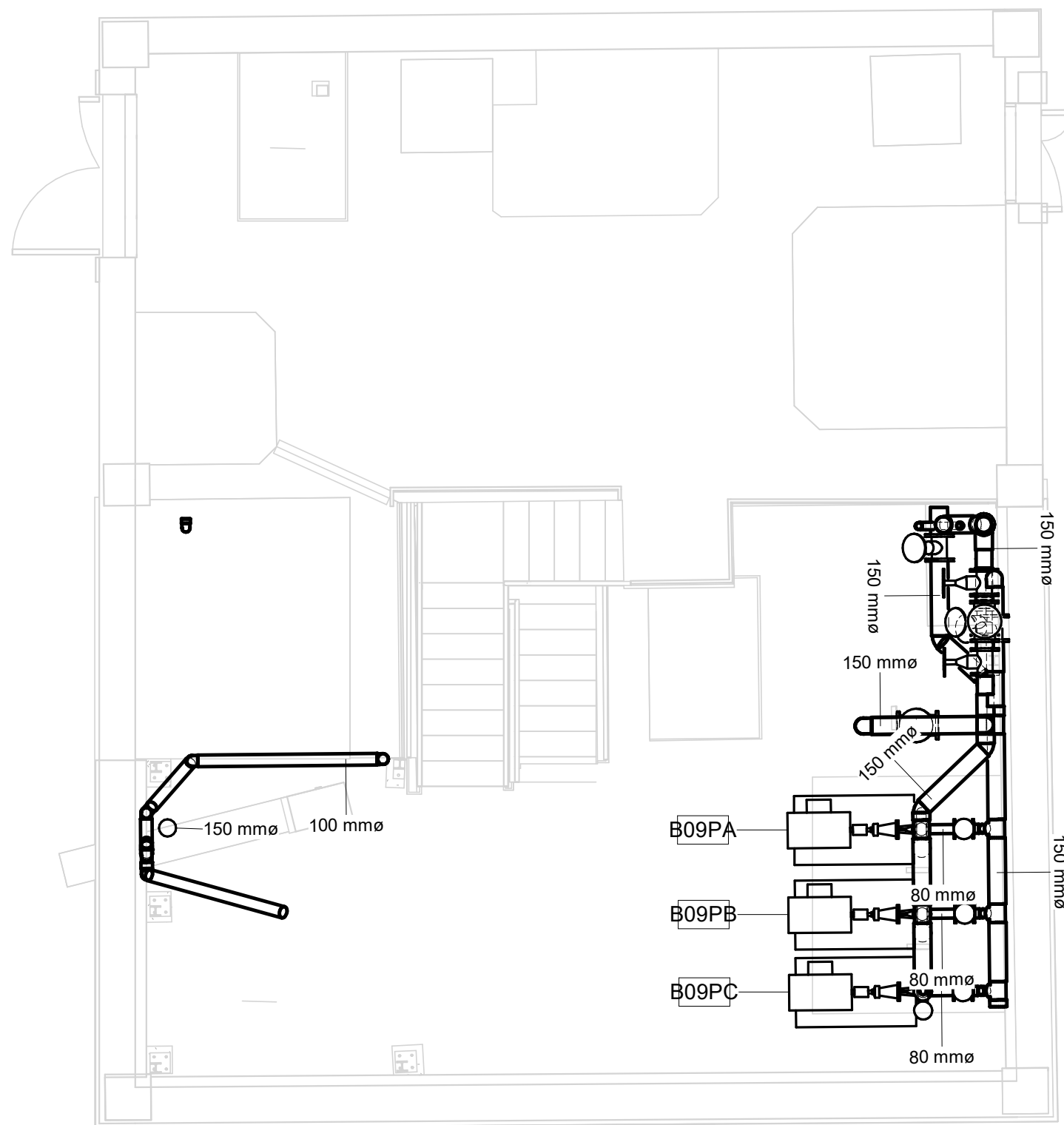
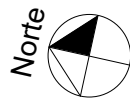
Fecha	Autor	Firma
11/09/2020	OLMO FERNANDEZ GARCIA	
Tamaño		
A3		03

Escala 1:50

MODELADO BIM 7D DE LA RED MEP DE LA EDAR DE LEÓN Y SU ALFOZ PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

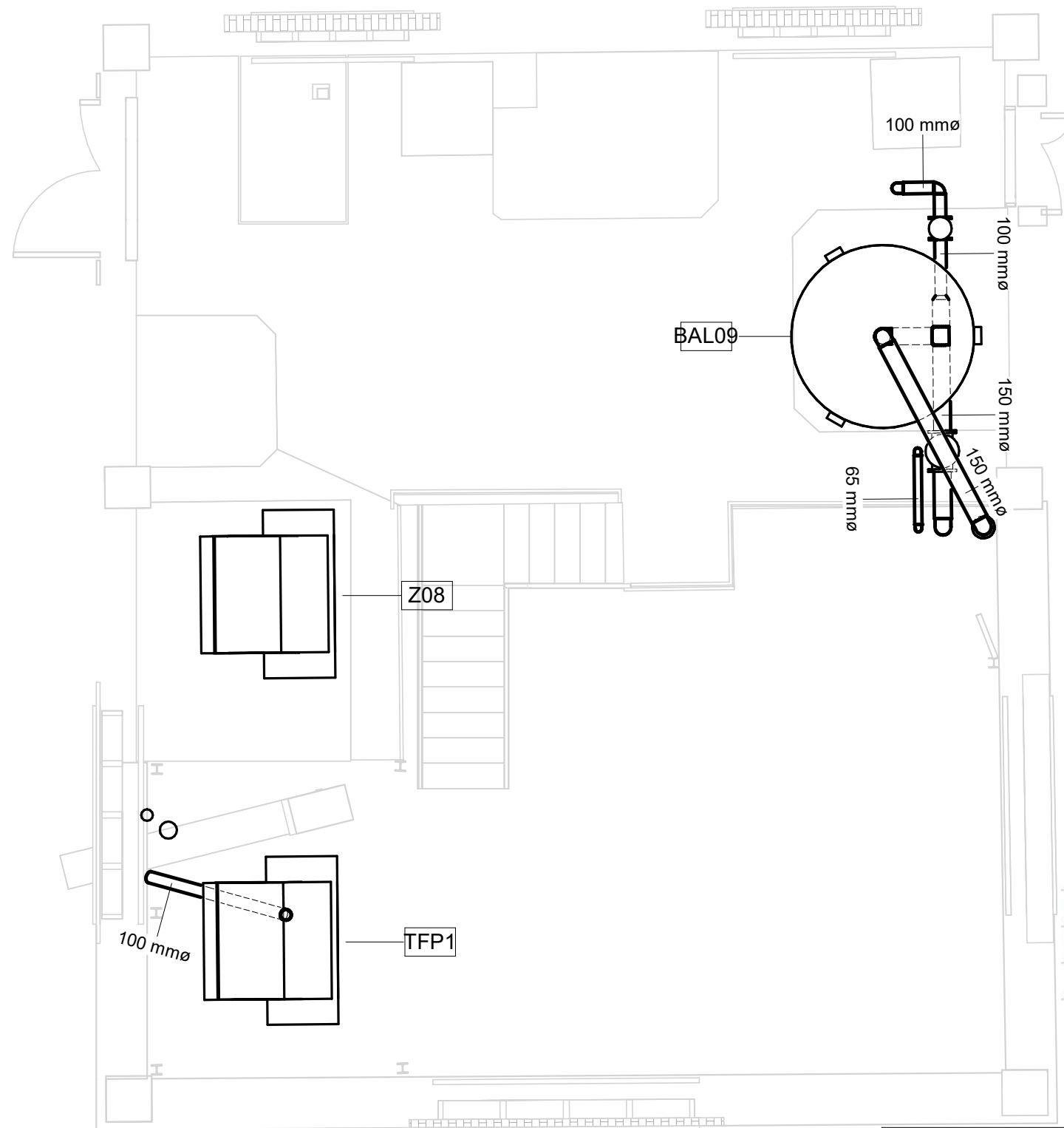
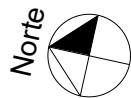


Planta -1		Fecha	Autor	Firma
		11/09/2020	OLMO FERNANDEZ GARCIA	
Escala 1:50	MODELADO BIM 7D DE LA RED MEP DE LA EDAR DE LEÓN Y SU ALFOZ PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Tamaño		04
		A3		



B09PA	Bomba presurización de fangos A
B09PB	Bomba presurización de fangos B
B09PC	Bomba presurización de fangos C

Planta 0		Fecha	Autor	Firma
		11/09/2020	OLMO FERNANDEZ GARCIA	
Escala 1:75	MODELADO BIM 7D DE LA RED MEP DE LA EDAR DE LEÓN Y SU ALFOZ PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		Tamaño A3	05



BAL09	Balón presurizador de fangos secundarios
Z08	Tamiz rotativo A
TFP	Tamiz rotativo B

Planta 1

Escala 1:50

MODELADO BIM 7D DE LA RED MEP DE LA EDAR DE LEÓN Y SU ALFOZ PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Fecha

11/09/2020

Autor

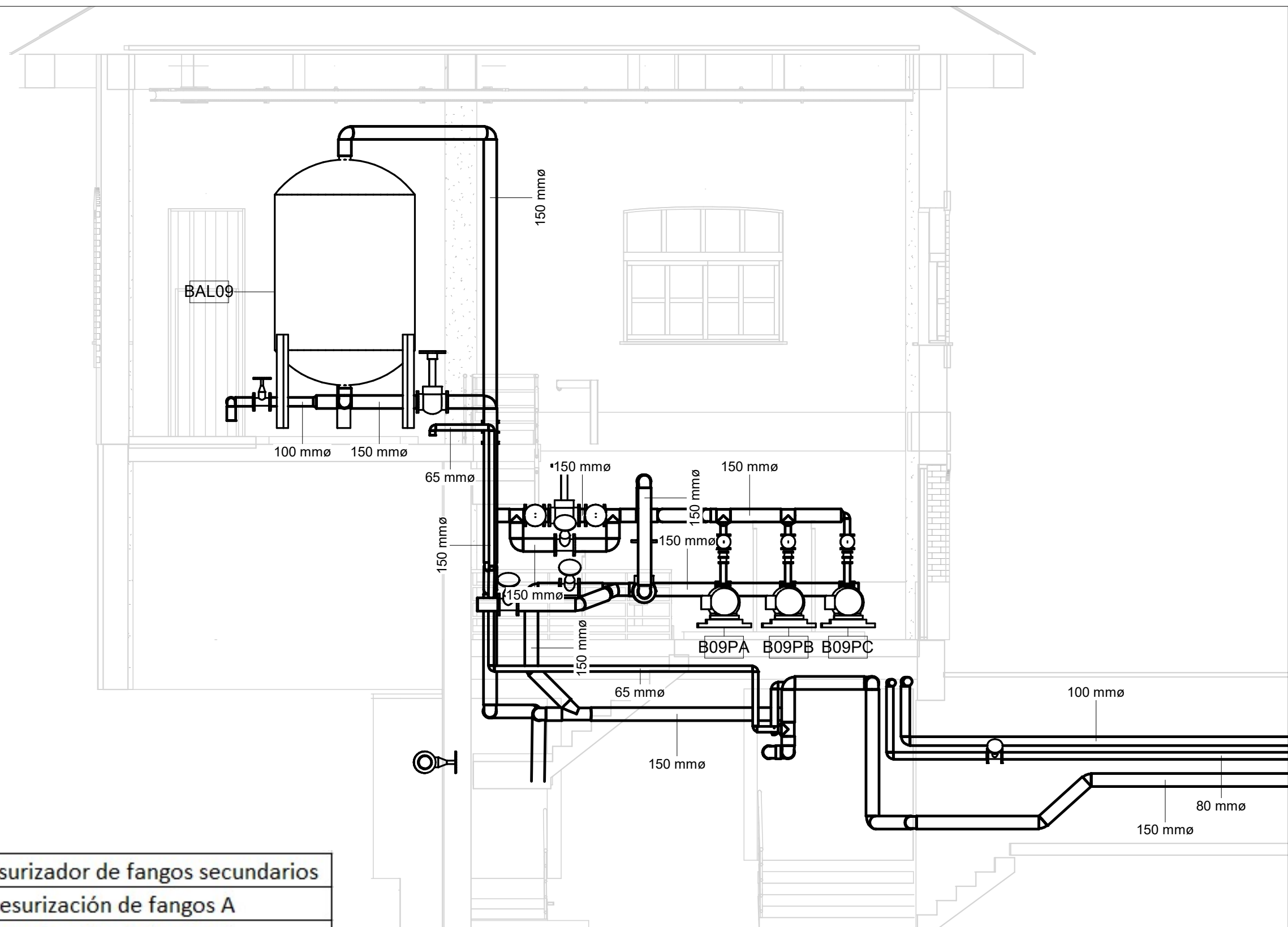
OLMO
FERNANDEZ
GARCIA

Firma

Tamaño

A3

06



BAL09	Balón presurizador de fangos secundarios
B09PA	Bomba presurización de fangos A
B09PB	Bomba presurización de fangos B
B09PC	Bomba presurización de fangos C

Sección Pared Este

Escala 1:50

MODELADO BIM 7D DE LA RED MEP DE LA EDAR DE LEÓN Y SU ALFOZ PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

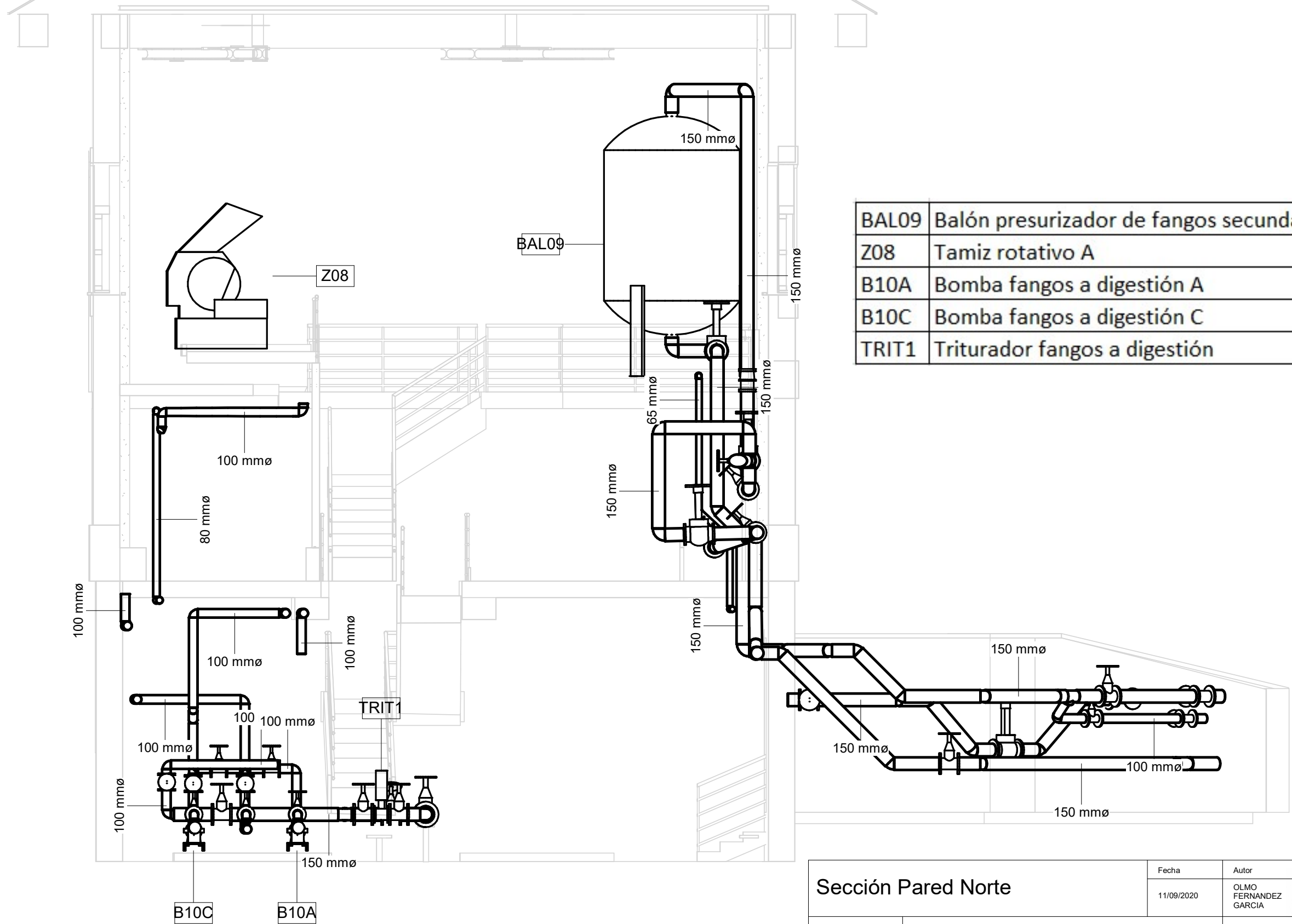
Fecha
11/09/2020

Autor
OLMO
FERNANDEZ
GARCIA

Firma

Tamaño
A3

07

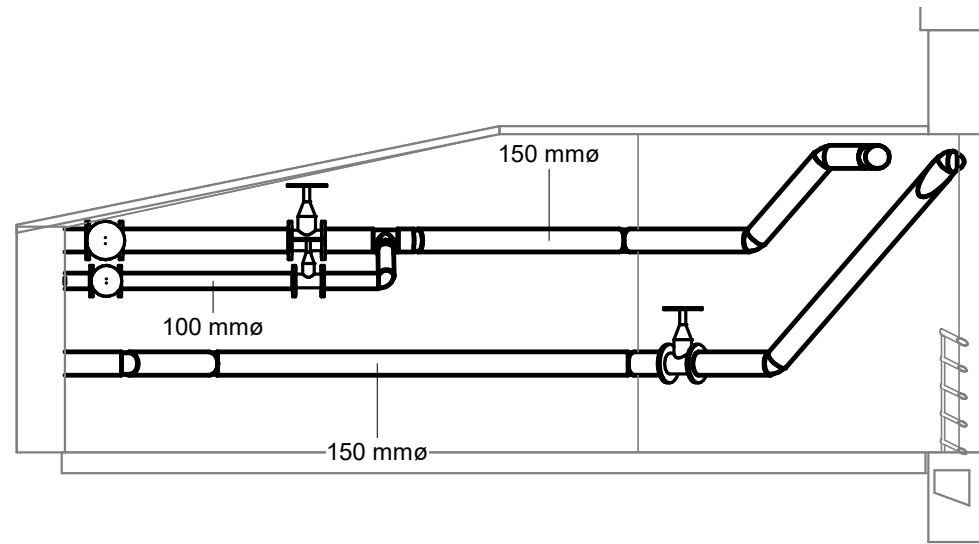


BAL09	Balón presurizador de fangos secundarios
Z08	Tamiz rotativo A
B10A	Bomba fangos a digestión A
B10C	Bomba fangos a digestión C
TRIT1	Triturador fangos a digestión

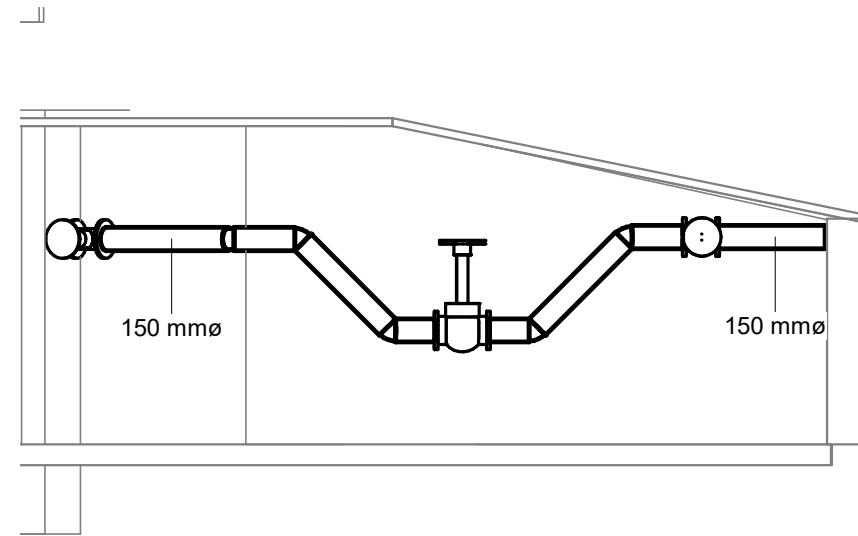
Sección Pared Norte

Fecha	Autor	Firma
11/09/2020	OLMO FERNANDEZ GARCIA	

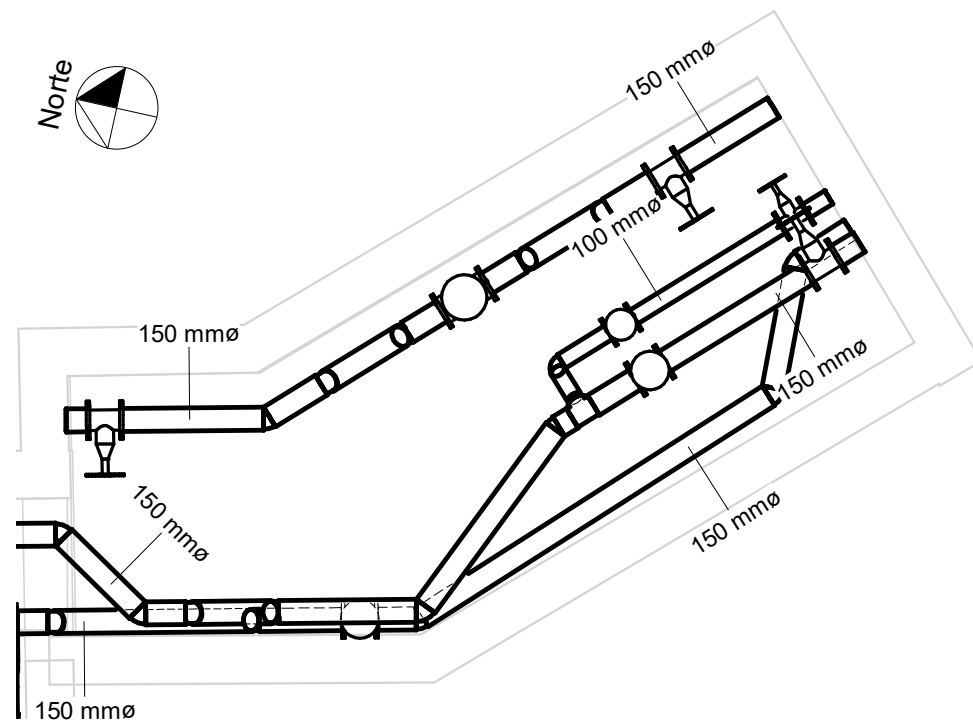
Escala 1:50	MODELADO BIM 7D DE LA RED MEP DE LA EDAR DE LEÓN Y SU ALFOZ PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	Tamaño A3	08
-------------	--	--------------	----



1 Sur
1 : 50



2 Norte
1 : 50



3 Planta
1 : 50

Cuarto Este		Fecha	Autor	Firma
		11/09/2020	OLMO FERNANDEZ GARCIA	
Escala 1:50	MODELADO BIM 7D DE LA RED MEP DE LA EDAR DE LEÓN Y SU ALFOZ PARA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO		Tamaño A3	09

Documento 3: Presupuesto

1. Mediciones

Unidad	Resumen	Cantidad
h	Captura de datos	20
h	Modelado BIM	120
mes	Licencia de Autodesk Revit	3
mes	Licencia de Autodesk ReCap PRO	3
ud	Escáner Láser Faro Focus 3D, incluido transporte y seguro	1
ud	Vuelo del dron PHANTOM-4, incluido transporte y mano de obra	1
ud	Workstation DELL Precision 7730 con procesador Intel® Core™ i7-8850H de 8.ª generación, Windows 10 Pro, memoria de 16 GB y unidad de estado sólido de 512 GB.	1
km	Transporte hasta la EDAR	530

2. Cuadro de precios nº1

Unidad	Resumen	Precio (€)
h	Captura de datos	31,17
h	Modelado BIM	19,33
mes	Licencia de Autodesk Revit	305
mes	Licencia de Autodesk ReCap PRO	40
ud	Escáner Láser Faro Focus 3D, incluido transporte y seguro	898,50
ud	Vuelo del dron PHANTOM-4, incluido transporte y mano de obra	1150
ud	Workstation DELL Precision 7730 con procesador Intel® Core™ i7-8850H de 8.ª generación, Windows 10 Pro, memoria de 16 GB y unidad de estado sólido de 512 GB.	2176,79
km	Transporte hasta la EDAR	0,096

3. Cuadro de precios nº2

Unidad	Resumen		Precio (€)
h	Captura de datos		
	Horas necesarias para que un ingeniero realice la captura de datos	Mano de obra	31,17
		Total partida	31,17
h	Modelado BIM		Precio (€)
	Horas necesarias para completar el modelado BIM de la instalación	Mano de obra	19,33
		Total partida	19,33
mes	Licencia de Autodesk Revit		Precio (€)
	Licencia mensual del programa Autodesk Revit	Otros	305
		Total partida	305
mes	Licencia de Autodesk ReCap PRO		Precio (€)
	Licencia mensual del programa Autodesk ReCap PRO	Otros	40
		Total partida	40
ud	Escáner láser		Precio (€)
	Alquiler del escáner Láser Faro Focus 3D, incluido transporte y seguro	Maquinaria	855,00
		Otros	43,50
		Total partida	898,50
ud	Vuelo del dron PHANTOM-4		Precio (€)
	Vuelo del dron PHANTOM-4, incluido transporte y mano de obra	Mano de obra	93,51
		Maquinaria	1056,49
		Total partida	1150,00
ud	Workstation		Precio (€)
	Workstation DELL Precision 7730 con procesador Intel® Core™ i7-8850H de 8.ª generación, Windows 10 Pro, memoria de 16 GB y unidad de estado sólido de 512 GB.	Maquinaria	2369,00
		Total partida	2369,00
km	Transporte		Precio (€)
	Transporte hasta la EDAR para la toma de datos y viaje de vuelta	Otros	0,096
		Total partida	0,096

4. Presupuesto

Unidad	Resumen	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
h	Captura de datos	20	31,17	623,40
h	Modelado BIM	120	19,33	2319,60
mes	Licencia de Autodesk Revit	3	305	915
mes	Licencia de Autodesk ReCap PRO	3	40	120
ud	Escáner Láser Faro Focus 3D, incluido transporte y seguro	1	898,50	898,50
ud	Vuelo del dron PHANTOM-4, incluido transporte y mano de obra	1	1150	1150
ud	Workstation DELL Precision 7730 con procesador Intel® Core™ i7-8850H de 8.ª generación, Windows 10 Pro, memoria de 16 GB y unidad de estado sólido de 512 GB.	1	2176,79	2176,79
km	Transporte hasta la EDAR	530	0,096	50,88
			TOTAL	8254,17

5. Resumen del presupuesto

Total ejecución material (€)	8254,17
13% Gastos generales (€)	1073,04
6% Beneficio industrial (€)	495,25
21% IVA (€)	2062,72
Presupuesto total (€)	11885,18

Por lo tanto, el presupuesto total asciende a ONCE MIL OCHOCIENTOS OCHENTA Y CINCO EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS (11885,18 €).

Santander, a 11 de Septiembre de 2020

Autor del proyecto

Olmo Fernández García

