



UNIVERSIDAD DE JAÉN  
*Escuela Politécnica Superior de Jaén*

Trabajo Fin de Grado

# ESTUDIO DE LAYOUT Y MODELADO MEDIANTE BIM DE UNA PLANTA INDUSTRIAL

**Alumno: Juan Francisco Martín Castillo**

Tutor: D. Francisco Javier Gallego Álvarez  
Dpto: Ingeniería Gráfica Diseño y Proyectos

**Noviembre, 2020**



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Jaén  
Departamento de Ingeniería Gráfica Diseño y Proyectos

Don Francisco Javier Gallego Álvarez , tutor del Proyecto Fin de Carrera titulado:  
ESTUDIO DE LAYOUT Y MODELADO MEDIANTE BIM DE UNA PLANTA  
INDUSTRIAL, que presenta Juan Francisco Martín Castillo, autoriza su presentación  
para defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Jaén.

Jaén, Julio de 2020

El alumno:

Los tutores:

JUAN FRANCISCO

FRANCISCO JAVIER

MARTIN CASTILO

GALLEGO ÁLVAREZ

## Índice

Resumen Tablas .....	4
Resumen Figuras .....	4
1. RESUMEN .....	6
2. INTRODUCCIÓN .....	7
3. ANTECEDENTES .....	9
2.1. Definición de Lean Manufacturing y layout.....	9
2.2. Introduccion al BIM .....	10
4. DESCRIPCION DEL PROYECTO .....	14
3.1. Localización.....	14
3.2. Justificacion Urbanistica .....	15
3.3. Necesidades .....	18
3.4. Propuesta dimensional .....	19
4. ESTUDIO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (LAYOUT).....	23
4.1. Objetivos .....	23
4.2. Captación de datos .....	24
4.3. Justificación .....	27
5. DESCRIPCION DEL MODELADO.....	52
5.1. Tipos de Software utilizados.....	52
5.1.1. AutoCAD y Revit .....	52
5.1.2. Software Lumion .....	52
5.2. Proceso de modelado.....	53
5.2.1. Plantilla plano de referencia.....	53
5.2.2. Revit creacion de proyecto y niveles. ....	55
5.2.3. Estructura nave.....	57
5.2.4. Elementos de distribucion.....	62
5.2.5. Suelo y techo.....	69
5.2.6. Exterior .....	71
5.2.7. Rendenizado del modelo .....	74
6. DIAGRAMAS DE FLUJOS .....	77
6.1. Línea de bloque motor.....	77
6.2. Línea de culatas.....	79
6.3. Línea de bielas .....	81
6.4. Portabilidad de maquinas.....	84
7. CONCLUSIÓN .....	85

8. BIBLIOGRAFIA.....	87
9. PLANOS.....	88

## Resumen Tablas

Tabla 1 Dimensiones interiores nave industrial .....	20
--	----

## Resumen Figuras

Ilustración 1. Ciclo de vida del modelo BIM Fuente: BuildingSmart Spain .....	11
Ilustración 2 LOD de BIM Fuente: <a href="https://www.bimnd.es/lod-la-metodologia-bim/">https://www.bimnd.es/lod-la-metodologia-bim/</a> .....	12
Ilustración 3 Localización de la nave industrial Fuente: Google Maps .....	14
Ilustración 4 Localización de la nave industrial ampliada Fuente: Google Maps .....	15
Ilustración 5 Descripción parcela 1 Fuente: Sede electrónica del catastro .....	16
Ilustración 6 Descripción parcela 2 Fuente: Sede electrónica del catastro .....	17
Ilustración 7 Parcelas 1 y 2 Fuente: Sede electrónica del catastro .....	17
Ilustración 8 Distancia de entrada y salida de la parcela hacia la autovía Fuente: Google maps .....	19
Ilustración 9 Maniobra lateral en ángulo recto Fuente: Plan Nacional de C.T.M. MTC-79 .....	21
Ilustración 10 Simulación render de un Camión articulado realizando giro en L Fuente: Elaboración propia .....	22
Ilustración 11 Simulación render de un Camión articulado realizando giro en L desde otra perspectiva Fuente: Elaboración propia .....	22
Ilustración 12 Puesto SPC real y modelado en Revit Fuente: Elaboración propia .....	29
Ilustración 13 Contenedor metálico real y modelado en Revit Fuente: Catálogo de Comansa .....	30
Ilustración 14 Batea de viruta real/modelado en Revit Fuente: Catálogo de Comansa .....	30
Ilustración 15 Carro portaherramientas real/modelado en Revit Fuente: Catálogo Comansa .....	31
Ilustración 16 Carro de aceite real/modelado en Revit Fuente: Elaboración propia .....	32
Ilustración 17 Polipastos en fábrica real/modelado en Revit Fuente: Elaboración propia .....	33
Ilustración 18 Contenedores de residuos real/modelado en Revit Fuente: Zonaverde3 Blogs .....	33
Ilustración 19 Plataforma de trabajo real/modelado en Revit Fuente: Elaboración propia .....	34
Ilustración 20 Armario de EPIs real/modelado en Revit Fuente: Catálogo soloepis .....	35
Ilustración 21 Puente móvil real/modelado en Revit Fuente: Catálogo Metrología Sariki .....	37
Ilustración 22 Isla de montaje y armarios de herramientas Fuente: Catálogo Haimer .....	38
Ilustración 23 Kardex Fuente: Catálogo Kardex Remstar .....	39
Ilustración 24 Transpaleta Fuente real/modelada en Revit: Catálogo Comansa .....	39
Ilustración 25 Zona de riesgo o caída Fuente: Elaboración propia .....	43
Ilustración 26 Medida mínima de pasillo destinado a vehículos de mantenimiento Fuente: Elaboración propia .....	44
Ilustración 27 Distancia entre camiones Fuente: NTP 1076 de muelles de carga y descarga .....	51
Ilustración 28 Plano de planta AutoCAD donde se muestra el comienzo de la planta con los bloques insertados Fuente: Elaboración propia .....	53
Ilustración 29 Plano de la planta industrial diseño completo Fuente: Elaboración propia .....	54
Ilustración 30 Pantalla de Gestión de vínculos Revit Fuente: Elaboración propia .....	55
Ilustración 31 Pantalla de unidades de proyecto e información de proyecto Revit Fuente: Elaboración propia .....	56
Ilustración 32 Niveles de la planta industrial Fuente: Elaboración propia .....	57

JUAN FRANCISCO MARTÍN CASTILLO ESTUDIO DE LAYOUT Y MODELADO  
MEDIANTE BIM DE UNA PLANTA  
INDUSTRIAL

Ilustración 33 Pantalla de elección de tipo de pilar HEA Fuente: Elaboración propia.....	58
Ilustración 34 Arriostramiento y zapatas excéntricas Fuente: Elaboración propia .....	59
Ilustración 35 Estructura de la nave Fuente: Elaboración propia .....	59
Ilustración 36 Vista frontal de la estructura de la nave Fuente: Elaboración propia.....	60
Ilustración 37 Estructura muro de hormigón enlucido Fuente: Elaboración propia.....	60
Ilustración 38 Saliente de la viga en muro/ recubrimiento con viga arquitectónica Fuente: Elaboración propia.....	61
Ilustración 39 Contorno de extrusión de cubierta Fuente: Elaboración propia .....	61
Ilustración 40 Revestimiento de nave Fuente: Elaboración propia .....	62
Ilustración 41 Pantalla modelo de plantilla de familia Fuente: Elaboración propia.....	64
Ilustración 42 Lavadora en proceso de ser extruida Fuente: Elaboración propia .....	65
Ilustración 43 Visualización de lavadora con diferentes operaciones de vaciado y extrusión Fuente: Elaboración propia.....	65
Ilustración 44 Lavadora de bielas, en la que se puede visualizar la plantilla de AutoCAD Fuente: Elaboración propia.....	66
Ilustración 45 Explorador de materiales Fuente: Elaboración propia.....	66
Ilustración 46 Máquina de mecanizado de bloques/culatas Fuente: Elaboración propia.....	67
Ilustración 47 Vallado de brazo robot en el que se aprecia el material de alambre creado en Revit Fuente: Elaboración propia .....	68
Ilustración 48 Pantalla de edición de suelo nave Fuente: Elaboración propia .....	69
Ilustración 49 Pantalla de edición de suelo baños y vestuarios Fuente: Elaboración propia.....	69
Ilustración 50 Pintura pasillos peatonales/carretillas Fuente: Elaboración propia.....	70
Ilustración 51 Estructura del suelo y falso techo desde un corte de sección de la planta Fuente: Elaboración propia.....	71
Ilustración 52 Escalera exterior Fuente: Elaboración propia .....	72
Ilustración 53 Colocación de nave en su lugar de emplazamiento Fuente: Elaboración propia .....	73
Ilustración 54 Resultado final exterior de la fábrica Fuente: Elaboración propia.....	74
Ilustración 55 Nave exterior obtenida en Lumion Fuente: Elaboración propia.....	75
Ilustración 56 Nave interior línea bielas obtenida en Lumion Fuente: Elaboración propia .....	75
Ilustración 57 Nave interior línea culatas obtenida en Lumion Fuente: Elaboración propia.....	76
Ilustración 58 Render línea bloque motor Fuente: Elaboración propia .....	77
Ilustración 59 Diagrama de flujo línea bloque motor Fuente: Elaboración propia .....	78
Ilustración 60 Render Línea culatas Fuente: Elaboración propia .....	79
Ilustración 61 Diagrama de flujo Línea culatas Fuente: Elaboración propia.....	80
Ilustración 62 Render Línea de Bielas Fuente: Elaboración propia .....	81
Ilustración 63 Diagrama de flujo de operaciones Línea de bielas Fuente: Elaboración propia .....	82
Ilustración 64 Render 2 Línea de bielas Fuente: Elaboración propia .....	84

## 1. RESUMEN

En el presente trabajo se desarrolla un estudio y modelado de una planta industrial mediante metodología BIM. Para ello se emplean el software AutoCAD como plantilla, Revit 2019 para modelado y diseño, Lumion para renderizado y la filosofía Lean Manufacturing para la ejecución del layout.

Los objetivos fueron diseñar, analizar, modelar y gestionar la información para completar la distribución en planta de un proyecto industrial de la forma más óptima posible.

Para ello se elaboró un estudio de antecedentes sobre BIM, la metodología Lean Manufacturing y layout.

El proyecto se fijó su localización previamente teniendo en cuenta una serie de necesidades y objetivos, captación de datos y justificaciones para dar una propuesta dimensional y la distribución de la planta industrial. Se desarrolló un modelo estructural aproximado sin cálculos previos, un modelo arquitectónico y un pequeño modelado del emplazamiento. Estos se vincularon, creando una visualización 3D virtual que dio una idea del posible resultado final. No se hizo el modelado de instalaciones, pero sí se realizó una serie de diagramas de flujos en los que se justifica la optimización de algunas de las líneas de trabajo del modelo desarrollado. Así mismo se generó la documentación del proyecto tanto de los planos como las visualizaciones del modelo 3D no solo en Revit si no que se obtuvo un modelo render al vincularlo con Lumion para obtener un acabado prácticamente real del proyecto a modo de presentación para el propio cliente.

## 2. INTRODUCCIÓN

La industria y la tecnología con el paso de los años va evolucionando por lo que el camino de un ingeniero debe concurrir a la adaptación del cambio. Este cambio ha ido desempeñándose a la hora de elaborar un proyecto de diferentes formas a lo largo de la historia, cada vez obteniendo más datos y mejoras que harán de una mejor ejecución de proyecto conllevando un ahorro económico importante. Esta forma de invertir tiempo en las fases iniciales de un proyecto para tomar decisiones de mayor valor antes de que los cambios sean demasiado difíciles o costosos de implementar da lugar a la utilización del BIM como herramienta para abordar un estudio de distribución en planta. El problema que se plantea para el estudio de layout trata de buscar la solución más eficiente, efectiva e innovadora para que el trabajo en planta sea lo más ágil, flexible y económico posible, basándonos en una metodología de Lean Manufacturing.

El proyecto desarrollado es un diseño y estudio de layout mediante BIM de una planta industrial dedicada a la fabricación de motores localizada en el municipio de Jaén. La incorporación de la distribución y organización espacial constituye para el diseño establecer un orden conjunto que permita resolver problemas y abordar soluciones. El cálculo estructural no es un objetivo, pero si es el dimensionado espacial aproximado de la estructura ya que es un factor que afecta a la distribución.

BIM ha sido la herramienta de modelado, utilizando una plantilla CAD como plano base para modelar en Revit, permitiendo mayor facilidad para la elaboración de líneas de trabajo en 3D ya que estas deberán estar localizadas y estudiadas previamente en plano 2D. No obstante, el plano de distribución de referencia no será el resultante final ya que la visión en 3D nos permitirá recrear una visualización donde adoptar mejores soluciones iniciales.

La construcción del layout se aborda mediante uso de la filosofía Lean Manufacturing, basándonos en los principios de la distribución en planta siguientes:

- Integrar a los operarios, los materiales, la maquinaria, las actividades, así como cualquier otro factor, de modo que resulte el mejor compromiso entre todas estas partes.
- Debe permitir que la distancia a recorrer por el material sea la más corta.

- Ordenar las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso este en el mismo orden o secuencia en que se tratan, elaboran, o montan los materiales.
- La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal
- Hacer el trabajo más satisfactorio y seguro para los operarios, los materiales y la maquinaria.
- Ajustar o reordenar con menos costos o inconvenientes

Para la representación completa de la distribución en planta una vez diseñada se desarrolló con un acabado de renderizado, ya que el diseño y producto de este estudio no solo tienen que ser eficiente y efectivo si no innovador captando la atención y satisfacción del cliente por su acabado final y operatividad, quedando una visualización 3D similar a la realidad.

### 3. ANTECEDENTES

#### 2.1. Definición de Lean Manufacturing y layout

El Lean Manufacturing, o también llamado Lean Production, es una filosofía de gestión que busca la forma de mejorar y optimizar los sistemas de producción mediante la eliminación de los siete desperdicios (sobreproducción, tiempos de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos) en productos manufacturados. El objetivo final del Lean es generar una nueva cultura de la mejora basada en la comunicación y en el trabajo en equipo, buscando nuevas formas de hacer las cosas de manera más ágil, flexible y económicas, de modo que eliminando lo que no aporta valor la calidad mejora y el tiempo de producción y coste se reducen. Para cumplir con su filosofía se debe poseer:

- Efectividad: satisfaciendo las expectativas y necesidades del cliente.
- Eficiencia: usar los recursos de forma adecuada para ser efectivos, eliminando todo lo que no aporta valor analizando datos aportados por el cliente.
- Innovación: todos los procesos se revisan para mejorar de manera constante (en el caso de este proyecto el layout aporta la capacidad de ser actualizado virtualmente cualquier modificación de mejora futura).

Una de las herramientas del Lean Manufacturing es el Layout o distribución en planta. Se dice que el layout realiza la representación de un plano sobre el cual se va a dibujar la distribución de un espacio específico o determinado en este caso una planta industrial. En éste área podemos decir que el término es utilizado para hacer referencia a la forma en que se encuentra organizada el área de trabajo, es decir, el diseño que se siguió para distribuir las máquinas de mecanizado, almacenes, salas de metrología, mesas de trabajo, áreas de reuniones, así como los comedores o áreas de aseo, es decir tiene que ver con el diseño de la propia empresa, con el plan de producción, logística, calidad y seguridad.

Cabe añadir que un mal diseño inicial supondrá un problema que durará años.

Es por esto de la importancia e innovación de este proyecto de fusionar esta metodología con la información y visualización que nos puede aportar el BIM.

## **2.2. Introducción al BIM**

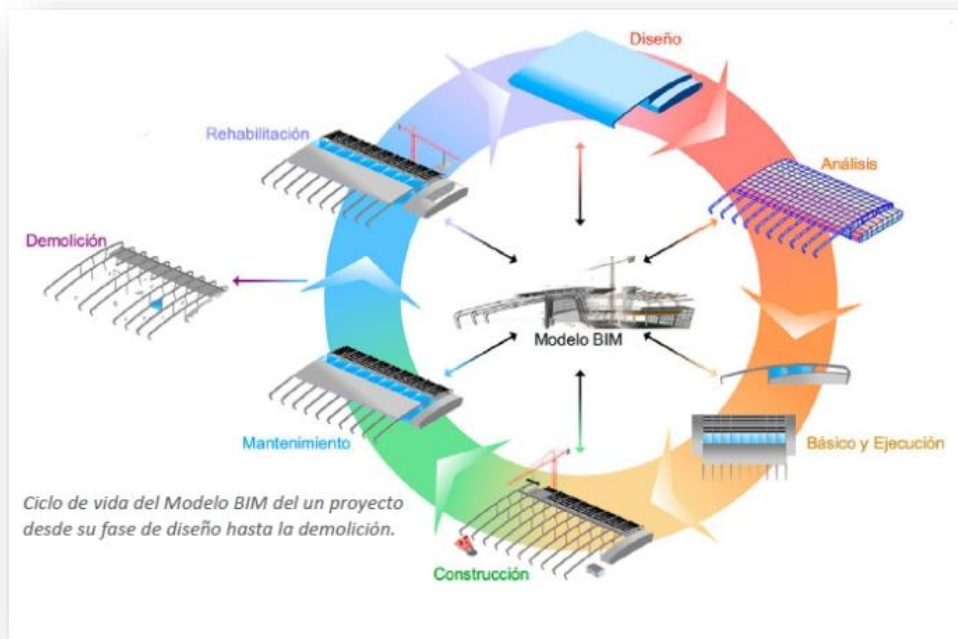
Building Information Modeling (BIM) es una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción. Su objetivo es centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costes (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D).

El uso de BIM va más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y extendiéndose a lo largo del ciclo de vida del edificio, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costes de operación (véase Ilustración 1).

En este caso el estudio de layout del proyecto se ejecutará en Revit un software de modelado de información de construcción (BIM).

Revit se utiliza para el modelado de objetos en 3 dimensiones que pueden ser desde estructuras hasta edificios o figuras de cualquier tamaño que posteriormente se planea construir o crear en la vida real. Se necesita para un análisis y una representación en un programa digital, de cara a evaluar y comprobar los resultados si realmente es lo que buscamos y resulta efectivo, libre de fallos y errores que posteriormente puedan suponer un problema en la obra o la construcción.



**Ilustración 1. Ciclo de vida del modelo BIM Fuente: BuildingSmart Spain**

Respecto a el análisis de la calidad y desarrollo de un Modelo BIM no se debe confundir el Nivel de Desarrollo LOD, con el Nivel de Detalle, ya que este se refiere únicamente a la cantidad de Grafismo que aparece en un modelo.

A través del LOD se sabrá el nivel de datos, parámetros y geometría de los que está dotado un modelo BIM. Esto, de forma directa, puede hacerse evidente en el aspecto visual del modelo resultante en 3D, pero no todos los parámetros son visibles observando el modelo virtual, pudiendo ser necesario interactuar con el mismo para conocer la profundidad del nivel de desarrollo. Un ejemplo sería los datos de un proveedor o las instrucciones de instalación de un elemento.

Los niveles de Desarrollo LOD son: 100 200 300 400 y 500, para poder entender mejor la diferencia vamos a fijarnos en la ilustración 2, donde se representan los diferentes LOD sobre un mismo elemento modelado en BIM.



Ilustración 2 LOD de BIM Fuente: <https://www.bimnd.es/lo-d-la-metodologia-bim/>

BIM es una plataforma 3D en la que el control del diseño permite llevar el diseño a un siguiente nivel donde lo más relevante es la información. No solo se queda únicamente en la delineación del control del modelo en 3D, lo más importante es la información de los elementos que componen el modelo.

Sus ventajas tales como la reducción de la pérdida de tiempo y recursos en sus proyectos donde se reduce el despilfarro durante su ciclo de vida, materiales en el proceso de construcción, la gestión de obra, su mantenimiento, incluso en su demolición. Un análisis del modelo energético puede reducir el consumo de energía eléctrica.

Otra gran característica a su favor es el trabajo colaborativo permitiendo que entre los diferentes departamentos y empresas involucradas desde un inicio de proyecto puedan trabajar teniendo como objetivo la colaboración y la ingeniería concurrente, es decir permite la gestión de la información generada en el desarrollo de un proyecto a través de un entorno común, de manera que permita el intercambio de datos a través de un espacio digital único. Ofreciendo la posibilidad de que todos los agentes implicados en un proyecto puedan trabajar a la vez, independientemente de su ubicación.

Las desventajas de la metodología BIM son la interoperabilidad de sus herramientas o software CAD es decir la poca unificación con otros tipos de software 3D ya que, aunque Revit es una gran herramienta muy potente para la construcción, se queda escasa para la hora de fabricar piezas de detalle en las familias, como otros programas CAD. El coste del software y la formación para las empresas, así como los equipos necesarios para manejar este programa, son otra de sus desventajas, ya que para su buena utilización requiere equipos de gran potencial.

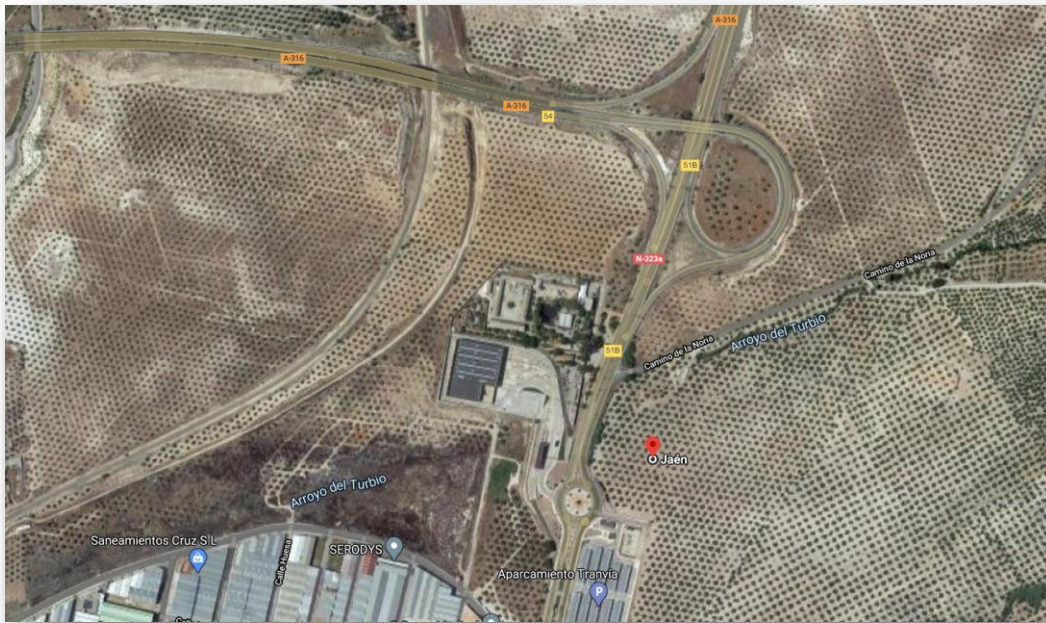
## 4. DESCRIPCION DEL PROYECTO

### 3.1. Localización

La nave industrial se ha ubicado en el polígono industrial 16, parcela 200 y parcela 201 de V. Nuevas, en el municipio de Jaén. Se accede a través de la autovía A316 y la carretera N-323<sup>a</sup> (véase ilustración 3 y 4).



Ilustración 3 Localización de la nave industrial Fuente: Google Maps



**Ilustración 4 Localización de la nave industrial ampliada Fuente: Google Maps**

Coordenadas UTM:

X: 432332.115

Y: 4184033.966

La nave linda con:

- Al Norte: 100 m. Con el camino de la Noria.
- Al Sur: 100 m. Con una playa de aparcamientos.
- Al Este: 80 m. Con terreno de uso agrícola
- Al Oeste: 80 m. con la carretera N-323a

### **3.2. Justificación Urbanística**

Las parcelas objeto de este proyecto son dos parcelas ubicadas en el norte del municipio de Jaén, entorno a su área industrial. Estas parcelas actualmente son de uso agrario, no obstante, se va a destinar una parte para la ubicación de una nave de uso industrial para el desarrollo de la actividad que comprende el presente Proyecto.

Las referencias catastrales de ambas parcelas son:

- Parcela 1: 23900A016002000000SL

- Parcela 2: 23900A016002010000ST

PARCELA 1

**DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE**

Referencia catastral	23900A016002000000SL
Localización	Polígono 16 Parcela 200 V NUEVAS. JAEN (JAÉN)
Clase	Rústico
Uso principal	Agrario

**PARCELA CATASTRAL**



Localización	Polígono 16 Parcela 200 V NUEVAS. JAEN (JAÉN)
Superficie gráfica	90.973 m <sup>2</sup>

**CULTIVO**

Subparcela	Cultivo/Aprovechamiento	Intensidad Productiva	Superficie m <sup>2</sup>
a	OR Olivos regadío	03	21.388
b	OR Olivos regadío	04	29.577
c	OR Olivos regadío	01	40.008

Ilustración 5 Descripción parcela 1 Fuente: Sede electrónica del catastro

PARCELA 2

**DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE**

Referencia catastral 23900A016002010000ST III

Localización Polígono 16 Parcela 201  
V NUEVAS. JAEN (JAÉN)

Clase Rústico

Uso principal Agrario

**PARCELA CATASTRAL**

Localización Polígono 16 Parcela 201  
V NUEVAS. JAEN (JAÉN)

Superficie gráfica 94.309 m<sup>2</sup>

**CULTIVO**

Subparcela	Cultivo/Aprovechamiento	Intensidad Productiva	Superficie m <sup>2</sup>
a	OR Olivos regadío	01	75.247
b	OR Olivos regadío	02	19.062

Ilustración 6 Descripción parcela 2 Fuente: Sede electrónica del catastro

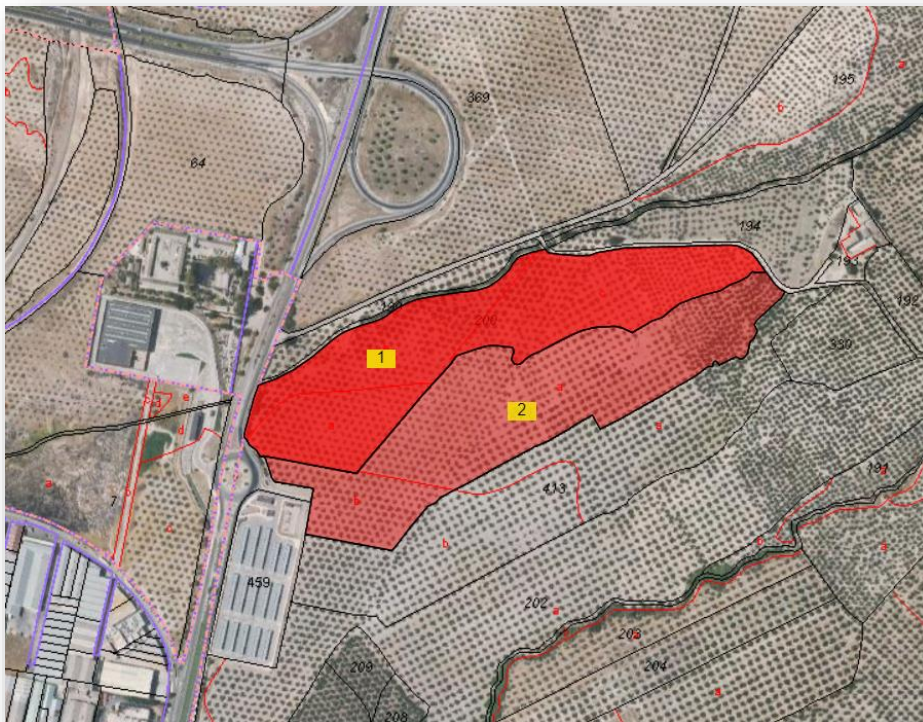


Ilustración 7 Parcelas 1 y 2 Fuente: Sede electrónica del catastro

El suelo de las parcelas según el PGOU del Municipio de Jaén establecidas en el BOJA N.º 37 de suelo urbanizable, ya que se han realizado los tramites en el ayuntamiento necesarios para la concesión de suelo urbanizable en susodicho terreno. Se cumplirán las imposiciones en base a los requerimientos de este tipo de suelos que viene detallado en el aludido Plan General.

Estas son:

- La distancia de cualquier elemento de infraestructura mantendrá una distancia de 15 metros con respecto al cauce de un río.
- La distancia de cualquier elemento estructural mantendrá una distancia de 5 metros con respecto a los límites de la parcela.
- Las edificaciones industriales serán de 12 m altura máxima.
- La edificabilidad máxima será inferior al 70% de la superficie de la parcela.

Al disponer de dos parcelas de suelo urbanizable, se podrá dar suministro de abastecimiento de agua, luz y saneamiento hacia las redes generales del Municipio de Jaén, en los puntos establecidos y acordados con el Ayuntamiento.

### **3.3. Necesidades**

En el estudio de la planta industrial que se va a destinar para la fabricación de motores, se ha pensado las necesidades que son importantes para su ubicación según los requerimientos de un hipotético cliente que son:

- La nave debe estar localizada en el municipio de la ciudad de Jaén existiendo canalizaciones de agua potable, saneamiento, electricidad y conexión a internet.
- El tamaño de la parcela cumple con el objetivo de albergar una nave de 8300 metros cuadrados con espacio para la circulación de camiones para la carga y descarga de material con posibilidad de parking para trabajadores. El lugar elegido tiene la ventaja de contener un parking al lado que es el parking público del tranvía de Jaén que se encuentra en desuso, por lo que así se podrá aprovechar ese aparcamiento cuando el de la fábrica llegue a su máxima capacidad (véase ilustración 8).
- Buen acceso y rápido a la fábrica desde la autovía ya que las materias primas y el producto acabado se transportará en camiones de gran tonelaje.

- Capacidad de una posible ampliación. Se ha elegido una gran parcela, para que en el supuesto de que la empresa siga creciendo esta pueda ser ampliada quedando organizada en el mismo lugar.

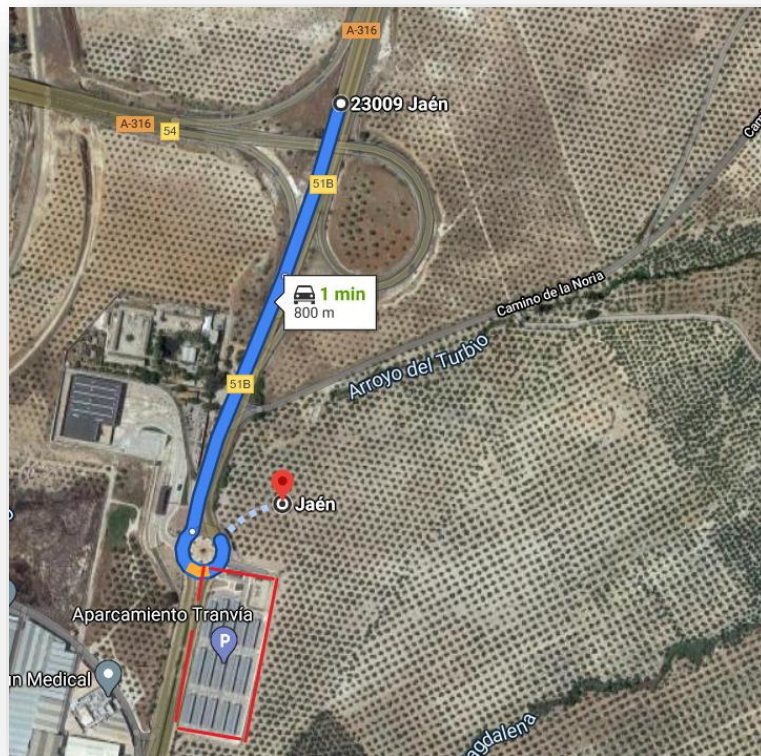


Ilustración 8 Distancia de entrada y salida de la parcela hacia la autovía Fuente: Google maps

### 3.4. Propuesta dimensional

La nave industrial es de aproximadamente unos 8200 m<sup>2</sup> (98m x 84m) con un revestimiento exterior de paneles prefabricados de hormigón, con estructura de pilares de acero de perfiles HEA 600 que van colocados en unas zapatas de hormigón de 3x2.5x1.5m. La estructura de la nave es de 3 cerchas adosadas abiertas (tipo Howe de 12 paneles). Los perfiles formalizados de las cerchas son de acero cuyos cordones superiores e inferiores y montantes son de HEA 450 y sus diagonales de HEA 300 con una altura de viga de 2.5m y 28m de luz. (Nota: se han escogido unos perfiles aproximados sin ningún tipo de cálculo ya que el objetivo de este proyecto no es la construcción y cálculo de la nave si no de su layout, por lo que era preciso aproximar espacialmente y marcar una serie de pilares que una nave de estas

JUAN FRANCISCO MARTÍN CASTILLO ESTUDIO DE LAYOUT Y MODELADO  
MEDIANTE BIM DE UNA PLANTA  
INDUSTRIAL

dimensiones y características llevaría, es decir teniendo en cuenta el tipo de fábrica y las dimensiones de la maquinaria se demanda buscar el mínimo de pilares posibles).

La elección espacial de los componentes interiores (véase Tabla 1) se han adoptado mediante el proceso de modelado en base a 2 factores, la petición del cliente y la filosofía Lean en la cual se realiza el análisis funcional y la comprobación del cumplimiento de los objetivos de la distribución en planta.

**Tabla 1 Dimensiones interiores nave industrial**

Planta	Sala	Nombre	Área
1	1	Entrada de Material	554.65 m <sup>2</sup>
1	2	Salida de Material	554.69 m <sup>2</sup>
1	3	Control Salida de Material	11.51 m <sup>2</sup>
1	4	Control Entrada de Material	11.51 m <sup>2</sup>
1	5	Sala de Cargadores y Maquinaria	257.76 m <sup>2</sup>
1	6	Comedor Bloques	77.39 m <sup>2</sup>
1	7	Sala de reuniones Bloques	25.60 m <sup>2</sup>
1	8	Oficina Bloques	53.45 m <sup>2</sup>
1	9	Metrología 1	67.16 m <sup>2</sup>
1	10	Almacén Repuestos	450.68 m <sup>2</sup>
1	11	Sala Principal	4649.64 m <sup>2</sup>
1	12	Metrología 2	70.63 m <sup>2</sup>
1	13	Sala cambios de herramienta	65.10 m <sup>2</sup>
1	14	Sala reuniones culatas	45.19 m <sup>2</sup>
1	15	Oficina Culatas	94.89 m <sup>2</sup>
1	16	Hall 1	89.85 m <sup>2</sup>
1	17	Vestuario Masculino	134.69 m <sup>2</sup>
1	18	Comedor Culatas	89.87 m <sup>2</sup>
1	19	Vestuario Femenino	134.06 m <sup>2</sup>
1	20	Hall 2	89.56 m <sup>2</sup>
1	21	Enfermería	47.26 m <sup>2</sup>
1	22	Oficina Bielas	60.63 m <sup>2</sup>
1	23	Sala de reuniones Bielas	31.53 m <sup>2</sup>
1	24	Almacén Mantenimiento	93.20 m <sup>2</sup>
1	25	Baños 1 Masculino	31.03 m <sup>2</sup>
1	26	Baños 1 Femenino	31.03 m <sup>2</sup>
1	27	Baños 2 Masculino	49.71 m <sup>2</sup>
1	28	Baños 2 Femenino	49.71 m <sup>2</sup>
1	29	Duchas Masculino	47.18 m <sup>2</sup>
1	30	Duchas Femenino	47.18 m <sup>2</sup>
2	31	Hall y pasillos 3	403.52 m <sup>2</sup>
2	32	Comedor Oficinas	73.92 m <sup>2</sup>
2	33	Dirección	30.59 m <sup>2</sup>

2	34	Sala de juntas	45.29 m <sup>2</sup>
2	35	Despacho Administración	13.45 m <sup>2</sup>
2	36	Producción	74.34 m <sup>2</sup>
2	37	Hall y pasillos 3	13.48 m <sup>2</sup>
2	38	Sala de reuniones Calidad	45.19 m <sup>2</sup>
2	39	Calidad e I+D+i	82.06 m <sup>2</sup>
2	40	Sala de material de oficina	15.71 m <sup>2</sup>
2	41	Seguridad	36.70 m <sup>2</sup>
2	42	Sala de reuniones Compras y logística	45.24 m <sup>2</sup>
2	43	Compras y logística	93.20 m <sup>2</sup>
2	44	Administración y Recursos Humanos	74.36 m <sup>2</sup>
2	45	Baños 3 Masculino	24.66 m <sup>2</sup>
2	46	Baños 3 Femenino	24.66 m <sup>2</sup>
<b>Total</b>			<b>9112.75 m<sup>2</sup></b>

La elección espacial de los componentes exteriores, se ha elegido en base a no solo la petición del cliente si no a su vez analizando las necesidades de los clientes que visitaran y trabajaran en las instalaciones. Se necesitará un parking amplio tanto para trabajadores como visitantes, muelles de carga, espacio y acceso perimetral suficiente para camiones de gran tonelaje. La anchura de pavimento en el lugar más restrictivo es de 8m, es decir la anchura de menor tamaño a lo largo de las instalaciones. Esta distancia es suficiente para que un camión articulado pueda realizar un giro en L según las recomendaciones de diseño de viario y aparcamiento Plan Nacional de C.T.M. MTC-79 véase Ilustración 9.

TRAYECTORIA DE LAS RUEDAS DE UN CAMIÓN TIPO

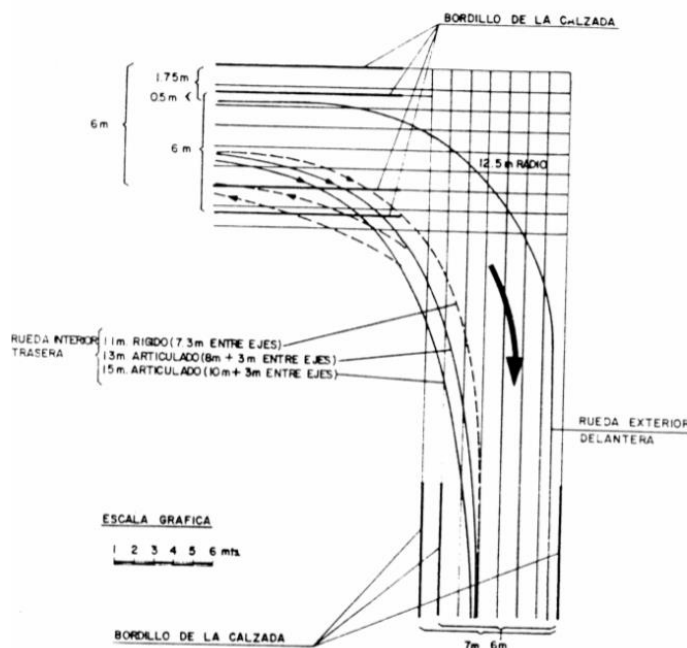
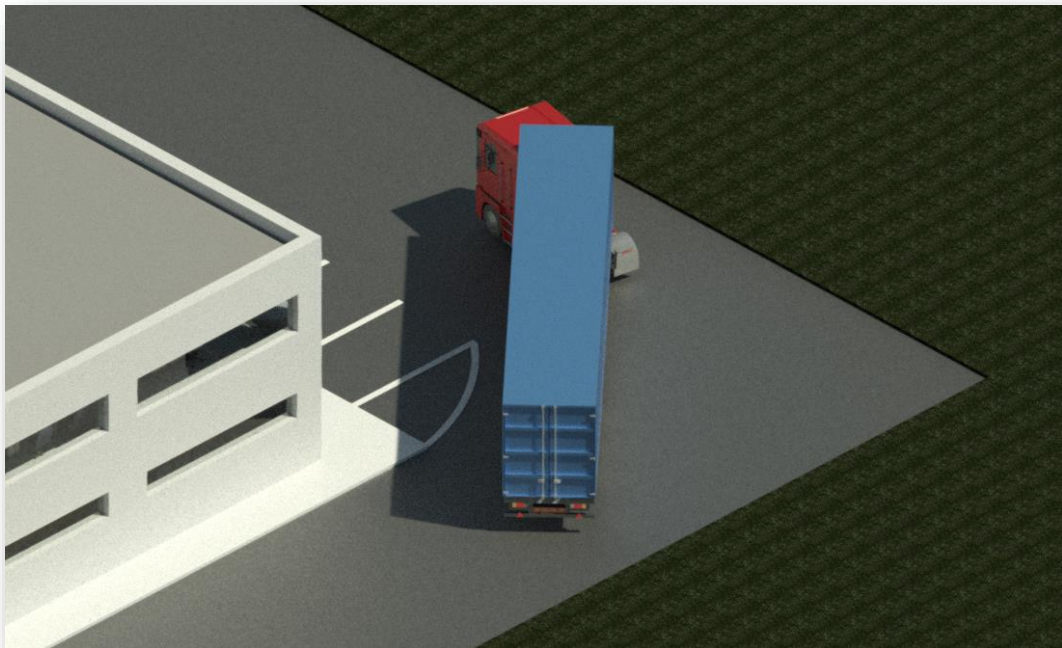


Ilustración 9 Maniobra lateral en ángulo recto Fuente: Plan Nacional de C.T.M. MTC-79



**Ilustración 10 Simulación render de un Camión articulado realizando giro en L Fuente: Elaboración propia**



**Ilustración 11 Simulación render de un Camión articulado realizando giro en L desde otra perspectiva Fuente: Elaboración propia**

Las ilustraciones 10 y 11 muestran como el camión articulado podría circular sin problema por el pavimento perimetral de la nave industrial en la zona más restrictiva.

## **4. ESTUDIO DE DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (LAYOUT)**

### **4.1. Objetivos**

La distribución en planta comprende la disposición física de las posibilidades industriales, instaladas o en el proyecto e incluye los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenaje, mano de obra indirecta, actividades auxiliares, servicios y personal. Colocar máquinas y equipos de modo que se facilite el movimiento de materiales al costo más bajo y con mínima manipulación desde que se recibe la materia prima hasta que se entregan los productos, de forma segura y satisfactoria para los empleados

Para la realización del estudio de layout debemos conocer bien la demanda por parte del cliente, debemos realizar la mayor captación de datos ya sea desde los miembros responsables de la directiva hasta los propios operarios. El compromiso y colaboración de todo el equipo humano de la empresa es imprescindible para elaborar la mejor solución, realizando reuniones sobre el proceso con los trabajadores y responsables para ejecutar las pertinentes revisiones del proceso de fabricación desde la entrada de la materia prima hasta la entrega del mismo, procesos operativos y de gestión. Los objetivos principales del estudio son:

1. Diseñar líneas completas de trabajo (Instalación de nuevas máquinas y equipos de trabajo)
2. Reducir distancia en desplazamientos
3. Reducir tiempo del proceso
4. Mejorar la calidad del proceso
5. Incrementar la producción
6. Mayor utilización de la maquinaria, mano de obra y servicios
7. Ahorrar el espacio utilizado
8. Reducir los materiales dañados por manipulación
9. Mejorar la seguridad en el trabajo y reducción del riesgo para la salud
10. Reducir el trabajo administrativo e indirecto
11. Reducir costes de ejecución
12. Características de protecciones de equipos y acometidas

13. Características especiales de las áreas de zonas de trabajo (suelo, pinturas, ubicaciones, tramex...)
14. Distribución portable (Ser trasladada, modificada o sustituida)
15. Lograr una supervisión más fácil y mejor de flujos de operarios y material
16. Cumplimiento de normativa de seguridad
17. Mayor satisfacción del trabajador por la mejora de las condiciones ambientales del trabajo

## **4.2. Captación de datos**

El estudio de layout parte del diseño o disposición de ciertos productos y servicios en sectores o posiciones en los puntos de venta en una determinada empresa, aun mantenido la filosofía de este método cada empresa tendrá diferente maquinaria así como diferentes exigencias, por lo que para este proyecto hemos decidido centrarnos en la industria automovilística (siendo esta la pionera de este método, el fundador de Toyota, Sakichi Toyoda, su hijo Kiichiro y el ingeniero Taiichi Ohno, quienes crearon este sistema entre 1946 y 1975). Concretamente escogiendo una fábrica de bloques de motor, culatas y bielas. Este proyecto pretenderá diferenciar los distintos procesos de mecanizado en islas de trabajo separadas cumpliendo los objetivos y captación de datos redactados en el punto anterior.

El cliente lo primero que debe comunicar es las líneas de trabajo y maquinaria que necesita introducir en su nave industrial, la cual o nos la aporta el cliente o por el contrario una vez realizado un estudio previo de toda la maquinaria a instalar, nosotros podremos aportarle la dimensión necesaria para esta instalación.

En la captación de datos del cliente es muy importante recoger todos los factores que nos afectan a la distribución en esta planta:

- Material: productos, proceso, especificaciones, características físicas y químicas, operaciones etc. Se necesita analizar el porcentaje de piezas rechazadas, las cantidades de piezas averiadas, estropeadas o destruidas en proceso, pero no en las operaciones productivas. Las entregas interdepartamentales lentas, artículos

voluminosos o pesados o costosos, movidos a mayores distancias que otros más pequeños más ligeros o menos caros material que se extravía o que pierde su identificación tiempo excesivamente prolongado de permanencia del material en proceso, en comparación con el tiempo real de operación

- Maquinaria: elementos que la componen, métodos de producción, consideraciones en la utilización, procesos, etc como la maquinaria inactiva, averías de maquinaria, maquinaria anticuada, equipo que causa excesiva vibración, ruido, suciedad, vapores, equipo demasiado largo, alto ancho o pesado para su ubicación, maquinaria y equipo inaccesibles
- Hombre (mano de obra, trabajador/a): cantidad necesaria y tipo de trabajadores, características y tiempo del trabajo a realizar, necesidad de formación, ergonomía, seguridad y salud, etc. Analizaremos condiciones de trabajo poco seguras o elevada proporción de accidentes, áreas que no se ajustan a los reglamentos de seguridad, de edificación o contra incendios, quejas sobre condiciones de trabajo incómodas, excesiva rotación de personal obreros de pie, ociosos o paseando gran parte de su tiempo, equívocos entre operarios y personal de servicios, trabajadores cualificados pasando gran parte de su tiempo realizando operaciones de servicio (mantenimiento).
- Movimiento (materiales, maquinaria y recursos humanos): patrón de circulación material y trabajadores, entradas, salidas, espacios, etc. Es necesario conocer retrocesos y cruces en la circulación de los materiales, operarios cualificados realizando operaciones de movimiento de cargas, la proporción del tiempo invertido en recoger y dejar materiales o piezas, los frecuentes acarreos y levantamientos a mano, frecuentes movimientos de levantamiento y traslado que implican esfuerzo, operarios esperando a sincronizarse con el equipo de manejo, traslados de larga distancia y demasiado frecuentes, equipamiento de manutención ocioso y congestión en los pasillos, excesivas transferencias.

- Espera (almacenamiento): procesos, almacenes, etc. Tener en cuenta las cantidades de almacenamiento de todas las clases, gran número de pilas de material en proceso esperado, la confusión, congestión, zonas de almacenaje indefinidas o muelles de recepción y embarque colapsados. Operarios esperando material en almacenes o en los puestos de trabajo, poco aprovechamiento en altura de las áreas de almacenaje, materiales dañados o mermados en las áreas de almacenamiento, elementos de almacenamiento inseguros e o inadecuados, manejo excesivo en las áreas de almacén o repetición de las operaciones de almacenamiento, frecuentes errores en los inventarios, elevados costos en demoras y esperas de los conductores de carretillas.
- Servicio: de personal, de material, de maquinaria, etc. Personal pasando por los vestuarios, lavabos o accesos establecidos, quejas sobre instalaciones por inadecuados puntos de inspección o control en lugares inadecuados, inspectores y elementos de inspección y prueba ociosos, entregas retrasadas de material a las áreas de producción, excesivo personal empleado en la recogida de rechazos y desperdicios, demoras en las reparaciones, costos de mantenimiento indebidamente altos, líneas de servicios auxiliares que se rompen o averían frecuentemente, elevada proporción de empleados y personal de servicio en relación con los trabajadores de servicio, número excesivo de reordenaciones del equipo precipitadas, trabajadores realizando sus propias ampliaciones o modificaciones en el cableado, tuberías, conductos u otras líneas de servicio.
- Edificaciones (naves, almacenes, etc.): entorno, limitaciones etc. Depende de si es nueva construcción o ya existente. Paredes u otras divisiones separando áreas con productos, operaciones o equipos similares, abarrotamiento de los montacargas o excesiva espera de los mismos, pasillos principales, pasos y calles, estrechos o torcidos, edificios esparcidos sin seguir ningún patrón, edificios

atestados, trabajadores interfiriéndose unos en el camino de otros, almacenamiento o trabajo en los pasillos, áreas de trabajo abarrotadas.

- Cambio: en los materiales, maquinaria, personal, actividades auxiliares, externos, ampliaciones, etc. Cambios anticipados o corrientes en el diseño del producto, materiales, producción, variedad de productos, en los métodos, maquinaria o equipo, en el horario de trabajo, estructura de la organización, escala de pagos o clasificación del trabajo o en los elementos de manejo y de almacenaje, servicios de apoyo a la producción

Destacar que varios de los factores que hemos nombrado no los utilizaremos en el proyecto, algunos por tratarse de una nave industrial de nueva construcción, otros por la profundidad que implica ya que debemos ir acotando este estudio en el cual queremos dar una versión generalizada, aunque la hayamos aplicado a un caso particular.

### **4.3. Justificación**

Esta planta industrial de motores, así como la distribución que se ha diseñado partiendo de la filosofía *Lean Manufacturing* como estrategia para la mejora de procesos.

Para describir esta planta se debe comenzar dividiéndola en 3 sectores, oficinas y vestuarios, sala principal de trabajo y entrada y salida de material.

La sala principal donde se realiza gran parte del trabajo manual u operativo se requiere que el trabajo sea continuamente diseñado para optimizar los procesos, proporcionar condiciones de trabajo seguras y saludables para la prevención de daños y el deterioro de la salud de los trabajadores relacionados con el trabajo, eliminando peligros y reduciendo los riesgos para la seguridad y salud. No obstante, se requiere establecer procedimientos y criterios para garantizar la prevención, promoción y vigilancia de la salud de sus empleados. Por lo que

la sala contara con los elementos que se indican en los apartados siguientes para ser lo más operativa posible según el requerimiento del cliente.

## ➤ *Sala principal*

### **1. Líneas bloques de motor y líneas de culatas**

Las líneas de bloques están compuestas por 8 máquinas en las que se realizan las operaciones de desbaste y acabado cada 4 máquinas, dando disposición a los dos tipos de bloques que se producen. De manera similar las líneas de culatas están compuestas por 16 máquinas en las que se realizan las operaciones de desbaste y acabado cada 4 máquinas. Las líneas de la izquierda se componen de un tipo de culata o bloque mientras que las de la derecha es otra serie diferente. La distribución se ha realizado de manera simétrica en un tipo y otro de las líneas de bloques ya que los procesos son similares, presentando forma en U, en cambio en las líneas de culatas la distribución se ha realizado en línea quedando las líneas posicionadas a izquierda y derecha de la nave de manera simétrica, pero siendo de series o tipologías diferentes. Las operaciones se combinan y se adoptan flujos de pieza única. Se eliminan los cuellos de botella a través del empleo de operarios y máquinas. Con esto se consiguen ventajas como: se suavizan los flujos de material, desaparecen las colas de espera entre máquinas, se reduce el tiempo de ciclo, polivalencia de los operarios, se incrementa la visibilidad de la cadena de valor.

El proceso productivo es un conjunto de transformaciones en las que se controlan múltiples variables para lograr un producto final que cumpla con las expectativas requeridas. No es posible admitir un proceso en el que no se controlen las características del producto a través de mediciones, por lo que entre la línea del proceso hemos colocado un puesto de autocontrol (SPC).

- Puesto de autocontrol / SPC: Se ubicarán mesas, archivos y estanterías dedicadas al control de los procesos. Se destinará una ubicación para instrumentos de metrología, ordenadores, documentos, piezas a inspeccionar y otros, todo ello según las necesidades del control (véase ilustración 12).



Ilustración 12 Puesto SPC real y modelado en Revit Fuente: Elaboración propia

Otros elementos que necesita el entorno estándar del puesto de trabajo serán:

- Entrada/salida de material, defectivo y chatarra: Se señalará la ubicación del embalaje que contenga el material previo y posterior a la operación realizada por la máquina. Las dimensiones se ajustarán a las del contenedor. El color (ubicación, contenedor) correspondiente a defectivo será el naranja y a chatarra el rojo (ya sea de mantenimiento o de producto de máquina). El color de entrada será el azul y el de salida el verde. Este código de colores será similar en otros procesos de máquinas. Se utilizarán contenedores metálicos con puerta frontal para el almacenamiento de productos pesados. La puerta posibilita acceder al interior del contenedor estando apilados y con un mejor acceso cuando el operario los está manipulando para carga (véase ilustración 13). Tienen capacidad para ser remontables y manipulables mediante carretilla o grúa.

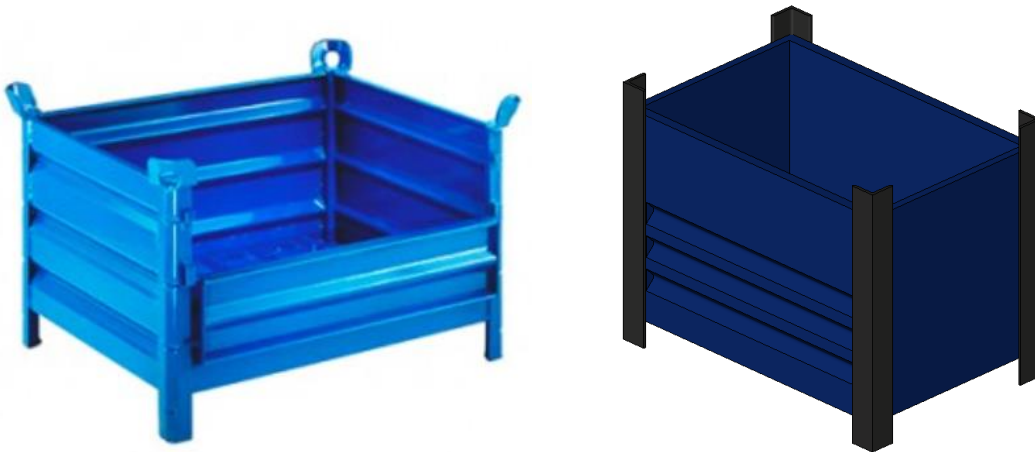


Ilustración 13 Contenedor metálico real y modelado en revit Fuente: Catalogo de Comansa

- Bateas de viruta: Las máquinas que utilicen uno o varios contenedores de viruta que requieran vaciado periódico, deberán disponer de accesos que permitan una manipulación segura y cómoda de los mismos (idealmente a pie de pasillo de carretillas, como mínimo próximo a un pasillo peatonal y a una distancia la menor posible a un pasillo de carretillas). Para tal fin, han de respetar sus dimensiones, dejando además un adecuado margen de seguridad. Estos contenedores para la recogida y descarga de viruta irán preparados para el desagüe de taladrinas y aceites mediante grifo exterior (véase ilustración 14).

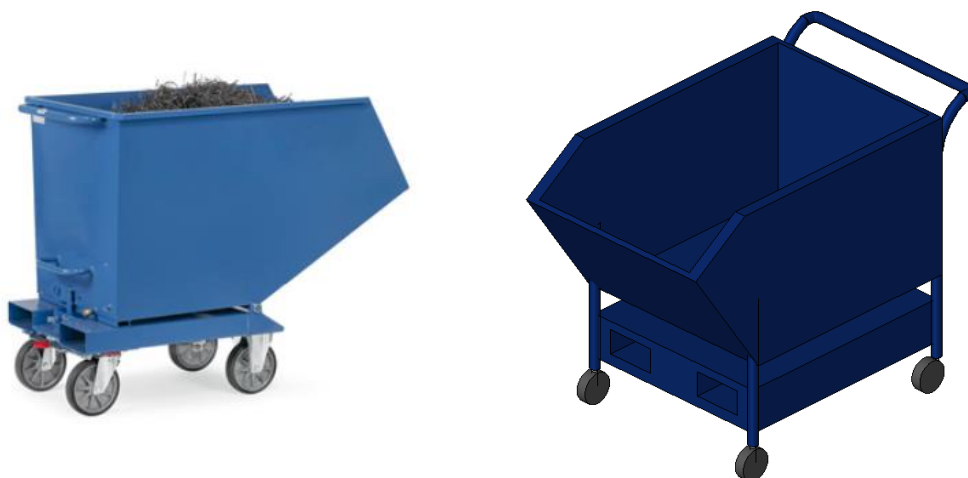


Ilustración 14 Batea de viruta real/modelado en revit Fuente: Catalogo de Comansa

- Herramientas / utillaje: Se pueden ubicar en carros o en armarios, bien sean automatizados o no. Los armarios deberán ser accesibles y la apertura de sus puertas no debe ser obstaculizada. Se identificarán distintos puntos por línea donde los carros han de permanecer mientras no se estén utilizando. Dichos puntos se localizarán en una zona accesible desde todos los puestos que precisen su uso.

Los carros permiten transportar con seguridad herramientas, adaptadores y soportes, teniéndolos próximamente al aparato de ajuste y medición (véase ilustración 15). Es muy funcional y robusto ofreciendo gran espacio para las herramientas gracias a su disposición para ellas en forma de Y.

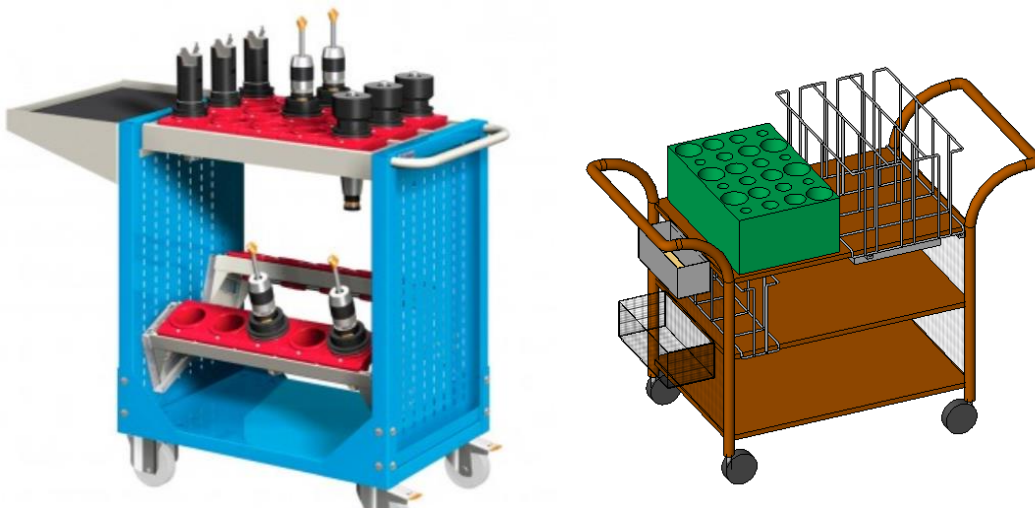
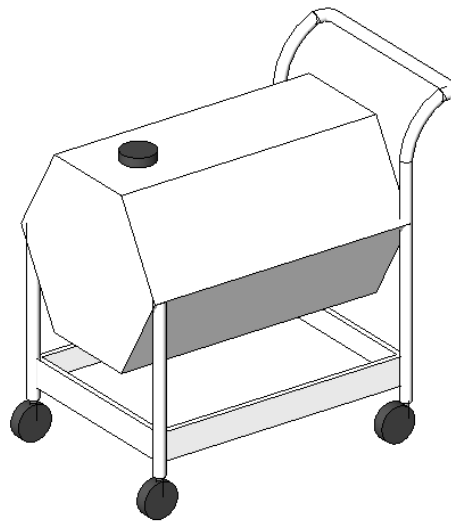


Ilustración 15 Carro portaherramientas real/modelado en Revit Fuente: Catalogo Comansa

- Carros de aceite: Los carros de aceite dedicado a lubricación y mantenimiento tienen asignada su respectiva máquina (véase ilustración 16). Se habilitará una zona identificada para la colocación de éstos, mientras no estén en uso. Se tendrán en cuenta los recorridos periódicos que realizan para su repostaje, los cuales se llevarán a cabo por zonas seguras destinadas al paso de personas. Se evitará su transporte por pasillos destinados a otros medios de manipulación, con el fin de evitar patinazos y/o choques.



**Ilustración 16** Carro de aceite real/modelado en revit Fuente: Elaboración propia

- Grúas y polipastos: En las máquinas que lo precisen, están destinados a la manipulación del material, deberá asegurarse su correcto alcance al punto de recogida y deposición. Para ello, deben abarcar toda el área donde se pueda encontrar el material a mover. Se deben evitar así situaciones donde el polipasto no llega en perpendicular al pallet de delante de la máquina, obligando al operario a realizar peligrosas maniobras para izar y descender la carga. Las grúas pórtico KBK son la solución óptima para todos aquellos puntos donde la instalación de una grúa puente sería demasiado complicada o donde ni siquiera sería posible. Encima de suelos planos y lisos se pueden desplazar sin esfuerzo en cualquier dirección y maniobrar fácilmente. De este modo se convierten en equipos auxiliares ideales para los procesos de carga y descarga, así como para trabajos de reparación y montaje (véase ilustración 17).

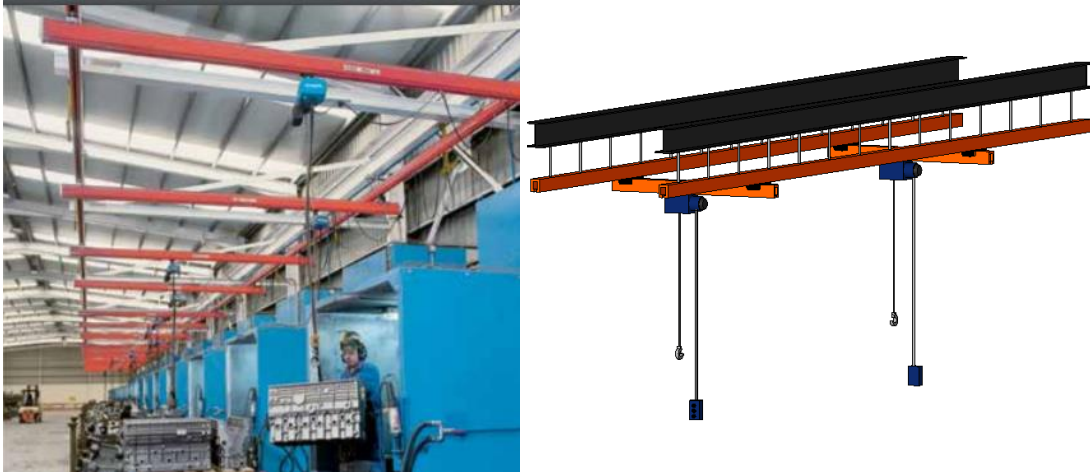


Ilustración 17 Polipastos en fabrica real/modelado en revit Fuente: Elaboración propia

- Contenedores de Residuos: Se distinguen 5 clases de residuos que se quieren segregar y por lo tanto que se representarán y ubicarán:
  - Orgánicos (verde)
  - Plástico (amarillo)
  - Papel y cartón (azul)
  - Latas y metal (negro)
  - Desechos peligrosos y aerosoles (rojo)

El reparto de ellos se realizará según si es zona de descanso/sala de reunión o actividad productiva colocando como mínimo un contenedor de la necesidad específica del lugar (véase ilustración 18).



Ilustración 18 Contenedores de residuos real/modelado en revit Fuente: Zonaverde3 Blogs

- Plataforma de trabajo: según el tipo de máquina, la zona de actuación del operario podrá estar en altura, lo que supone la definición de una tarima, así como la adaptación correspondiente de las zonas de entrada/salida de material y defectivo (mesa integrada en la tarima, etc.) véase ilustración 19.

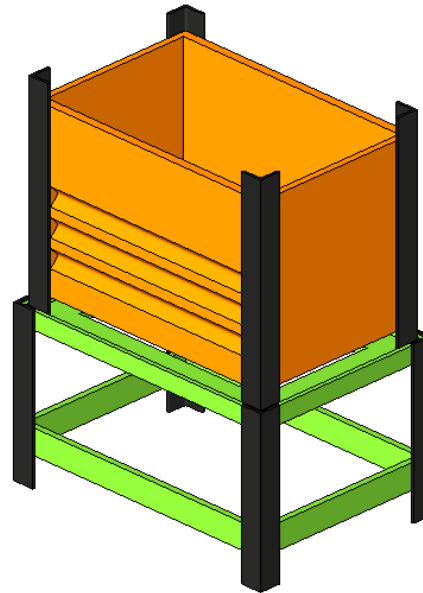


Ilustración 19 Plataforma de trabajo real/modelado en revit Fuente: Elaboración propia

- Mobiliario diverso: Se incluyen el resto de elementos de distinta utilidad, tales como los destinados a EPI's o documentación técnica y otros. Se incluyen muebles o estanterías dedicadas a almacenar material (véase ilustración 20). En los casos de los EPI's el mobiliario se ubicará en el almacén de repuestos, pidiendo su recogida al encargado de zona. El uso de los EPI en el lugar de trabajo está unido a la aplicación de dos reales decretos, transposiciones de sendas Directivas de la Unión Europea, el Real Decreto 773/1997 (Directiva 89/656/CEE) relativo al uso de los EPI.

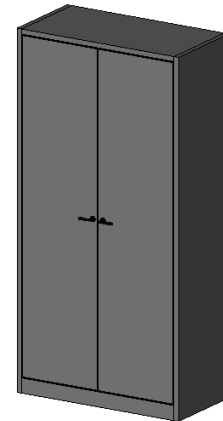


Ilustración 20 Armario de EPIs real/modelado en revit Fuente: Catálogo soloepis

## 2. Líneas de bielas

Esta línea está pensada completamente para su automatización futura mediante cintas transportadoras (en este caso el paso de una máquina a otra se procederá de manera manual mediante carros). Se ha seguido utilizando la distribución en U, en la cual de cara a presentación por cualquier cliente queda perfectamente definida su línea viéndose como entra la pieza en bruto por la zona de la derecha y queda completamente acabada por la parte izquierda llegando casi al mismo punto. Quedando así completo el ciclo de fabricación de la biela.

Las primeras dos máquinas son para realizar el primer desbaste de la biela, taladro y asentado tornillos (teniendo en cuenta que cada máquina pertenece a un tipo de biela diferente y que todo el proceso se realizara de manera independiente un tipo y otro). La siguiente máquina “el Crack” es capaz de realizar varias operaciones con la rapidez suficiente de poder mecanizar las bielas de la máquina anterior sin espera. Las operaciones que realiza son corte laser, partir pieza, apriete de tornillos, inserción de casquillo. La siguiente máquina es para el afinado final de la pieza, siendo también capaz de llevar el ritmo de operación del Crack. El siguiente paso es pasar por la operación de lavado y secado, quedando estas preparadas para su última operación (manual) comprobación del estado de la pieza (SPC) y almacenaje. Entre la línea de proceso al igual que las líneas de culatas y bloques, existirán 2 puestos de autocontrol (SPC) uno después de pasar por el Crack y otro al final del proceso de afino, ya que no tendría sentido pasar por la lavadora una pieza defectuosa.

### 3. Salas de metrología

Las salas de metrología serán las encargadas de ofrecer los servicios de calibración de instrumentos y productos, para garantizar que las mediciones realizadas con sus instrumentos sean las adecuadas y fiables. Esta fiabilidad es la que te ayudará a calificar una pieza con confianza y precisión. Obtener mediciones exactas y confiables, es un requisito fundamental para toda empresa que desee estar entre las más competitivas, puesto que *“lo que no se mide no se mejora”*.

A partir de las mediciones se asegura la calidad de los bienes o servicios que se comercializan, generando gran relevancia al momento de tomar decisiones al interior de las organizaciones. Producir y medir son actividades que se deben planear, ejecutar, controlar y mejorar de manera simultánea. Para garantizar un sistema de gestión de la calidad en cualquier tipo de organización es relevante contar con calibraciones, verificación de equipos, cálculo de incertidumbres, validación de procesos de medida, o control estadístico. Los procesos industriales recopilan una vasta cantidad de datos que determinan el cumplimiento de las especificaciones técnicas de los bienes producidos y que a su vez permiten detectar tendencias en los procesos, lo que conduce a su regulación y por lo tanto a la búsqueda del mejoramiento continuo. La calidad de las medidas es exigida dentro de las empresas por medio de normatividades, referenciales, solicitudes directivas y reglamentos internos.

Dicho esto, la planta debe contener este tipo de salas, por lo que se dividirán en dos una para las líneas de bielas y la otra para bloques y culatas. Esto no indica que no se hagan controles insitu, sino que son los de mayor control y exhaustividad, ya que como hemos nombrado antes en las líneas de trabajo tendremos los SPC.

Las salas contarán con un equipo de climatización suficiente para mantener la sala a 22°C (es muy importante para el control, verificación y ajuste de las herramientas con la maquinaria pertinente en esa temperatura) y estarán equipadas por las siguiente maquinas industriales de medición:

- Redondímetro: permite medir en piezas de revolución características geométricas como la redondez, cilindricidad, coaxialidad, planitud y perpendicularidad.
- Perfilómetro: máquina de uso general, dotada de un palpador que permite medir la forma de superficies.

- Máquina de medir por coordenadas (Puente móvil): es una máquina que permite llevar a cabo cualquier tipo de medida en dimensiones y formas de piezas de geometría compleja (véase ilustración 21). Funcionan a través de materializar un triedro cartesiano dentro del cual se encuentra un palpador móvil que recorre la superficie de la pieza a medir, almacenando las coordenadas de los puntos por los que ha pasado. Los datos numéricos recogidos son posteriormente procesados informáticamente y convertidos en las dimensiones y/o formas buscadas.

El movimiento de los ejes de las máquinas con puente móvil se puede tener con como manual o digital. Las características de este tipo de máquinas para ser utilizadas en la industria se deben básicamente a los siguientes factores:

- La accesibilidad a la pieza que se tiene que medir
- Ergonomía
- Rendimiento dinámico
- Rendimiento metrológico
- Fácil manejo
- Volúmenes de medición adecuados para la medición de componentes complejos de dimensiones compatibles con los centros de producción más comunes

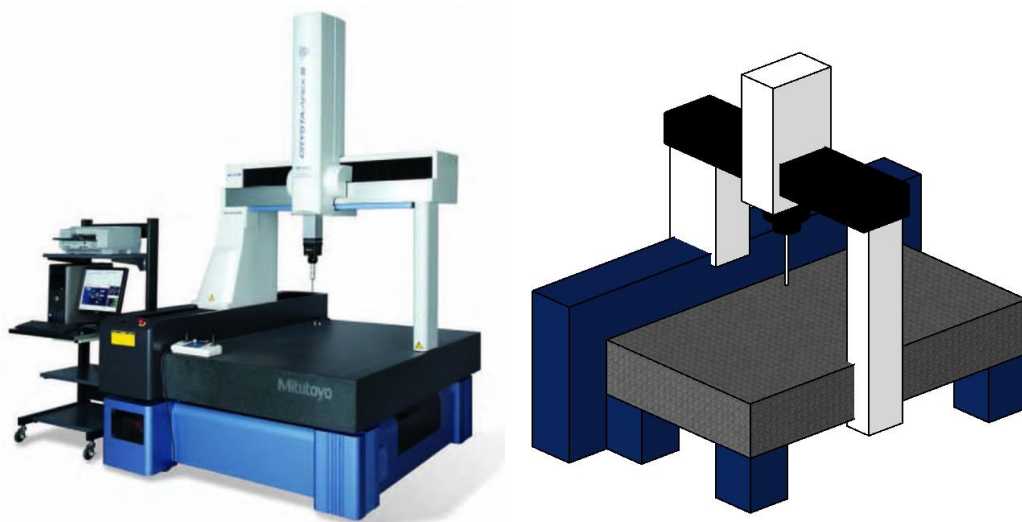


Ilustración 21 Puente móvil real/modelado en revit Fuente: Catalogo Metrología Sariki

#### 4. Sala de cambio de herramienta

Este tipo de fabrica debe contener una sala encargada de limpiar, sustituir y reparar las herramientas de corte que llevan las máquinas de nuestra producción, ya que un fallo en estas, se transmite directamente al acabado superficial de la pieza. Es imprescindible que las herramientas estén en su perfecto uso y se controle correctamente su vida útil, o conllevara a pérdidas importantes en el proceso de fabricación. La sala contara con una isla de montaje (véase ilustración 22), una cabina de limpieza, armarios de herramientas, mesas de personal de preajuste, mesas técnicas de aplicación, un equipo de climatización suficiente para mantener la sala a 22°C (es muy importante para el control, verificación y ajuste de las herramientas con la maquinaria pertinente en esa temperatura), un pescante con polipasto con capacidad para 80kg para adaptarse a los cambios de procesos previstos.



Ilustración 22 Isla de montaje y armarios de herramientas Fuente: Catálogo Haimer

#### 5. Almacén de repuestos

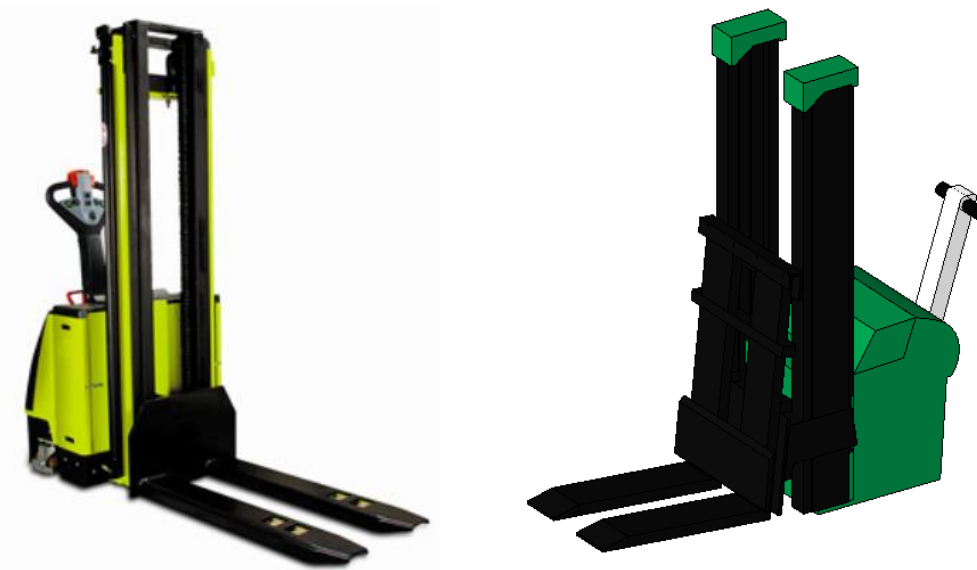
La distribución del almacén se ha realizado de manera que las estanterías de gran altura queden próximas a la pared o a los Kardex para evitar cualquier tipo de accidente al cargarlas con la transpaleta. Su diseño se ha realizado con capacidad para que pueda rodear completamente el almacén, quedando una isla central para otras estanterías de carga y para

máquinas de almacenamiento multiplanta (Kardex) para almacenar piezas o herramientas pequeñas automatizando su ubicación y búsqueda (véase ilustración 23).



**Ilustración 23 Kardex Fuente: Catálogo Kardex Remstar**

Las estanterías que se han escogido son de tres tipos: paletización, picking y cantiléver. Para el acceso a estas estanterías se ha dejado un pasillo con un ancho mínimo de 3,2m para el uso de carga con una transpaleta o apilador eléctrico (ilustración 24). Los apiladores de translación y elevación eléctrica aseguran un movimiento ágil y seguro permitiendo elevaciones de 5.500mm y cargas hasta 1400kg cubriendo las necesidades diarias en tareas de almacenamiento.



**Ilustración 24 Transpaleta Fuente real/modelada en revit: Catálogo Comansa**

El almacén también cuenta con ganchos para el cuelgue de materiales y diversos armarios entre los que se encuentran los EPI's (comentados anteriormente).

El acceso al almacén cuenta con dos puestos de trabajo para el control de entrada y salida de material, quedando así registrado el aprovisionamiento y gasto de materiales constante. Esto permite tener un seguimiento y un control para que el departamento de compras tenga siempre provisto el almacén del stock necesario para la planta. Por último, le hemos instalado una puerta de emergencia ya que las puertas de acceso principales son automáticas por lo que, en caso de avería, incendio o bloqueo los trabajadores que queden atrapados puedan salir al exterior.

## **6. Sala de cargadores y de maquinaria**

Para el transporte del producto, como para mantenimiento de maquinaria u obras es imprescindible tener máquinas para transporte pesado o trabajos en altura que permitan un trabajo seguro y eficaz para los operarios de mantenimiento u obras, así como una sala destinada al almacenaje y carga de estos. Esta sala cuenta con:

- Transpaletas o apiladores eléctricos (nombrados anteriormente)
- Plataformas de tijera eléctricas, están diseñados de forma que los operarios logren una buena movilidad y no se presenten problemas de espacio mientras realizan su trabajo, para esto la plataforma tiene una cesta para las personas, estas máquinas tienen un área de trabajo rectangular con un centro de gravedad siempre sobre la misma vertical.
- Elevadores verticales eléctricos, permiten realizar trabajos con precisión ya que su mecanismo articulado lo ubican en el punto deseado, lo que le permite trabajar de una forma más sencilla pudiendo realizar las tareas en menores tiempos, además los costos disminuyen ya que con otras opciones como; andamios, se eleva el costo debido a que para trabajar en alturas estos deben ser certificados y se necesitará de más personal para poder armar una estructura adecuada y no será tan precisa como los elevadores articulados. Estos son indispensables para las labores de mantenimiento
- Carretillas elevadoras eléctricas, es un vehículo contrapesado en su parte trasera que, mediante dos horquillas, se utiliza para subir, bajar y transportar palés, contenedores y otras

cargas de mayor peso. Estas pueden ser utilizadas para la sustitución de alguna línea de trabajo en las que se requiere una mayor potencia para mover esta maquinaria.

-Miniexcavadora, una opción inteligente para los proyectos de excavación y preparación de obras en general. Las excavadoras ofrecen más sistemas exclusivos que ayudan a ser más productivos y a maximizar el trabajo en obra o retirada de maquinaria obsoleta.

### **7. Oficina Bloques de motor**

Por cercanía al control de la línea, se ha destinado esta oficina fuera del sector de oficinas. Ya que era la única línea que quedaba separada de la parte completa de uso de oficinas. Su ubicación es clara para evitar un desplazamiento mayor por parte de los operarios.

### **8. Baños**

Se ha provisto de baños en esta zona para que queden repartidos a lo largo de la planta y queden en conjunto al área de descanso. Los baños se componen de masculino y femenino de manera simétrica, con un baño reservado a minusválidos en ambos.

### **9. Comedor**

Entre uno de los objetivos del proyecto se encuentra el diseño de áreas de descanso. Tal como describe el R.D.486 sobre lugares de trabajo, todo trabajador debe disponer de dichas áreas. Estas se distribuirán de manera homogénea, bien sea por secciones o por zonas de trabajo, de forma que se acceda fácilmente desde cualquier puesto de trabajo. Se asegurarán periódicamente sus condiciones de uso, limpieza y seguridad. Entre los elementos que compondrán estas áreas de descanso, se encuentran los siguientes:

a) Mobiliario área de descanso: Compuesto por mesas, sillas (su dimensión y número dependerá del número de puestos que cubra dicha área). Además, se ubicarán armarios o e se estime oportuno.

b) Botiquín: Para mejorar el acceso al material de primeros auxilios, se ubicará un botiquín portátil con desinfectantes, antisépticos, gasas, algodón, venda, esparadrapo, apósitos, tijeras, pinzas y guantes desechables.

c) Panel(es) informativo(s): Se colocarán en una zona visible

d) Surtidor de agua: Se prevé la colocación de un surtidor de agua en cada área de descanso.

e) Papeleras: Cubos destinados a envases y otros desperdicios.

## **10. Vías de circulación**

### ***A) Pasillo destinado a personas***

Tendrá como misión ofrecer una circulación rápida y segura del personal de la planta.

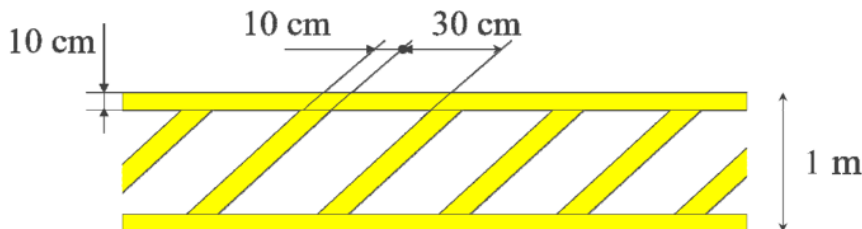
Su uso se extiende también al transporte manual de bateas de viruta, carros de aceite, herramientas y demás útiles que no precisen de medios de manipulación mecánica como transpaletas y apiladoras eléctricas, debidamente empleadas.

Deberá permanecer despejado en todo momento y libre de manchas o charcos de cualquier fluido que pueda provocar caídas o resbalones. Su anchura mínima en todos los puntos será de 1 metro (cumpliéndose el R.D.486 que marca una anchura de los pasillos destinados a este fin de 1 metro).

En los puntos de intersección se guardará un margen de seguridad para permitir el paso correcto de las bateas de mayores dimensiones.

Los pasillos destinados a personas se delimitarán mediante una franja continua amarilla, de 10 cm de ancho, recomendándose además utilizar un entramado de color sobre toda la superficie del pasillo, que deberá ser uniforme en toda la planta.

En zonas donde existan riesgos de caídas, choques o golpes se utilizarán franjas alternas amarillas y negras a 45° de inclinación. En caso de riesgo de tropiezo se utilizará una señal como la indicada (véase ilustración 25).



**Ilustración 25 Zona de riesgo o caída Fuente: Elaboración propia**

En este caso como la nave es de nueva creación se ha evitado que exista una zona de riesgo por lo que no será necesario pintarla (es indicativo por si en un futuro aparece una zona así).

### ***B) Pasillo destinado a vehículos de manutención***

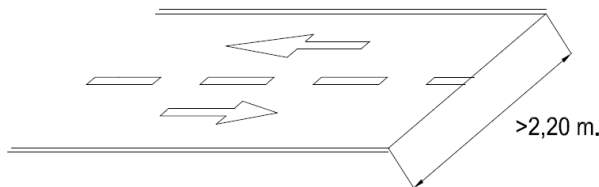
El pasillo destinado a vehículos de manutención tendrá como misión ofrecer una circulación rápida y segura de los vehículos de manipulación existentes en la planta.

Su uso estará destinado principalmente al transporte de material desde la zona de recepción a la entrada a línea y desde la salida de esta hasta la zona de expedición o almacenaje.

Deberá permanecer despejado en todo momento y libre de manchas o charcos de cualquier fluido que pueda provocar caídas o resbalones. Para tal fin se utilizarán carretillas destinadas a limpieza, evitándose en la medida de lo posible, la entrada de personas a pie para realizar dichas tareas.

Su anchura mínima en todos los puntos superará 2,20 metros véase ilustración 26 (cumpliéndose el R.D. 486 que marca una anchura de los pasillos tal que permita el paso simultáneo de vehículos, más una distancia de seguridad).

Se delimitarán mediante una franja gruesa continua de color amarilla, de 10 cm de ancho. Además, se definirá una línea a trazos por el eje central del pasillo. El sentido de la marcha será igual que según las normas de circulación vial (es decir por la derecha).



**Ilustración 26 Medida mínima de pasillo destinado a vehículos de mantenimiento Fuente: Elaboración propia**

### ***C) Intersecciones de pasillos***

Los puntos de intersección de pasillos de peatones y vehículos de mantenimiento se consideran zonas de riesgo, por tanto, se prestará especial atención a sus condiciones de seguridad.

La visibilidad en el cruce, tanto de peatón como de conductor, debe ser óptima y no existirá ningún elemento que la obstaculice. De no ser posible, se prevé la instalación de espejos convexos en la posición y orientación adecuada.

Las intersecciones se señalarán de manera visible con los siguientes elementos (que se ajustarán a lo dispuesto en el R.D. 485 sobre señalización de seguridad):

En el suelo, se utilizarán franjas paralelas de paso de intersección (ver estándar definido en página siguiente). A la entrada del pasillo de peatones se colocarán una señal de prohibición de paso de vehículos de manipulación (carretillas elevadoras).

Sobre el suelo del pasillo de vehículos se dispondrán, bien pintadas o pegadas, señales de prohibición de paso a peatones.

### ***D) Otros elementos a considerar:***

- a) Puertas y portones: Según el tipo de puerta se han de cumplir unas condiciones de seguridad.

Puertas de vaivén: Deben de tener partes transparentes que permitan la visibilidad.

Puertas correderas: Deben contener un soporte o sistema de seguridad que les impida salirse del carril por donde van.

Puertas que se abren hacia arriba: deben disponer de un sistema de seguridad que impida su caída.

Puertas mecánicas: Deben de tener un dispositivo de parada de emergencia y de apertura manual.

Portones para vehículos: Deben de tener en su proximidad una puerta para peatones señaliza pictograma de paso obligatorio de peatones.

- b) Salida de oficinas al taller:

Idealmente esta salida deberá efectuarse desembocando el peatón sobre un pasillo peatonal.

En el caso de discurrir este pasillo de forma paralela a un pasillo de vehículos de mantenimiento, es recomendable el uso de barrera de protección (tipo “burladero”) a altura de la puerta para evitar que un vehículo pueda invadir el pasillo peatonal en esa zona.

Las puertas deberán tener un “ojo de buey” de todos modos, y una señal de advertencia “Carretillas” estará colocada sobre la puerta o a proximidad de la misma del lado de la oficina.

- c) Vallas de seguridad:

Vallas en tubos de diámetro 40 o 60 mm con travesaño para la protección de zonas peligrosas en los talleres o alrededor de máquinas. Se pueda fijar en el exterior de los edificios, salidas de escuelas, fabricas. Fijación con placas.

- c) Rampas: Se tendrán en cuenta que estará limitada su pendiente:

- < 12% si longitud < 3 m.
- < 10% si longitud < 10 m.
- < 8% en el resto de los casos

e) Seguridad-medidas contra incendios:

Acceso a armarios eléctricos: La ubicación de las máquinas y su entorno deberá hacerse permitiendo siempre el acceso a dichos armarios; en ese sentido, estará formalmente prohibido estacionar máquina o material delante de esos armarios.

Vías de emergencia: El layout deberá considerar por supuesto la definición de los pasillos detallados anteriormente para asegurar una circulación segura de ambos transeúntes y máquinas de mantenimiento, siendo implícito que está prohibido estacionar máquina o material en medio de dichos admitirán estacionamiento para carga/descarga de material, maniobras, etc. (en ese sentido, la señalización de la ubicación hace evidente cuando algún material o máquina ha sido “abandonado” en un lugar inapropiado)

En ese sentido, estará formalmente prohibido estacionar máquina o material en las vías de salida de emergencia definidas en el Plan de Evacuación de la fábrica.

Para visualizar esa regla, se adoptará la siguiente señalización de prohibición:

Señalización horizontal: pintar la zona específica de prohibición de estacionamiento según el siguiente patrón:

Señalización vertical: colocar un panel de prohibición de estacionar:

Señalización vertical: colocar un panel de prohibición de estacionar:

f) Zonas de recarga eléctrica de medios de manipulación:

En el taller, limitar dichas zonas a los equipos de mantenimiento en planta (transpaletas, apilador) y procurar que la ubicación este:

- Bien ventilada (emanación de hidrógeno durante la carga)
- Lejos de una fuente de chispas o llamas (ídem)

(La instalación eléctrica será la prescrita según las ITC-Bt 29 y 30 del vigente REBT del RD 842/2002)

Es importante prever y pintar el contorno también de los equipos de carga de baterías y las ubicaciones de “reposito” para los vehículos de mantenimiento estacionados en fábrica.

### ➤ *Oficinas y vestuarios*

Este sector se compone del resto de oficinas tanto de las de las líneas como las de administración, compras, logística, recursos humanos, dirección etc divididas en dos plantas. También en este sector añadiremos otro comedor, los vestuarios, los hall de entrada, un almacén para mantenimiento, obras y limpieza, un área de enfermería o primeros auxilios y unas oficinas tanto para la línea de bielas como para la línea de culatas quedando estas lo más cercanas posible a su línea de operación.

#### *1. Sala de enfermería*

Es una sala de consulta de enfermería de urgencia o primeros auxilios con aparatos básicos para realizar las primeras labores de socorro o estabilización del paciente. La sala contara con un electrocardiograma, desfibrilador u aparato de cardioversión, toma de oxígeno y toma de vacío, camillas elevables y armarios divididos en medicación oral, medicación intravenosa y elementos principales de botiquín.

#### *2. Almacén de obras/mantenimiento*

Es un almacén destinado para material de obras en fabrica, con uso exclusivo para guardar el material sobrante o el material que llega antes de realizar la obra, así como material de mantenimiento de instalaciones. Este almacén contara con herramientas, armarios para almacenaje de estas o útiles básicos destinados para obras y elementos de limpieza.

### ➤ *Entrada y Salida de material*

La entrada y salida de material está separada entre sí, aunque con un acceso por una puerta instant pass para que no haya confusiones de posibles cambios de pallets entre el material acabado y bruto. Tanto la entrada y salida de material está compuesta por una sala de control de acceso, dos muelles de carga/descarga (según la sala) y tres zonas en las que se divide los tipos de materiales (culatas, bloque motor y bielas).

#### *1. Salas de control de acceso*

Esta sala (en el caso de la sala de materia prima) permite al operario controlar el stock de producto bruto y la salida de este hacia la fábrica pudiendo dar constante información al departamento pertinente y así realizar los pedidos a tiempo (es el principio de control de la trazabilidad del producto). Así como de avisar a logística de que producto es el que tiene que dar paso a fabrica. De igual forma funciona la sala de producto acabado, solo que en este caso se encarga de lo opuesto, verificar e informar que los pedidos se encuentran acabados y listos para ser cargados a su destino.

#### *2. Zonas de espera de material*

En estas zonas están divididas las piezas necesarias para su fabricación posterior o como producto acabado. Las zonas quedan divididas en cada una de las salas en tres partes, bloques culatas y bielas. Estas a su vez se dividen en dos, es decir la variante de estas ya que en las líneas se fabrican bloques, culatas y bielas A y B. Las zonas de espera están calculadas para dar el suministro suficiente a la planta es decir se pretende aplicando el sistema lean, la eliminación de las actividades que no añaden valor y producir solo aquello que se necesita un su momento justo (Just in time).

Las actividades de valor añadido son aquellas que transforman, convierten o cambian un producto o servicio en aquello por lo cual está dispuesto a pagar un cliente. Es decir, la espera en fabrica, ya sea por un pedido superior de stock o por una superproducción no aporta ningún tipo de valor al cliente por lo que se debe evitar ya que, si supone un coste tanto de tiempo, espacio y de materia prima comprada.

Es difícil ver el desperdicio de un golpe de vista (Taiichi Ohno) siendo importante. Fue Taiichi quien desarrolló el Mapa de Flujo de Materiales como método estándar de información de los diferentes flujos de una forma gráfica y muy visual. Supuso la herramienta estándar para el diseño de las mejoras y de planificación del negocio de Toyota.

### ***3. Muelle de carga/descarga***

Los muelles de carga son elementos fundamentales de la cadena logística porque en ellos se produce la carga y descarga de materias primas, mercancías y productos elaborados para cualquier industria o almacén. La zona donde se producen estos movimientos debe ser fácilmente accesible para los vehículos (tanto para maniobrar como para hacer los movimientos de carga y descarga) y requiere equipamiento específico.

Deben estudiarse en profundidad, ya que estos son puntos de acceso clave a la nave de almacenaje. Es necesario diseñar cuidadosamente su distribución en el exterior y elegir el tipo de muelle óptimo en función del espacio disponible.

Antes de decidir el tipo de muelle que se habilitará en los accesos al almacén, es necesario diseñar la distribución de los mismos en el exterior de la instalación. Para ello, hay que contar con varios factores:

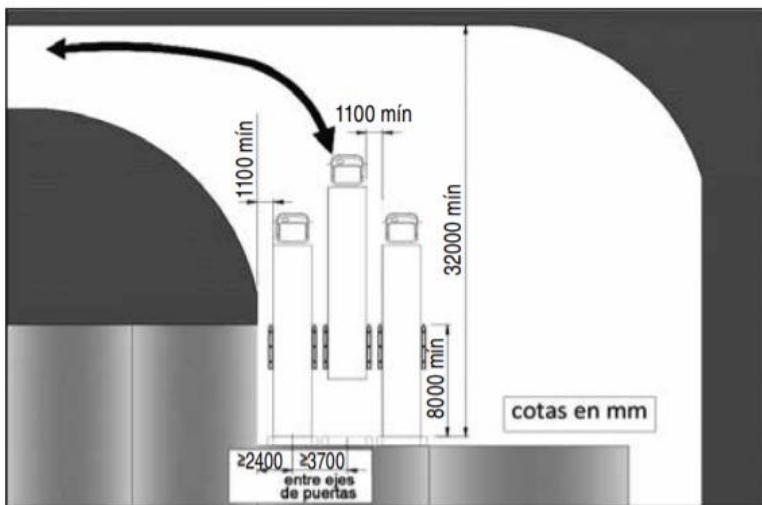
- **Método *just-in-time*.** Si se va a aplicar este principio, la colocación de los muelles puede convertirse en un aspecto crítico y es preciso hacer un cuidadoso análisis de cada una de las áreas que deben ser atendidas por los muelles: los tipos de cargas, la frecuencia de las entregas, la accesibilidad de la zona, las necesidades de espacio para los camiones, etc.

- **Camiones de gran capacidad.** La tendencia es utilizar vehículos cada vez más largos, más anchos y de mayor capacidad volumétrica. Por lo tanto, cuando se planea la localización de los muelles, convendrá asegurarse de tener una zona amplia para la aproximación, la maniobra y el acumulamiento de vehículos de gran tamaño.
- **Existencia de pendientes en el terreno.** La inclinación en las zonas de muelles debe ser siempre la mínima posible. Cuanta menos pendiente exista, menor posibilidad de errores y accidentes habrá. En el caso de que al almacén vayan a acceder vehículos de gran volumen, como los *high cube*, puede que sea necesario instalar algunos dispositivos especiales como muelles de regulación hidráulica o elevadores instalados en el suelo.
- **Estética y organización.** Cuando se planifica el conjunto del edificio del almacén, se deben separar las zonas de entrada y salida del almacén de las oficinas. Esto no siempre es posible, ya que la mejor situación para los muelles es la calle lateral del edificio y la orientación general del conjunto es la que determinará si se puede o no cumplir con esa separación.
- **Factores productivos.** Una posibilidad para incrementar la eficacia de los muelles es la de combinar, en una misma área, la recepción y la expedición. Esta solución reduce drásticamente los costes y, sobre todo, incrementa la productividad del equipo de manipulación y del personal. No obstante, depende del volumen en el flujo de materiales: un elevado ciclo de entradas y salidas justifica que haya muelles separados

Las características constructivas de los principales componentes según la NTP 1.076 de muelles de carga y descarga son:

**-La altura y nivelación** que debe definirse en la fase de diseño en función de las alturas medias de las superficies de las cajas de los vehículos que van a utilizarlos, de forma que el desnivel de trabajo no supere el 12,5% (según la norma UNE EN 1398:2010) entre ambas superficies. Para asegurar una correcta nivelación en función de la altura de la superficie de la caja del camión, se utilizan las rampas nivelables que están diseñadas para soportar cargas puntuales superiores a las nominales con superficie antideslizante y que admiten hasta 10 cm de desnivel transversal del vehículo.

**-Distancia entre las estaciones de carga y descarga** Para facilitar las maniobras de los semirremolques es recomendable una distancia delante del muelle de 32 m. Esta distancia puede reducirse a 30 m si la distancia entre dos camiones es de mínimo 2.000mm. Entre dos estaciones de carga y descarga se requiere una distancia mínima de 3.700 mm y óptima de 4.600 mm medida entre los ejes centrales de cada puerta. Aplicando estos datos, en el caso de pared lateral debería haber una distancia mínima de 2.400 mm y óptima de 3.300 mm, entre el eje de la puerta y la pared lateral. (véase figura 27). La medida de la puerta de carga y descarga se definirá en fase de diseño en función del tipo de vehículos que van a utilizarlas.



**Ilustración 27** Distancia entre camiones Fuente: NTP 1076 de muelles de carga y descarga

En el proyecto las medidas que se han adoptado son 5m de distancia entre ejes de puertas, puertas de 3,5m ancho por 5m de alto, dejando la distancia desde el suelo de 1,2m (tolva o embudo de carga).

## **5. DESCRIPCION DEL MODELADO**

### **5.1. Tipos de Software utilizados**

#### **5.1.1. AutoCAD y Revit**

Para la distribución en planta se ha elegido como parte de apoyo para la realización del proyecto el software AutoCAD por interoperabilidad que brinda con Revit pudiéndose usar juntos, por ejemplo, para incorporar diseños creados en AutoCAD dentro de un proyecto de Revit. Las empresas pueden usar AutoCAD en algunos proyectos o componentes de un diseño y utilizar Revit para generar productos de BIM para entregar y permitir la colaboración con otras disciplinas de diseño. En este caso AutoCAD lo hemos utilizado de para crear el plano de la distribución en planta en 2D y con ello usarlo de plantilla para una mejor realización en Revit.

#### **5.1.2. Software Lumion**

El renderizado de proyectos tanto de ingeniería como de arquitectura ha dejado de ser un trabajo de especialistas para convertirse en una herramienta al alcance de cualquier profesional. Además, el giro de los sistemas de trabajo CAD hacia los BIM, con todo el proyecto en 3d, acerca el trabajo de plano y proyecto a una visualización lo más completa y real posible. Llegados a este punto, se debe elegir el programa en el que trabajar nuestras visualizaciones.

El trabajo con Revit está pensado para hacerse en 3D (el 2D es bastante lento y poco desarrollado). Pero esto tampoco significa que esté pensado para la renderización. Si bien tiene la opción de renderizado muy mejorada con respecto a versiones anteriores o en AutoCAD, el trabajo con cámaras es bastante impreciso, las luces están muy controladas (sol e interiores) y el trabajo de materiales es complejo (los básicos funcionan muy bien, los personalizados no tanto). Estas variables no solo son las únicas desventajas si no otra muy importante es el tiempo de renderización y el gran equipo necesario para llevarla a cabo (PC).

Entre las diferentes opciones que podría barajar debido a los posibles programas de renderización he elegido Lumion. Es un software hecho especialmente para arquitectos, diseñadores e ingenieros. A partir de un modelo 3D del diseño, puede ayudar a hacerlo muy

realista y mostrar el contexto real. Comunicar con el impacto de luces y sombras, sin importar como se quiera transmitir el realismo de su diseño, logra hacerlo, rápido y sin grandes nociones previas. Transforma los diseños CAD en renders increíbles en segundos, se pueden realizar imágenes extraordinarias, vídeos y panoramas 360° muy rápidamente, por lo que es un plus a la hora de presentar un proyecto de este tipo, ya no solo por tema comercial y estético, si no sobre todo la calidad que deja ver.

## 5.2. Proceso de modelado

### 5.2.1. Plantilla plano de referencia

Como base para la realización del modelado se ha utilizado un plano de referencia en CAD donde se ha estudiado y desarrollado el primer acabado de la distribución en planta. Esta plantilla se ha abordado una vez hecha la captación de datos y siguiendo la metodología descrita de layout se realiza el plano que servirá de referencia en AutoCAD 2D (programa CAD elegido), ya que este software al ser más básico permite de manera más intuitiva controlar las distancias de seguridad, las separaciones, los movimientos y traslados de máquinas, así como diversas modificaciones a lo largo del proyecto. Para la maquinaria industrial también ha resultado más eficiente ya que al llevar más tiempo en el mercado resulta más fácil encontrar bloques prediseñados (véase ilustración 28).

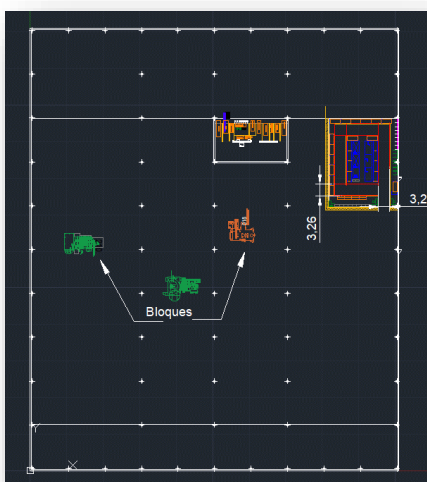
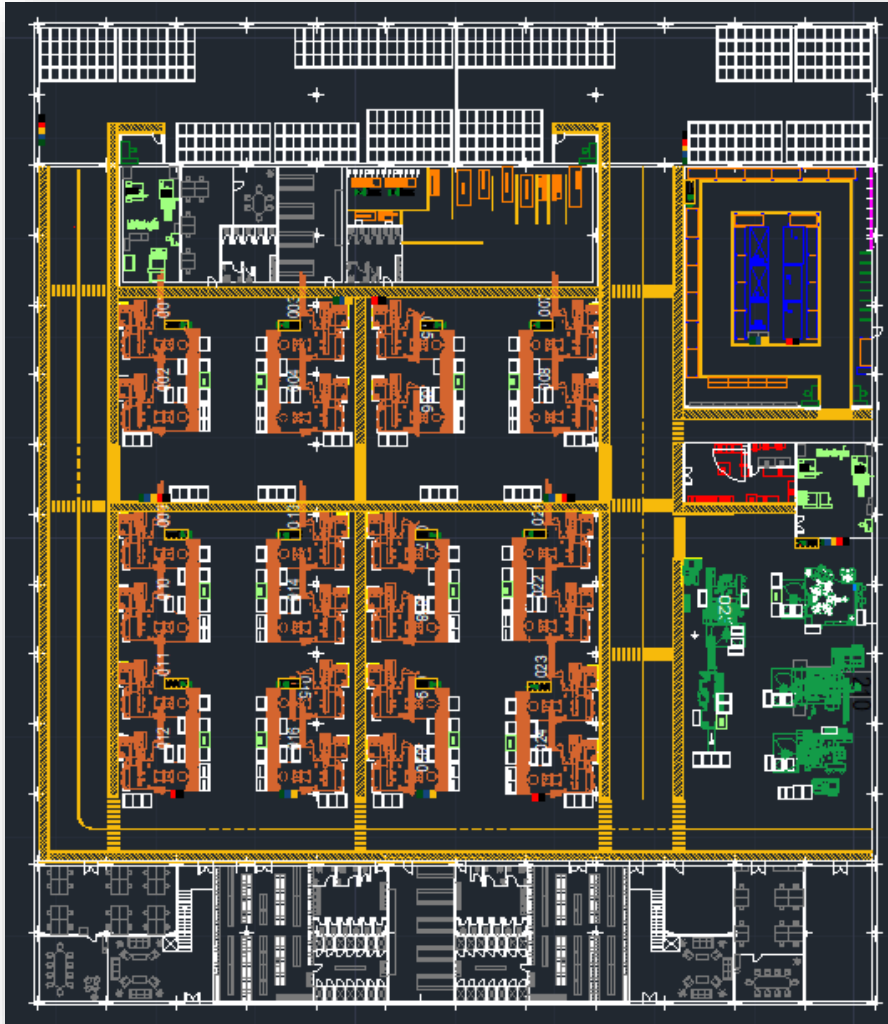


Ilustración 28 Plano de planta AutoCAD donde se muestra el comienzo de la planta con los bloques insertados Fuente: Elaboración propia

Parte de la maquinaria que se ha insertado mediante bloques de AutoCAD pertenecientes a fuente propia, otras pertenecen a páginas de internet de libre acceso de descarga o a catálogos de maquinaria real, y en último caso creados y elaborados manualmente.



**Ilustración 29** Plano de la planta industrial diseño completo Fuente: Elaboración propia

La plantilla de la ilustración 29 no indica que será la definitiva ya que al comenzar con el 3D se verá que habrá ciertos errores que se podrán ir corrigiendo insitu gracias a una mejor visualización de la planta o ciertas soluciones de layout que no terminan de ser la perfecta y se cambian o simplemente no resultan ser la idónea. La herramienta que permite que estas modificaciones se puedan realizar y actualizar del 2D de AutoCAD al 3D de Revit es la opción de gestionar vínculos de Revit, con la cual no solo permite cargar el archivo CAD, sino que se puede ir actualizando siempre que se realice una modificación en AutoCAD permitiendo restaurar constantemente los elementos suprimidos o modificados (véase ilustración 30).

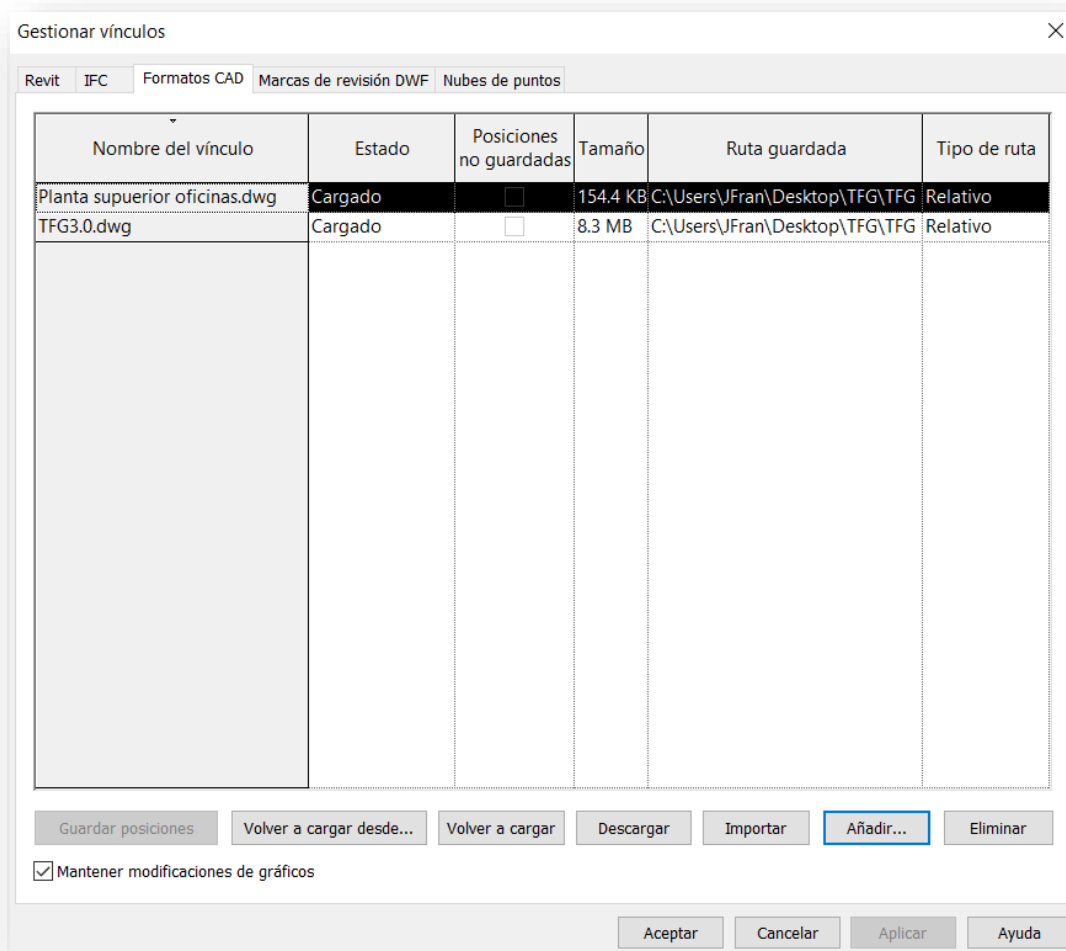


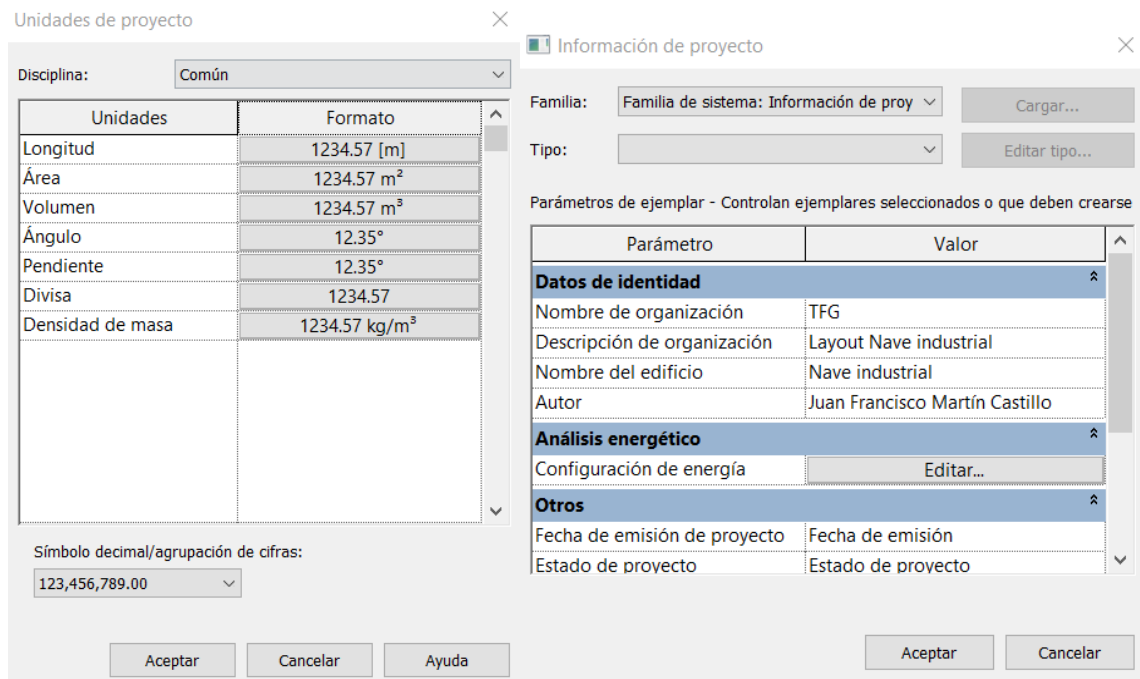
Ilustración 30 Pantalla de Gestión de vínculos Revit Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2. Revit creacion de proyecto y niveles.

Para comenzar un proyecto en Revit 2019 (versión estudiante) se comienza abriendo un archivo nuevo utilizando una base de plantilla arquitectónica. Al abrir un primer proyecto se deben configurar los parámetros básicos en gestión de proyecto. Uno de ellos serán las unidades de proyecto y el otro la información de proyecto.

En unidades de proyecto se eligen todo tipo de unidades ya sean para cimentación, estructura, fontanería, electricidad etc. En este caso se dejarán las que están por defecto (metros), ya que para el proyecto ahora mismo las demás no las necesitamos modificar, mientras no se entre en el tema en particular.

En información del proyecto le damos nombre al autor, al edificio y la descripción de la organización (véase ilustración 31).

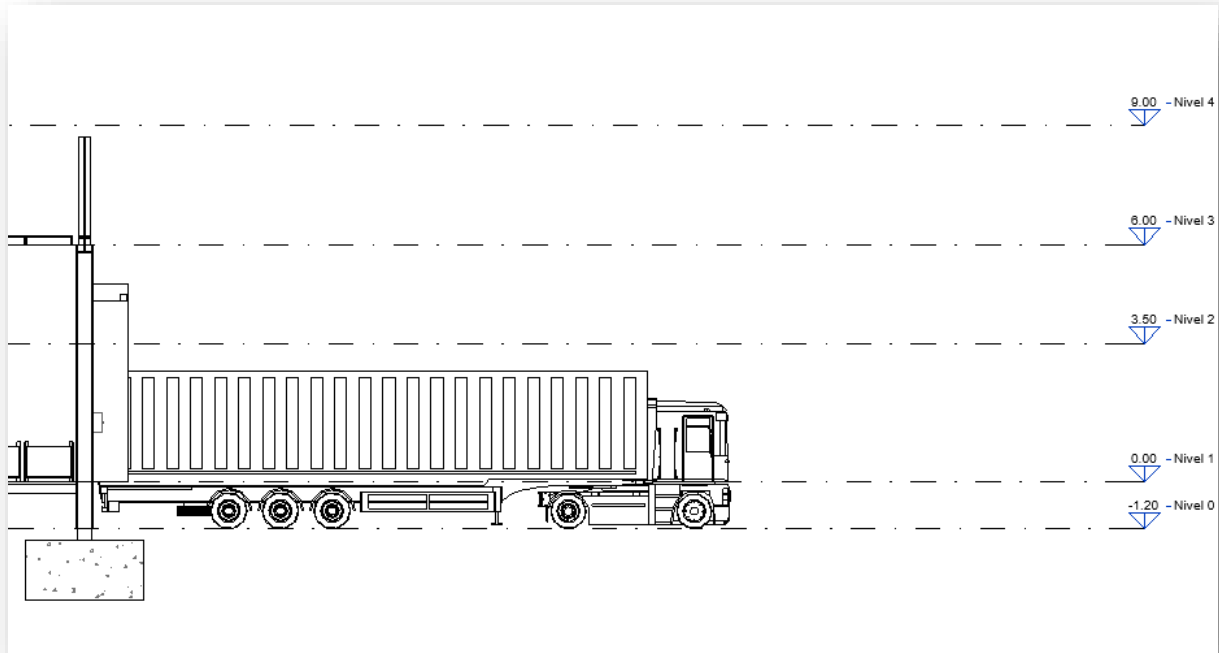


**Ilustración 31** Pantalla de unidades de proyecto e información de proyecto Revit Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es crear el norte real de proyecto, y la ubicación, esto es importante para el proceso de replanteo donde se define y mide en el terreno las dimensiones de la obra donde se realizara o sobre todo para proyectos en los que se estudie la eficiencia energética o autoconsumo, ya que podemos tener cierto conocimiento del recorrido del Sol para ver la viabilidad de la colocación de lucernarios o placas fotovoltaicas etc.

Respecto a la colocación del norte real del proyecto no implica que tengamos que estar trabajando en esa posición de la pantalla ya que hace que los trazos se tengan que realizar algo más complejos o engorrosos, por lo que Revit permite volver a su posición normal cambiando la orientación a norte del proyecto.

A continuación se crearon las líneas de nivel o cota desde una vista de alzado ya que son indispensables para la construcción de la nave industrial porque para colocar elementos en Revit es necesario ir referenciándolos al nivel que pertenecen es decir si por ejemplo colocamos un muro, este tendremos que definir desde que cota a que otra cota o nivel se va a construir (véase ilustración 32).



**Ilustración 32 Niveles de la planta industrial Fuente: Elaboración propia**

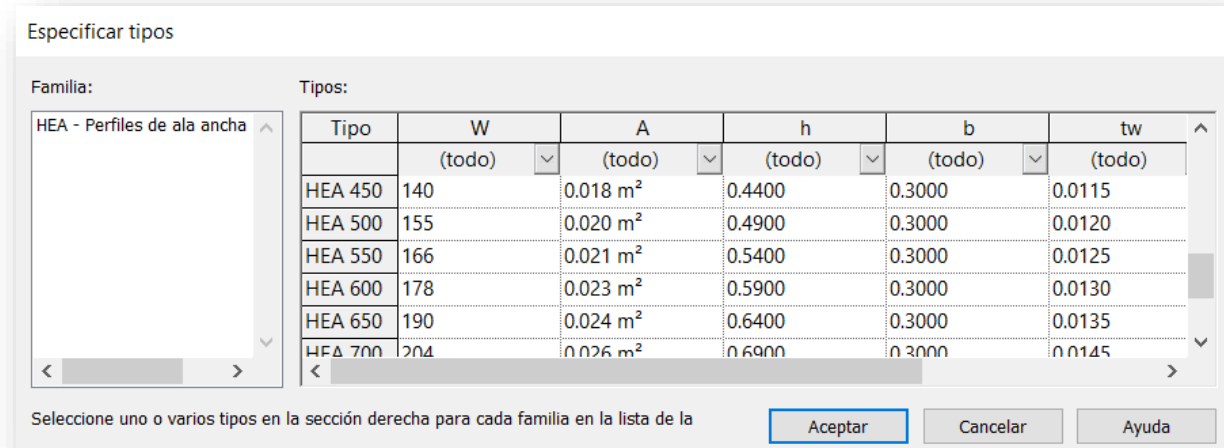
Una de las características de Revit es trabajar con rejillas para poder ir colocando los elementos, en este caso en concreto hemos optado por la plantilla CAD que nos hace la misma función y es más visual, no obstante, aun teniendo la plantilla se puede utilizar la rejilla no son incompatibles. Estas rejillas sirven sobre todo para definir la ubicación de los ejes estructurales de un proyecto: Cimentaciones, pilares estructurales, muros de carga y vigas.

### **5.2.3. Estructura nave**

La nave industrial como se ha indicado con anterioridad la parte estructural es solo a nivel aproximado ya que no es el objetivo del proyecto, pero es necesario utilizar una aproximación de referencia para ir colocando los elementos que engloban el layout de esta y darle un buen aspecto general a la visión de este.

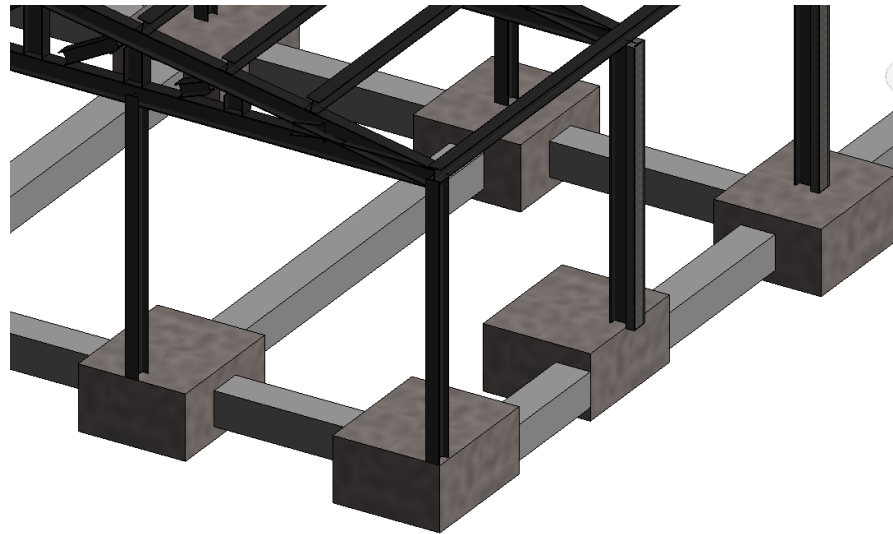
Se ha elegido unos pilares de acero de perfiles HEA 600 que van colocados en unas zapatas de hormigón de 3000x2500x1500mm. Para crear los perfiles en el proyecto se

selecciona la pestaña de “estructura” y elegimos los pilares. En este caso al no ver ningún perfil que se adapte a lo necesitado, buscamos en la biblioteca interna de Revit en pilares estructurales HEA y ahí se selecciona el tipo (véase ilustración 33).



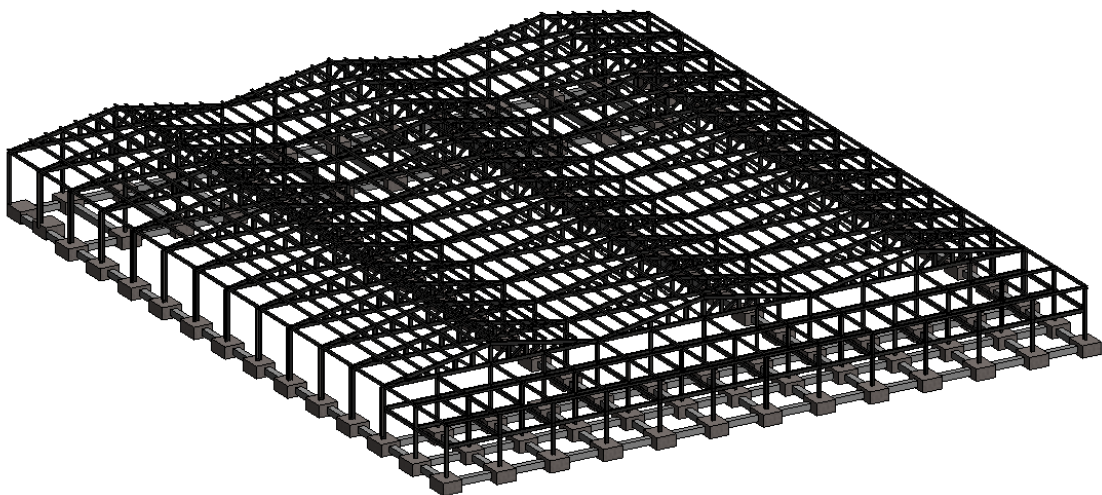
**Ilustración 33** Pantalla de elección de tipo de pilar HEA Fuente: Elaboración propia

Las zapatas de manera similar se insertan, pero esta vez en la pestaña estructura, se selecciona cimentación estructural de losa. Se elige la que se quiere insertar, y a continuación se edita para modificar la dimensión en el caso de que fuese necesario. Para solucionar la diferencia de alturas que presenta la nave en la zona de los muelles, las zapatas se han colocado de manera excéntrica para no sobresalir de los muros en lugar de céntricas como se ha situado en el resto de la nave. El arriostramiento o unión de las zapatas mediante vigas se ha realizado con vigas de hormigón de 800x800mm (véase ilustración 34).



**Ilustración 34** Arriostramiento y zapatas excéntricas Fuente: Elaboración propia

La colocación de la cercha de perfiles formalizados de acero cuyos cordones superiores e inferiores y montantes que se han elegido son de HEA 450 y sus diagonales de HEA 300. La cercha elegida es la Howe de 12 paneles estándar con una altura de viga de 2.5m y 28m de luz. Cabe destacar que los pilares HEA 600 solo irán en la zona de la nave principal para, la zona de oficinas se construirá con pilares HEA 400. Para las correas las vigas elegidas son las HEA300. El resultado de la estructura metálica de la nave se puede visualizar en la ilustración 35 y 36.



**Ilustración 35** Estructura de la nave Fuente: Elaboración propia

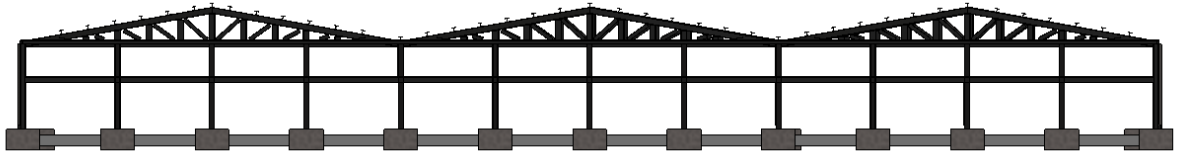


Ilustración 36 Vista frontal de la estructura de la nave Fuente: Elaboración propia

El revestimiento completo de la nave que se realizó con la operación de muro y cubierta. Ambas opciones se eligen desde la pestaña “arquitectura” y ahí se usa el muro o la opción de muro a desear. En este caso la utilizada es el muro básico de hormigón con enlucido de 40cm (véase ilustración 37).

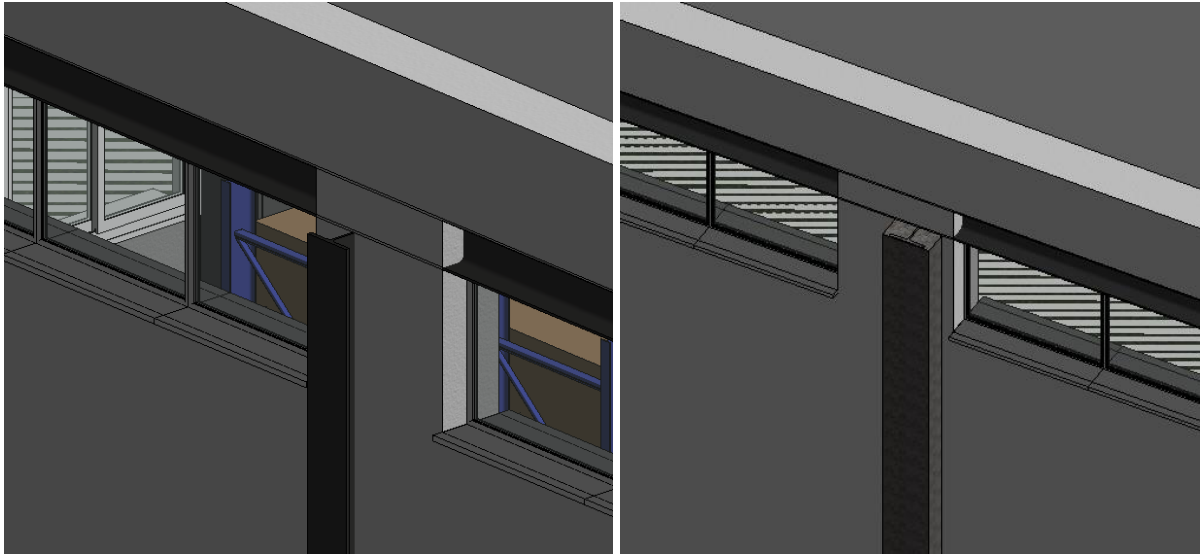
Familia:	Muro básico
Tipo:	Hormigón con enlucido - 40 cm 2
Grosor total:	0.4000
Resistencia (R):	0.3537 (m <sup>2</sup> ·K)/W
Masa térmica:	51.94 kJ/K
Altura de muestra:	6.0000

Capas					
CARA EXTERIOR					
	Función	Material	Grosor	Envoltentes	Material estructural
1	Acabado 1 [	Enlucido -	0.0150	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	<b>Contorno de Capas de en</b>		<b>0.0000</b>		
3	Estructura [1]	Hormigón	0.3700	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	<b>Contorno de Capas de en</b>		<b>0.0000</b>		
5	Acabado 1 [	Enlucido -	0.0150	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

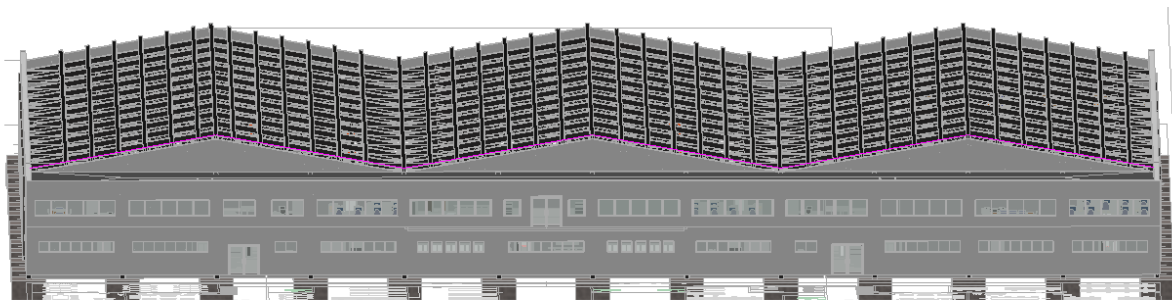
Ilustración 37 Estructura muro de hormigón enlucido Fuente: Elaboración propia

Al revestir la nave con ese grosor, inferior al utilizado en las vigas HEA estas en el dibujo quedan sobresaliente por lo que se dará un acabado con un pilar arquitectónico, ya que un muro solventando esa anchura supondría un gasto innecesario. Este problema se solventa con un pilar arquitectónico fusionándose con el muro y ocultando el pilar metálico, quedando el siguiente resultado en la figura 38.



**Ilustración 38 Saliente de la viga en muro/ recubrimiento con viga arquitectónica Fuente: Elaboración propia**

Para la cubierta de la cubierta de la nave, se ha realizado con la operación de cubierta por extrusión, en la que se delimita el contorno donde se quiere extruir eligiendo el plano de trabajo véase figura 39.



**Ilustración 39 Contorno de extrusión de cubierta Fuente: Elaboración propia**

La cubierta elegida, es la cubierta básica tradicional transitable, mientras que para la cubierta de la zona de las oficinas es la cubierta básica con protección de grava. Esta cubierta se ha realizado con la operación cubierta con perímetro ya que al ser cuadrada facilitaba la forma de realizarse con aguas a 2° de inclinación para la estanqueidad del agua.

Quedando la nave finalmente con el aspecto en el que cabe remarcar el peto lateral y frontal de 1m que se le ha dejado a la cubierta de la nave que se muestra en la ilustración 40.

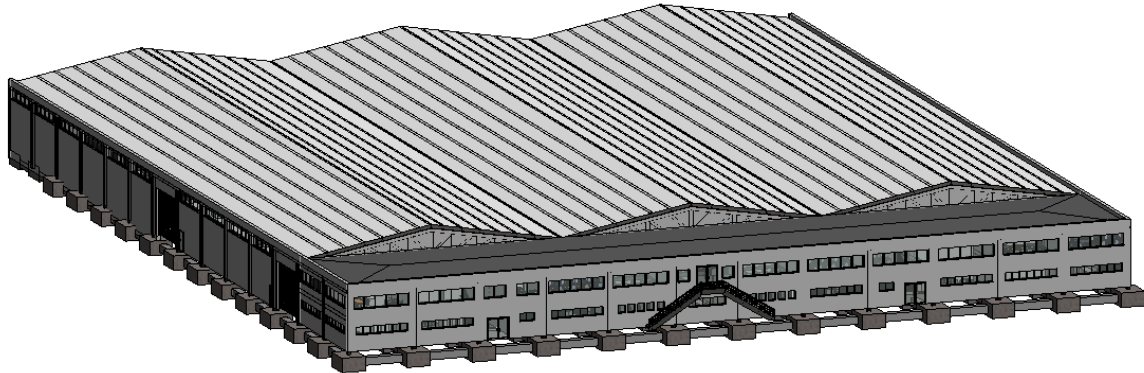


Ilustración 40 Revestimiento de nave Fuente: Elaboración propia

#### 5.2.4. Elementos de distribución

Los elementos indispensables para la creación del diseño de distribución que van a dar lugar a la visualización en 3D de maquinarias, muebles, saneamientos etc en Revit se modelan como familias. Una familia es un grupo de elementos que pueden ser añadidos a un proyecto, con un conjunto de propiedades comunes (llamadas parámetros) y una representación gráfica relacionada. Revit diferencia varios tipos de familias según su uso, tipo de material o propiedades, o parámetros.

Cada tipo de familia tiene una representación gráfica relacionada y un conjunto idéntico de parámetros, los parámetros de tipo de familia. Cuando se crea un elemento en un proyecto con una familia de un cierto tipo específico, se puede crear un ejemplar del elemento que será modificable en cualquier momento, teniendo en cuenta que si se inserta varias veces en el proyecto las modificaciones afectaran a todos los ejemplares creados.

Los tipos de familia en Revit son: familias de sistema, familias cargables y familias in situ.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> <https://ip21ingenieria.com/que-son-las-familias-en-revit-y-que-tipos-de-familia-existen/>

La mayoría de los elementos que se crean en los proyectos son familias de sistema o cargables. Las familias de cargables se pueden combinar para crear familias anidadas y compartidas. Los elementos no estándar o personalizados se crean mediante familias in situ.

Las familias de sistema crean elementos básicos, como los que se pueden ensamblar en un emplazamiento de construcción. Ejemplos: Muros, cubiertas, suelos, conductos, tuberías, etc.

Los parámetros de sistema, que afectan al entorno del proyecto e incluyen tipos para niveles, rejillas, planos de dibujo y ventanas gráficas, también son familias de sistema.

Las familias de sistema están predefinidas en Revit cuando descargas el paquete del programa. No se cargan en los proyectos desde archivos externos, ni se guardan en ubicaciones externas al proyecto.

Estas familias pueden venir internas en el programa en si o pueden ser descargables a través de webs de libre acceso de descarga o de catálogos de diferentes fabricantes, que lo utilizan de forma gratuita para que arquitectos o ingenieros utilicen estas familias en sus diseños. Esto es marketing para estos fabricantes ya que si el ingeniero o el arquitecto lo utiliza en su diseño permite que un cliente pueda obtener una visualización 3D de las puertas, ventanas, o mobiliario de su catálogo, en el diseño final de su vivienda o nave industrial.

Las familias cargables se utilizan para crear:

Componentes de edificación que normalmente se adquieren e instalan en un edificio y sus inmediaciones, como ventanas, puertas, muebles de obra, instalaciones, mobiliario y vegetación

Componentes del sistema que normalmente se adquieren e instalan en un edificio, como calderas, calentadores de agua, unidades de tratamiento del aire y aparatos sanitarios

Ciertos elementos de anotación que se suelen personalizar, como símbolos y cuadros de rotulación

Al ser tan personalizables, las familias cargables son las que se crean y modifican con mayor frecuencia en Revit. A diferencia de las familias de sistema, las cargables se crean en archivos RFA externos y se importan a los proyectos o se cargan en ellos. Para las familias

cargables que contienen muchos tipos, puede crear y utilizar catálogos de tipos a fin de cargar únicamente los tipos que se necesitan para un proyecto.

Las familias in situ son elementos exclusivos que el usuario crea cuando necesita un componente exclusivo y específico de un proyecto. Puede crear geometría in situ de modo que haga referencia a otra geometría de proyecto y que cambie de tamaño o se ajuste a los cambios que se produzcan en la geometría a la que haga referencia. Cuando se crea un elemento in situ, Revit crea para ese elemento una familia compuesta de un solo tipo de familia. Para la creación de un elemento in situ se usan muchas de las herramientas del Editor de familias utilizadas para crear familias cargables.

En este apartado se podrían explicar innumerables procesos para crear familias, dependiendo de la plantilla de familia que se utilice, si se quiere parametrizar, para obtener varios modelos, aunque en este caso para las diversas familias de máquinas de mecanizado u otras de maquinaria específica del proyecto se crean a través de un modelo genérico métrico ya que no existe una plantilla específica en Revit para tratar este tipo de elemento. En el modelo genérico métrico operamos igual en el proyecto, utilizando un archivo CAD como plantilla para poder darle forma a la máquina desde cero véase figura 41, 42, 43 y 44.

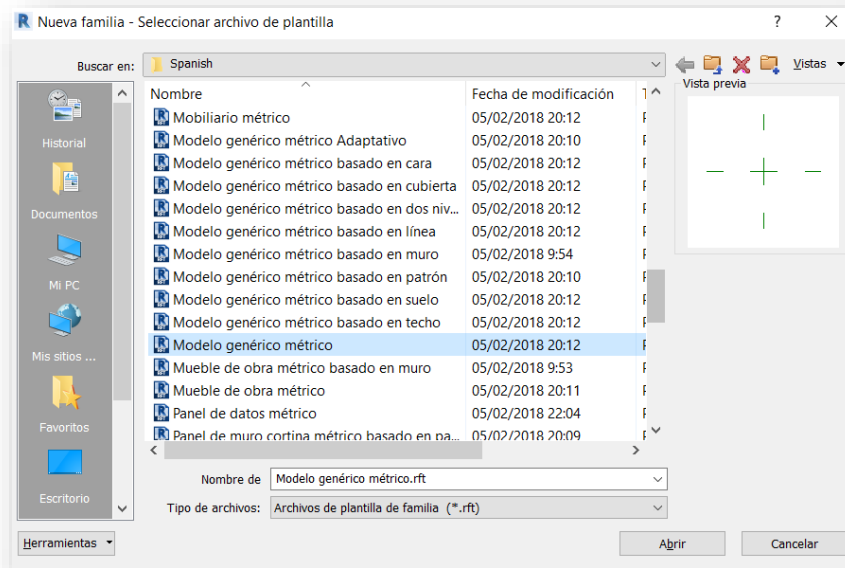


Ilustración 41 Pantalla modelo de plantilla de familia Fuente: Elaboración propia

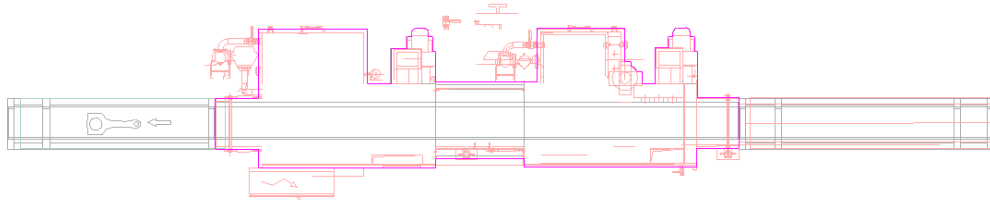


Ilustración 42 Lavadora en proceso de ser extruida Fuente: Elaboración propia

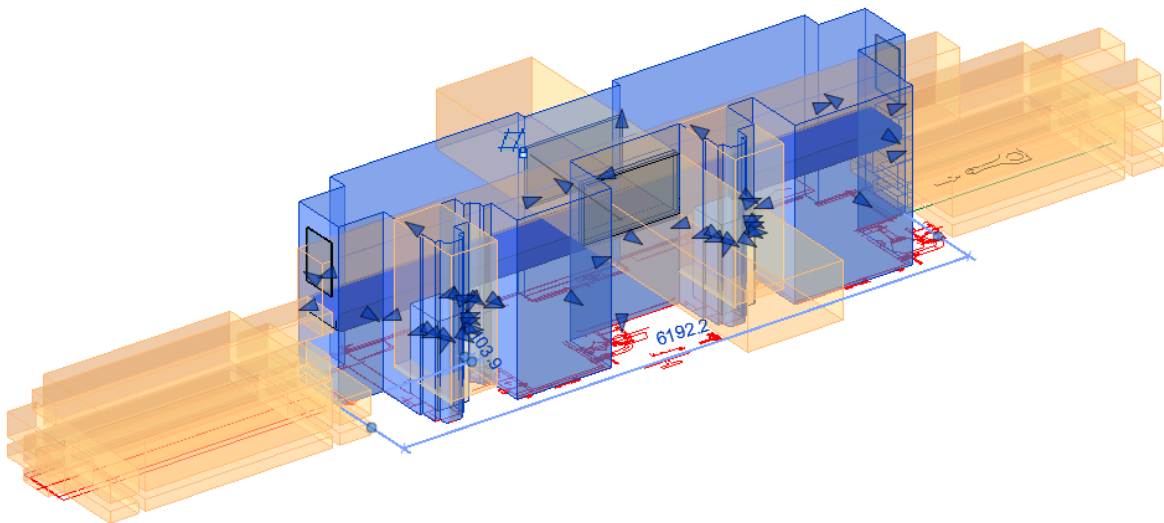
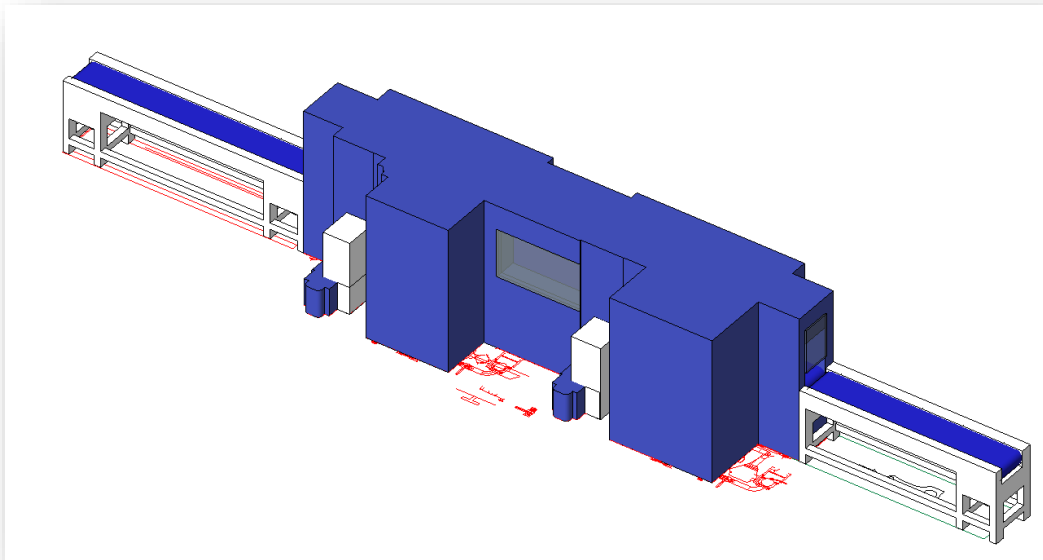
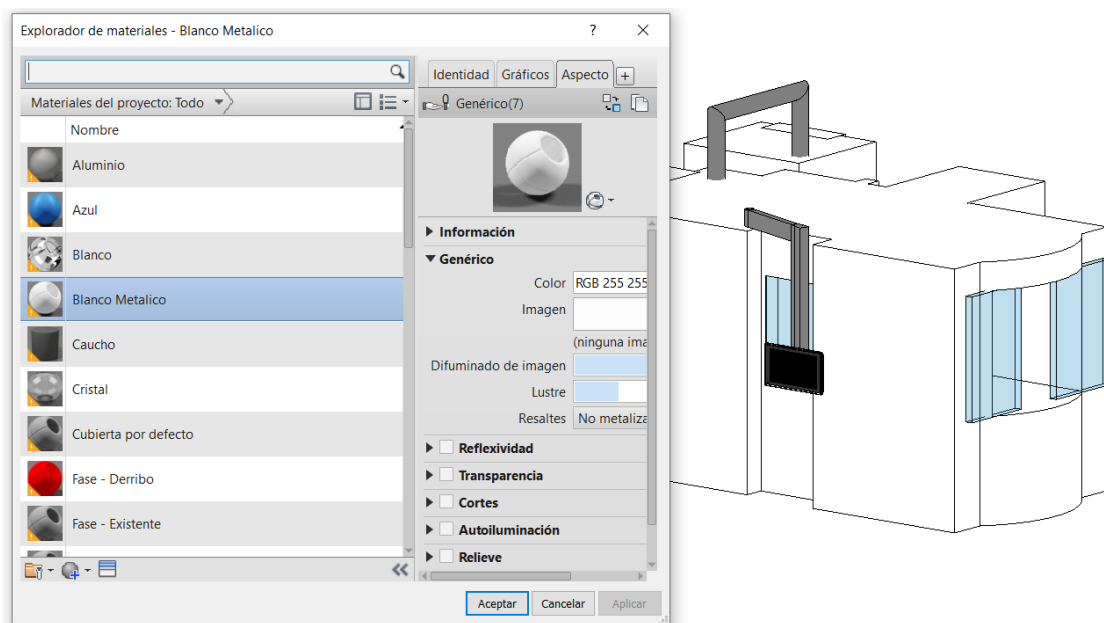


Ilustración 43 Visualización de lavadora con diferentes operaciones de vaciado y extrusión Fuente: Elaboración propia

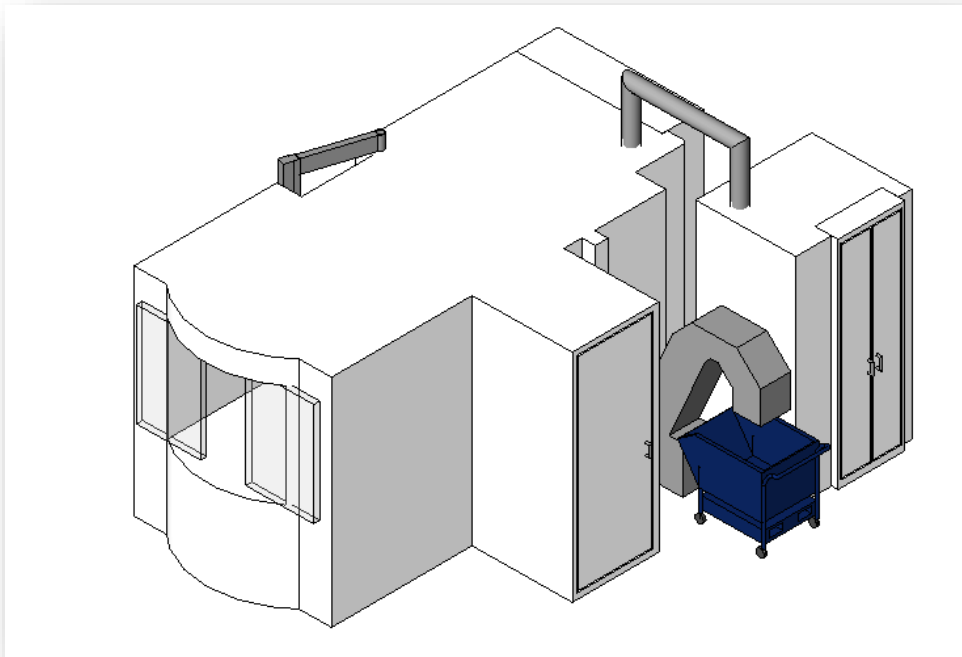


**Ilustración 44 Lavadora de bolas, en la que se puede visualizar la plantilla de AutoCAD Fuente: Elaboración propia**

Para la altura y los demás detalles se utiliza planos de la máquina del perfil o alzado, aunque no se va a realizar con el máximo detalle del plano porque en el modelo lo importante es visualizar el volumen del modelo e identificar el elemento de manera sea completamente operativo y funcional para el layout. La última parte de este proceso será elegir un material para las diferentes partes de la maquina como puede verse en la figura 45 y 46.

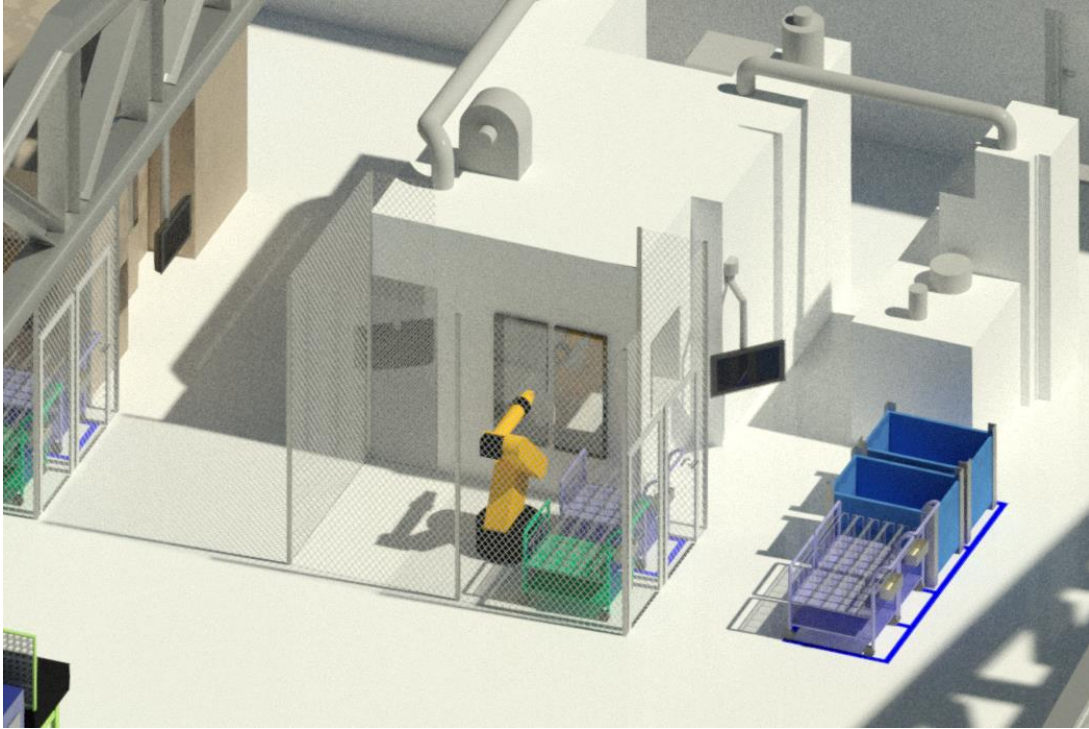


**Ilustración 45 Explorador de materiales Fuente: Elaboración propia**



**Ilustración 46** Maquina de mecanizado de bloques/culatas Fuente: Elaboración propia

El material se elige seleccionando la pieza que previamente ha sido modelada con anterioridad teniendo en cuenta que cualquier pieza que se seleccione echa de una misma extrusión se quedara con ese material, es decir si se quiere que dos piezas sean de distinto material estas no se pueden modelar en la misma extrusión, ya que se considera un solo elemento. Los materiales pueden ser creador desde el explorador de materiales, dándole el estilo que uno desee, ya sea según sus propiedades o aspecto. Revit permite si no tiene un cierto material poder cargarlo como imagen y tomar ese patrón de imagen para dar aspecto a la figura con ese tipo de material. Un claro ejemplo de esto se ha utilizado para dar forma de vallado de alambre a un muro, ya que Revit no tiene esta herramienta para poder realizarse, y mediante un patrón de una alambrada hemos creado ese material (véase ilustración 47).



**Ilustración 47** Vallado de brazo robot en el que se aprecia el material de alambre creado en Revit Fuente: Elaboración propia

Este tipo de detalle es demasiado alto para la filosofía que se quiere demostrar en este proyecto, una profundización en el detalle requiere tiempo y coste ya que Revit no es la herramienta adecuada para diseñar maquinaria al detalle, para eso existen programas específicos del tema bastante más operativos. En alguna maquinaria de este proyecto si se ha profundizado más gracias a datos de catálogos e imagines, en otras, se han intentado realizar lo más representativas posibles.

Para finalizar cabe destacar que existen ocasiones que al colocar una familia necesitamos realizar un corte en el modelo para poder ajustar la altura porque estas no se encuentran pegadas al suelo o nivel 1 o porque el lugar donde se quiere colocar es de difícil acceso de visualización.

### 5.2.5. Suelo y techo.

Para colocar un suelo en Revit es necesario irse a la pestaña ‘‘Arquitectura’’ y ahí seleccionar la opci3n de suelo eligiendo sus propiedades y acabados. El suelo que se ha elegido para la nave es un suelo con pavimento flotante de 30cm compuesto de las siguientes capas recogidas en la ilustraci3n 48.

Familia:	Suelo		
Tipo:	Con pavimento flotante - 30 cm		
Grosor total:	0.3000 (Por defecto)		
Resistencia (R):	0.2103 (m <sup>2</sup> ·K)/W		
Masa térmica:	30.88 kJ/K		
<b>Capas</b>			
	Funci3n	Material	Grosor
1	Acabado 1 [4]	Cerámica blanc	0.0200
2	Substrato [2]	Hormig3n y are	0.0500
3	<b>Contorno del núcleo</b>	<b>Capas de envolve</b>	<b>0.0000</b>
4	Estructura [1]	Hormig3n	0.2200
5	<b>Contorno del núcleo</b>	<b>Capas de envolve</b>	<b>0.0000</b>
6	Acabado 2 [5]	Enlucido - Blanc	0.0100

Ilustraci3n 48 Pantalla de edici3n de suelo nave Fuente: Elaboraci3n propia

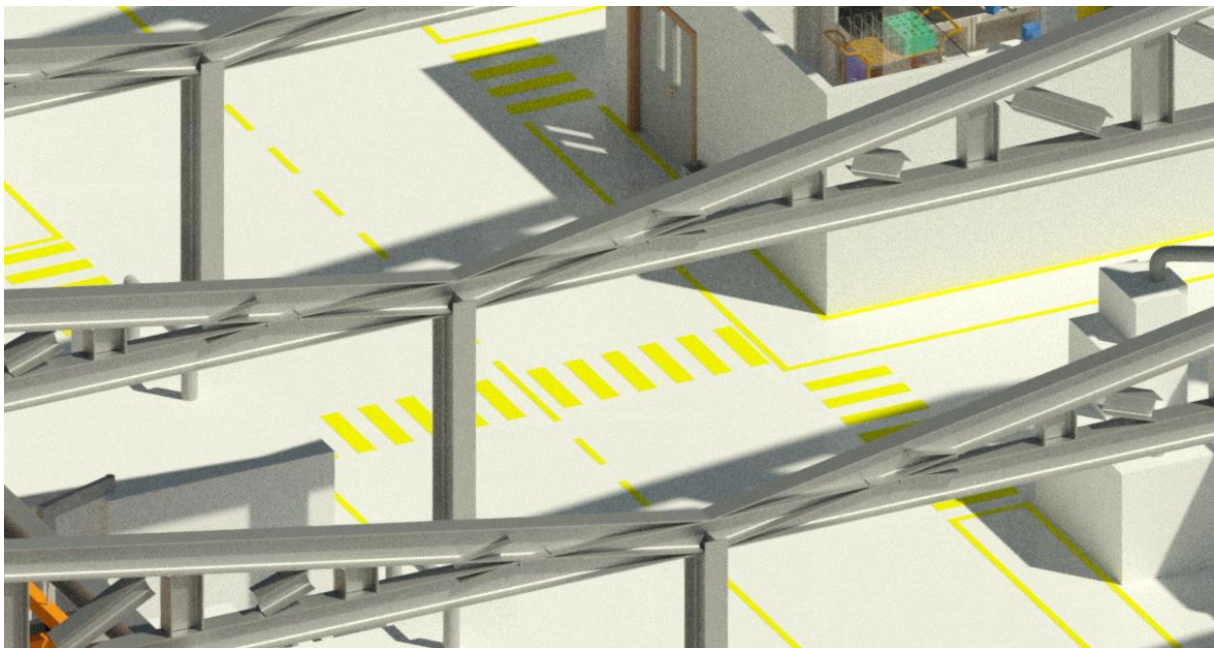
A continuaci3n, se dibuja las zonas de suelo que se quieren recoger con el tipo seleccionado. Este se ha utilizado para toda la nave menos para las áreas de baños y vestuarios u oficinas. En las oficinas el mayor cambio es el acabado final mientras que en los baños y vestuarios el elegido ha sido suelo con bovedilla cerámica de 30 cm compuesto de las siguientes capas (véase ilustraci3n 49).

Familia:	Suelo		
Tipo:	Con bovedilla cerámica - 30 cm		
Grosor total:	0.3000 (Por defecto)		
Resistencia (R):	0.0382 (m <sup>2</sup> ·K)/W		
Masa térmica:	5.62 kJ/K		
<b>Capas</b>			
	Funci3n	Material	Grosor
1	Acabado 1 [4]	Cerámica blanca	0.0200
2	Substrato [2]	Hormig3n y arena	0.0650
3	<b>Contorno del núcleo</b>	<b>Capas de envolvent</b>	<b>0.0000</b>
4	Estructura [1]	Hormig3n, Molde	0.0400
5	Estructura [1]	Ladrillo hueco	0.1600
6	<b>Contorno del núcleo</b>	<b>Capas de envolvent</b>	<b>0.0000</b>
7	Acabado 2 [5]	Enlucido - Blanco	0.0150

Ilustraci3n 49 Pantalla de edici3n de suelo baños y vestuarios Fuente: Elaboraci3n propia

Uno de los problemas que se ha encontrado en el software Revit, es la pintura del suelo, ya que no dispone ninguna herramienta para poder realizarlo.

En el estudio de layout una de las bases es tener todo colocado y ubicado para que no haya errores al trabajar los operarios por lo que es base fundamental tanto tener pintadas las ubicaciones del material como los pasillos de seguridad del paso de personas o carretillas, para poder evitar posibles accidentes (véase ilustración 50). Este problema ha sido resuelto creando un nuevo suelo, de muy poco espesor, el suficiente para que no quede solapado al suelo convencional de nuestra nave y pueda ser visto. Este será llamado como ‘‘pintura suelo’’ y el nombre de lo que se quiera pintar, dependiendo de si es ubicaciones entrada/salida o pasillos. Este suelo, realmente será una pintura epoxi, que como se ha explicado antes Revit no tiene la herramienta para poder realizarlo, porque es otro material a cuantificar como gasto en un presupuesto por unidades de metro.



**Ilustración 50 Pintura pasillos peatonales/carretillas Fuente: Elaboración propia**

El techo utilizado para la separación entre las plantas de la zona de las oficinas o salas de la nave ha sido un falso techo de placa de yeso laminado a 2.5m de desfase de altura. La operación para colocar el techo se hace de forma similar al suelo, solo que con esta vez en la pestaña de ‘‘Arquitectura’’ seleccionamos techo. Al igual que en el suelo nos aparece, para que se dibuje el perímetro del techo en líneas cerradas en el espacio que se quiera a construir.

En la ilustración 51 se puede apreciar la estructura y espesor del suelo y falso techo.

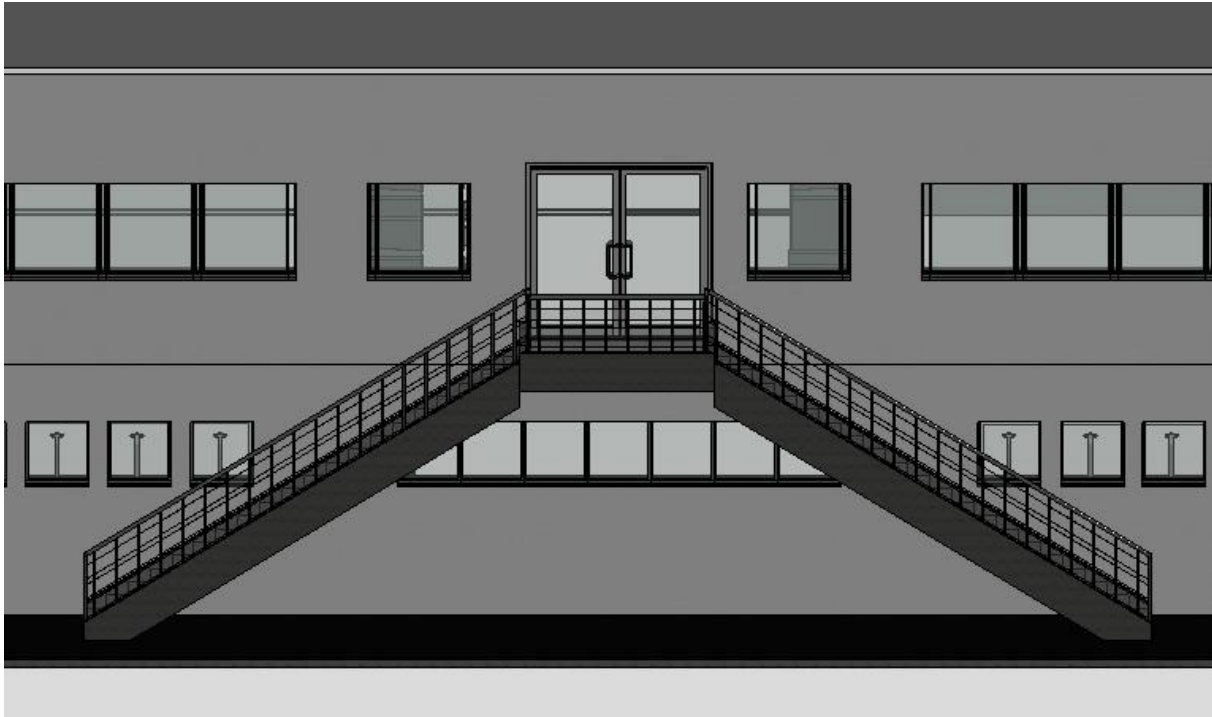


**Ilustración 51 Estructura del suelo y falso techo desde un corte de sección de la planta Fuente: Elaboración propia**

### 5.2.6. Exterior

Para el exterior los elementos a considerar son la escalera de entrada a la planta 2 de la nave, la acera, el asfalto y la masa de emplazamiento.

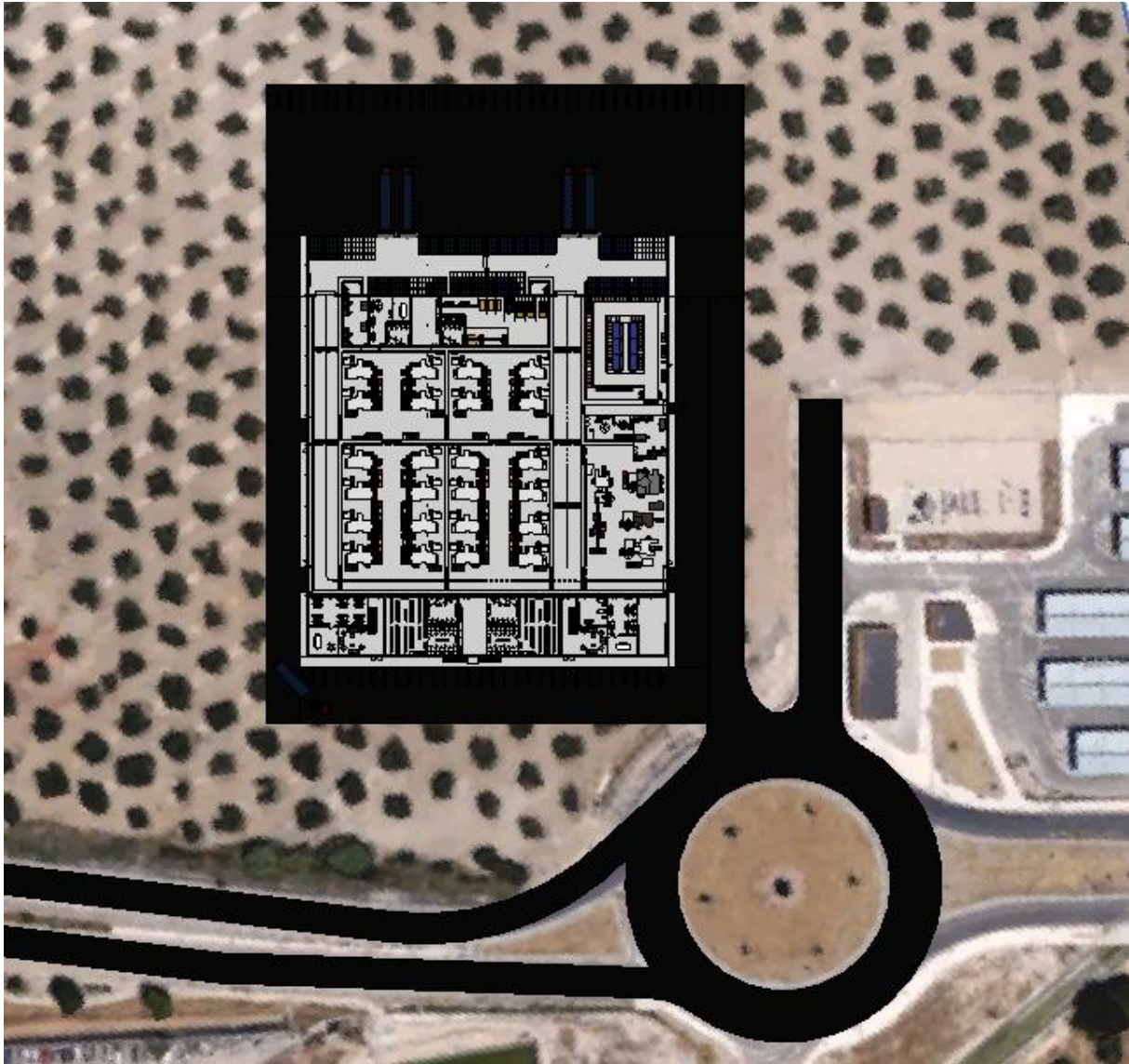
La escalera al igual que las escaleras interiores se ha insertado mediante la familia de Revit de escalera ensamblada de acero y vidrio, que tiene se diferencia de las interiores en el descansillo superior de acceso al edificio (véase ilustración 52).



**Ilustración 52 Escalera exterior Fuente: Elaboración propia**

Para la acera y asfalto se ha utilizado como anteriormente se ha descrito la operación suelo, con las características de materiales y acabados del asfalto y acera.

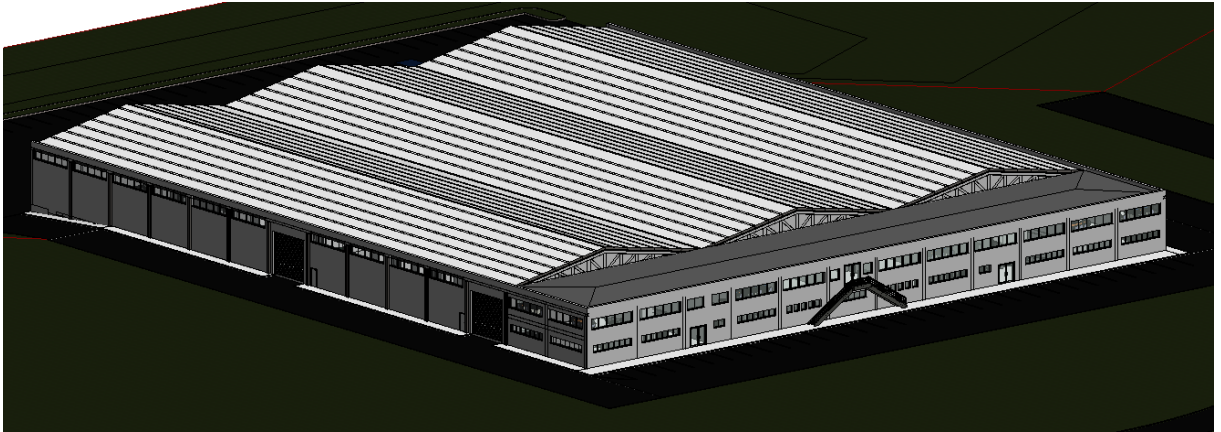
Para crear un ambiente más real a la nave se ha insertado una imagen a escala del lugar del emplazamiento de la nave, creado así la situación acceso y salida a la nave. El único inconveniente de esta imagen es la visualización solamente en el nivel que se desee, en este caso el 1 ya que en la visualización 3D Revit no permite la visualización de esta imagen ráster (véase ilustración 53).



**Ilustración 53 Colocación de nave en su lugar de emplazamiento Fuente: Elaboración propia**

Por último, se le va a insertar la superficie topográfica para recrear un poco más hacia el aspecto real final.

Para recrear esta superficie topográfica se ha realizado con la operación de Revit de la pestaña “masa y emplazamiento” la opción de superficie topográfica. Esta opción te permite elevar o descender mediante puntos las líneas de cota de la superficie que se necesite. El resultado final puede visualizarse en la ilustración 54.



**Ilustración 54** Resultado final exterior de la fábrica Fuente: Elaboración propia

Una vez creada la superficie topográfica se realiza la opción de “plataforma de construcción” para representar y eliminar el movimiento de tierras necesario para construir la cimentación de la nave.

#### **5.2.7. Rendenizado del modelo**

Para obtener un buen acabado o renderizado del modelo como último paso a modo de presentación hacia el cliente se ha optado por la solución de renderizar el modelo en el software Lumion. Este software se utiliza para obtener un modelo con un acabado lo más próximo a la realidad posible, es decir, Lumion es un programa que sirve para modelar, texturizar y representar escenarios a través de imágenes fijas o animaciones incluso como medio de paseo en tiempo real, donde no solo te permite cargar fotografías del proyecto si no que permite hacer grabaciones generales donde visualizar todo el modelo en 3D en primera persona.

Esto es posible gracias a una extensión de Revit donde te permite exportar el modelo a un archivo compatible con el software Lumion donde poder trabajar.

Una vez abierto el archivo Lumion te permite insertar diferentes elementos para darle realismo al modelo ya sean elementos de naturaleza, meteorológicos, personas, vehículos, mobiliario, agua en piscinas o estanques, luminarias etc dependiendo del escenario que se quiera recrear. El objetivo de este renderizado en este proyecto es la inserción de materiales o algunos elementos extras para obtener el acabado realista que el cliente desearía visualizar, es

decir la presentación 3D final que le queremos dar de la distribución en planta. El resultado obtenido se muestra en la figura 55, 56 y 57.



Ilustración 55 Nave exterior obtenida en Lumion Fuente: Elaboración propia

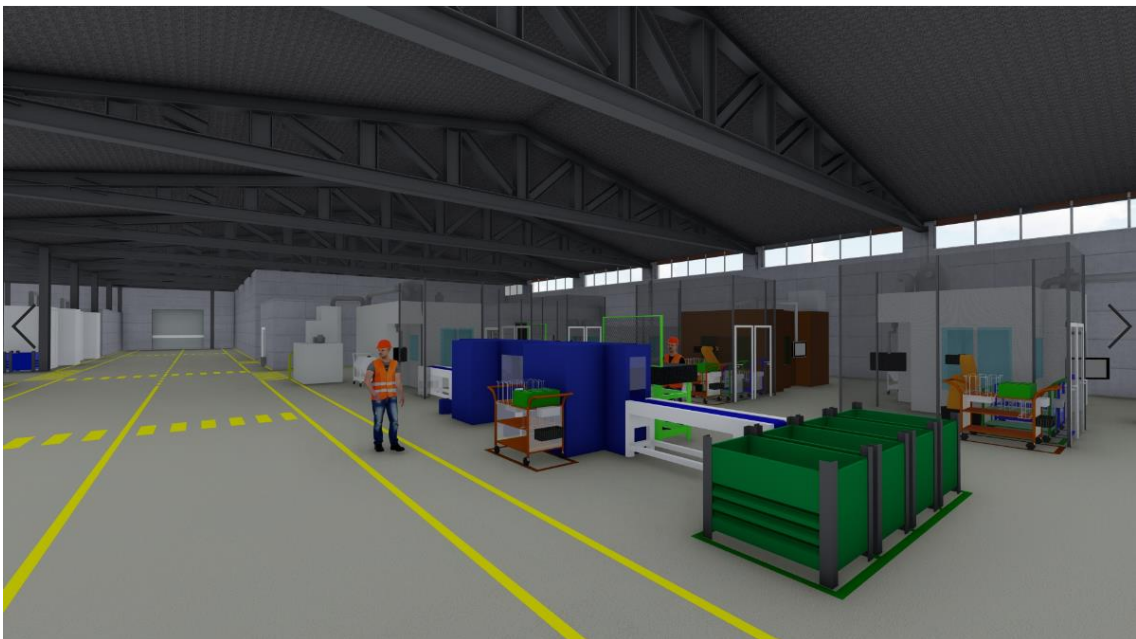


Ilustración 56 Nave interior línea bielaz obtenida en Lumion Fuente: Elaboración propia



Ilustración 57 Nave interior línea culatas obtenida en Lumion Fuente: Elaboración propia

## 6. DIAGRAMAS DE FLUJOS

La realización del diagrama de flujo o de circulación implica dibujar o marcar en un plano los departamentos, áreas o lugares de trabajo, e indicar el transporte de los materiales, piezas, u ordenes de trabajo. La base es hacer una recreación visual de las actividades, instalaciones y elementos más importantes indicando la circulación o movimientos de los mismos.

Para realizar el diagrama de flujo, partimos de nuestro gráfico que previamente se ha creado en Revit y la lista de operaciones recogida en la captación de datos, ordenando las operaciones en la secuencia en que se realizan.

### 6.1. Línea de bloque motor



Ilustración 58 Render línea bloque motor Fuente: Elaboración propia

La disposición de las líneas de bloque motor se ha realizado en forma de U al igual que la utilizada en la línea de bielas por ergonomía de la zona destinada al proceso. El proceso es muy similar al que se describirá en las líneas de culatas, salvo que en ese caso la disposición es en línea por la ergonomía que presenta la culata frente a los pesados bloques donde resulta más difícil el proceso de recorrido con el polipasto del bloque para los operarios.

El diagrama de flujos será representado mediante una imagen render en vista de planta (véase ilustración 59) en la que:

- Los números representan la operación a seguir en esa zona.
- Las líneas amarillas representan toda la operación seguida que recorre el proceso de fabricación del bloque motor.
- Las líneas verdes representan los movimientos comunes de proceso para muestrear las piezas y devolverlas a la línea de proceso o pasarlas a la ubicación de chatarra (líneas rojas) o defectuosa (líneas naranjas) según proceda.

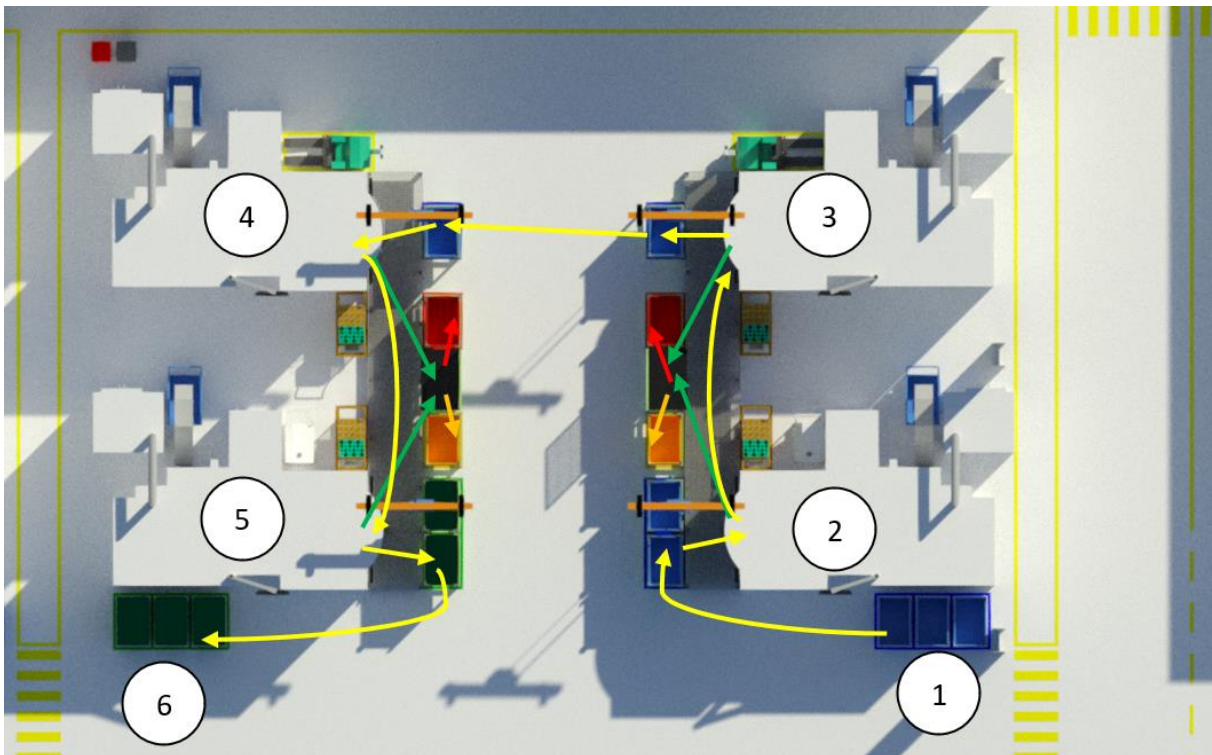


Ilustración 59 Diagrama de flujo línea bloque motor Fuente: Elaboración propia

El proceso de fabricación de bloques comienza cuando los operarios de logística traen con la transpaleta el contenedor de bielas en bruto a la ubicación inicial (1). Ahí comienza la operación 1 en la que un operario traslada el contenedor de los bloques de motor a la plataforma de trabajo, para luego recoger el bloque con el polipasto e introducirlo en la máquina de desbaste (2). La operación 2 consiste en el primer desbaste del bloque y taladro de algunos orificios. Una vez acabada esta operación se vuelve a coger el bloque con el polipasto y se introduce en la máquina (3) realizando la misma operación solo que por la cara opuesta. Antes de pasar a la máquina 3 se realiza un paso previo si la máquina ha detectado algún defecto o si es una pieza de muestreo, pasando por la mesa del SPC, en el que se identificara si la pieza esta correcta (sigue a la siguiente operación), tiene defecto correctivo (pasa a la ubicación de defectivo) o en

el peor de los casos es desecho (pasa a la ubicación de chatarra). Este paso se realizará siempre que termine el proceso de cualquiera de las maquinas 2, 3, 4 o 5 siguiendo el esquema del diagrama de flujos. Una vez finalizada la operación 3 se extrae de la maquina con el polipasto y se deja en el contenedor para pasar posteriormente los bloques a la maquina (4). El paso hacia la maquina 4 se realizará mediante el uso de la transpaleta, (este es la única diferencia de los pasos respecto a las líneas de culatas, ya que debido al gran peso del bloque se ha preferido por seguridad y esfuerzo de empuje del operario realizar este paso de esta forma). La operación 4 consiste en nuevamente coger la pieza del contenedor e introducirla en la maquina 4 para su proceso de afinado o acabado. Una vez terminado ese paso pasara a la última maquina (5) que se encargara de realizar la misma operación de acabado solo que por la cara opuesta. Por último, se extraerá el bloque de la maquina 5 tras finalizar su trabajo y se descargará en el contenedor de salida, para posteriormente con el uso de la transpaleta dejar el contenedor en la ubicación (6) y que logista se encargue de llevarlo al almacén de salida de piezas.

## 6.2. Línea de culatas

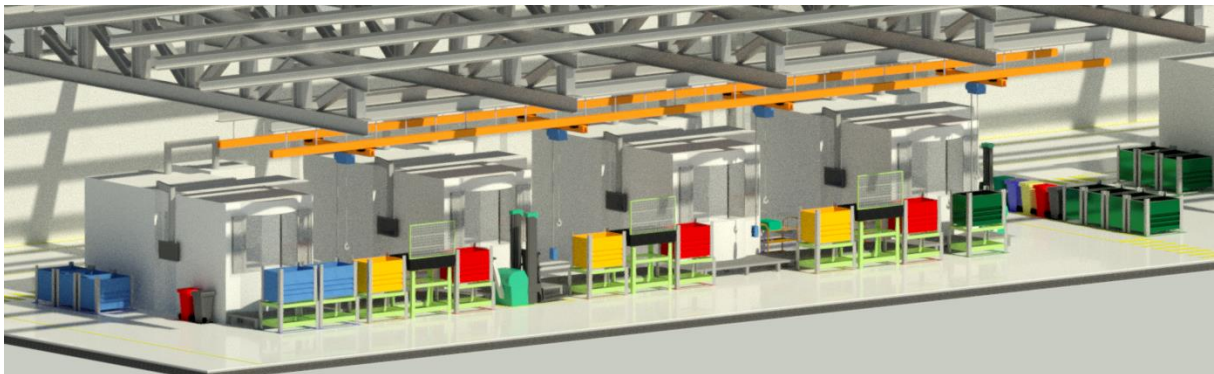


Ilustración 60 Render Línea culatas Fuente: Elaboración propia

La disposición de las líneas de culatas se ha realizado en línea por ergonomía de la zona destinada al proceso y la facilidad de traslado de las culatas mediante el polipasto o grúas pórtico. El proceso es muy similar al que se describirá en las líneas de bloques, salvo que en ese caso la disposición en línea por la ergonomía que presenta la culata frente a los pesados bloques donde resulta más difícil el proceso de recorrido con el polipasto del bloque para los operarios.

El diagrama de flujos será representado mediante una imagen render en vista de planta (véase ilustración 61) en la que:

- Los números representan la operación a seguir en esa zona.

- Las líneas amarillas representan toda la operación seguida que recorre el proceso de fabricación del bloque motor.
- Las líneas verdes representan los movimientos comunes de proceso para muestrear las piezas y devolverlas a la línea de proceso o pasarlas a la ubicación de chatarra (líneas rojas) o defectuosa (líneas naranjas) según proceda.

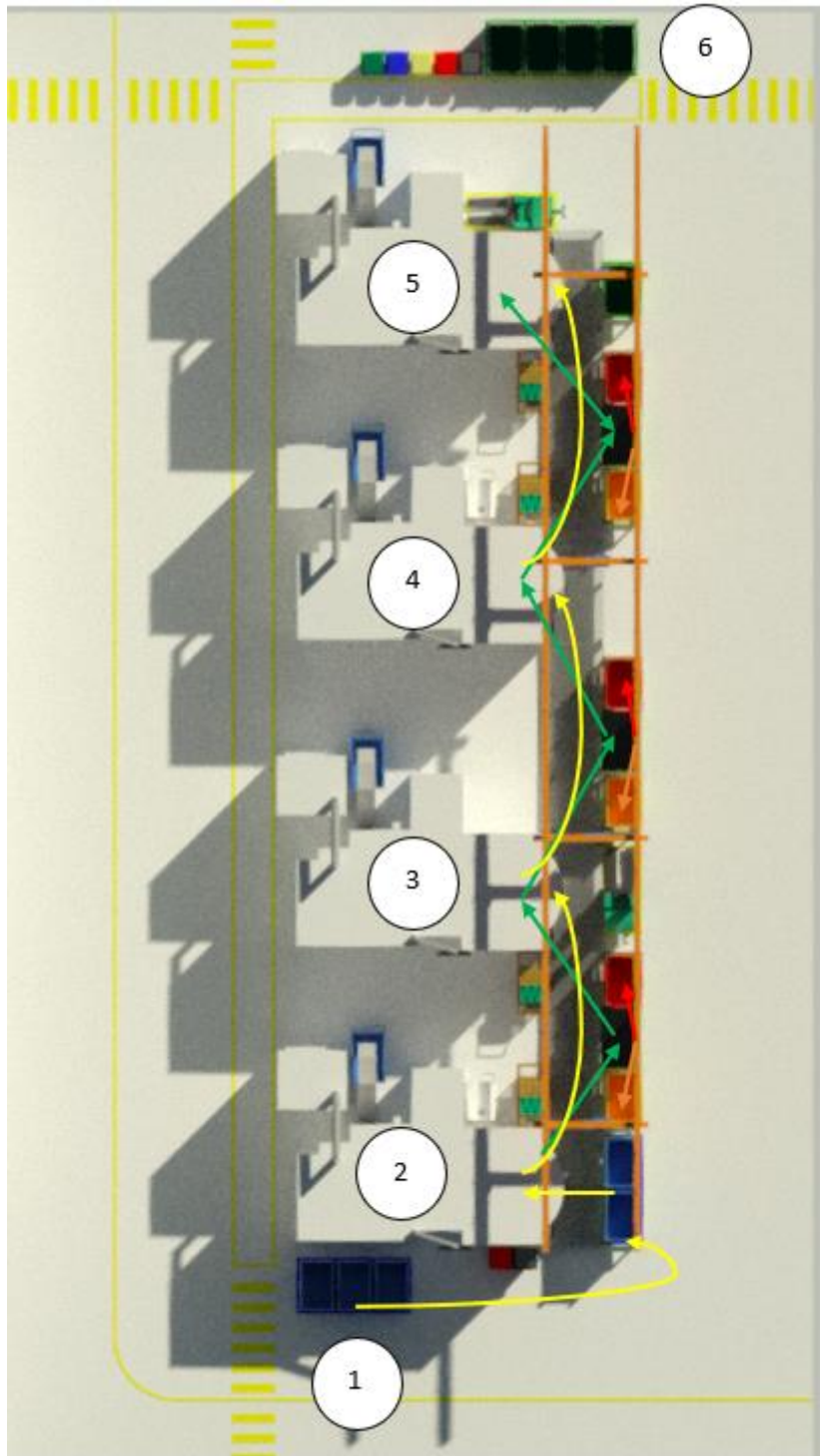


Ilustración 61 Diagrama de flujo Línea culatas Fuente: Elaboración propia

### 6.3. Línea de bielas

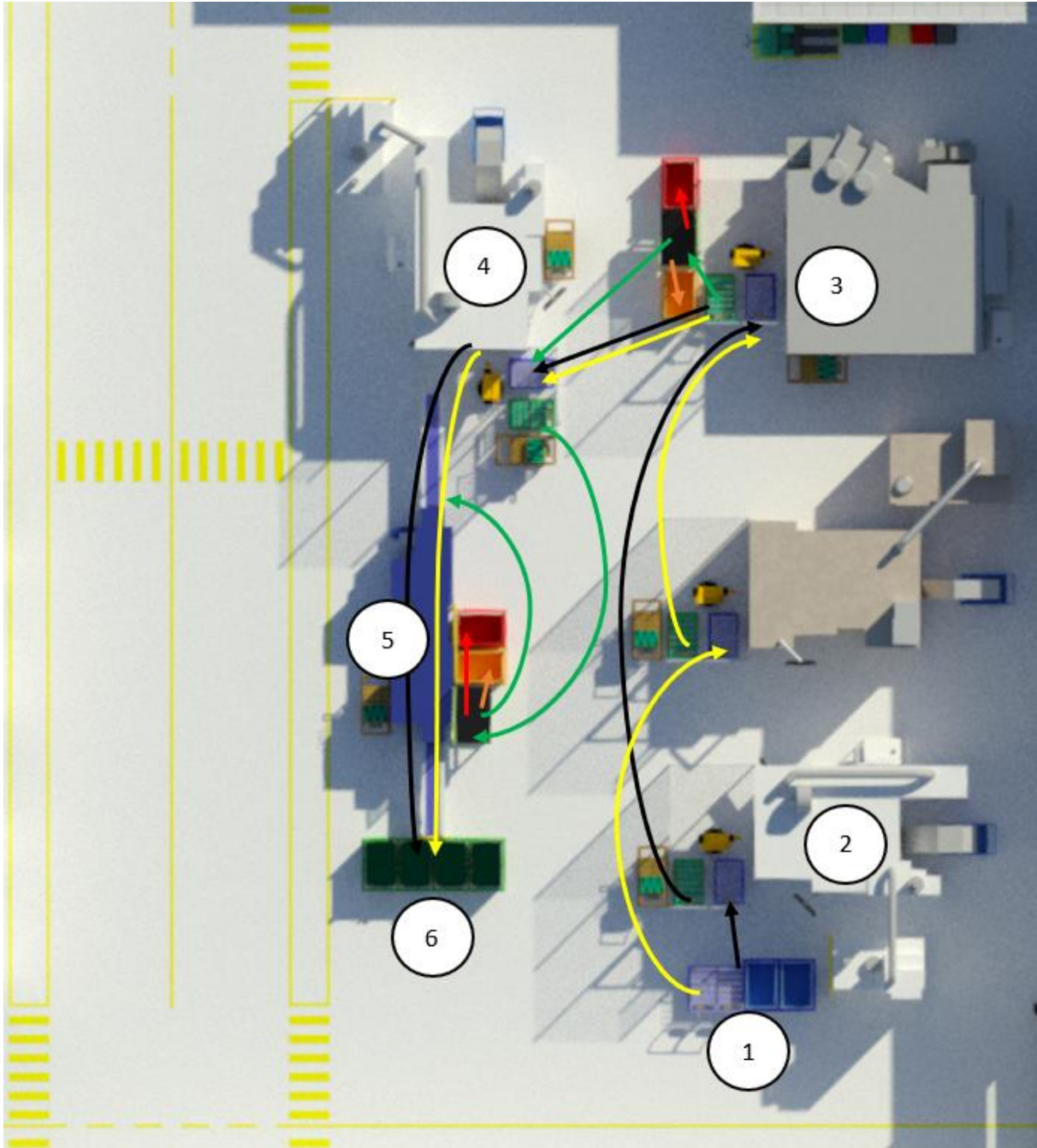


Ilustración 62 Render Línea de Bielas Fuente: Elaboración propia

La disposición de la línea de bielas se ha realizado en forma de U por ergonomía del proceso, facilidad para una posible automatización completa posterior mediante líneas transportadoras que implique tener el mínimo de operarios en la zona y por petición del cliente hacia un mejor marketing ya que esta disposición permite ver la entrada y salida de la pieza de manera muy visual durante todo el proceso quedando prácticamente la pieza finalizada al lado del comienzo de la operación de la pieza inicial en bruto.

El diagrama de flujos será representado mediante una imagen render en vista de planta (véase ilustración 63) en la que:

- Los números representan la operación a seguir en esa zona.
- Las líneas negras y amarillas representan toda la operación seguida que recorre el proceso de fabricación de las bielas. Se han diferenciado en 2 líneas por el tipo de biela a fabricar ya que se realizan como hemos comentado anteriormente 2 tipos de biela en esta fábrica.
- Las líneas verdes representan los movimientos comunes de proceso para muestrear las piezas y devolverlas a la línea de proceso o pasarlas a la ubicación de chatarra (líneas rojas) o defectuosa (líneas naranjas) según proceda.



**Ilustración 63 Diagrama de flujo de operaciones Línea de bielas Fuente: Elaboración propia**

El proceso de fabricación de las bielas comienza cuando los operarios de logística traen con la transpaleta el contenedor de bielas en bruto a la ubicación inicial. Ahí comienza la operación 1 en la que un operario traslada las bielas al carro en una posición favorable para que el brazo robot pueda cogerlas sin ningún tipo de problema y traslada el carro hasta la ubicación de la operación 2 donde abrirá la jaula de seguridad e introducirá el carro de bielas. La operación 2 la realiza la máquina de desbaste de biela, en la que también se realiza el taladro y asentado de tornillos. El comienzo de esta operación la realiza el brazo robot que extrae la pieza

del carro de entrada, la introduce en la maquina y una vez acabadas sus operaciones la vuelve a introducir en el carro, pero esta vez en el de salida. En ese momento se vuelve a abrir la jaula se introduce un nuevo carro de bielas y se extrae el de bielas acabadas ya que cuando se abre la jaula la maquina automáticamente se pausa por seguridad. El carro de bielas acabadas pasa a la operación 3 y se lleva hasta la máquina de Crack. En el Crack la operación se realiza igual que la operación anterior, se coloca el carro de bielas en la ubicación de entrada y ahí nuevamente recoge el Robot la biela introduciéndola en el Crack. Esta máquina las operaciones que realiza son: corte laser de la pieza, partir, y apriete de tornillos volviendo a unir las dos piezas cortadas. Una vez finalizado este paso las piezas las extrae el robot y las coloca en el carro de salida (Nota: el robot las piezas que detecta fallo o son para muestra las coloca en el carro en una zona dedicada para ese tratamiento). A continuación, un operario vuelve a abrir la jaula e introduce el nuevo carro de entrada y saca el de salida, llevando ahora el carro hasta la operación 4 donde se encuentra la máquina de afino y cogiendo previamente las bielas defectuosas y de muestra para analizar en el SPC. En el SPC se revisan las piezas detectadas por el robot y se depositan en el contenedor de chatarra o defectuosas (pueden ser reparadas) según sea su defecto. También se realiza un control de metrología en algunas muestras como control de calidad de la pieza. Estas operaciones se realizarán igualmente después de pasar por la operación 4 el proceso de afino. Las piezas de muestra buenas, volverán al proceso en el siguiente carro de que acabe en la operación 3 o 4 dependiendo de donde se hayan extraído, es por eso que se separan en mesas diferentes como sistema “Poka yoke” (sistema para evitar errores inadvertidos humanos) para que al volver al proceso estas no se confundan a la máquina que hay que devolverlas. En la operación 4 de la misma manera el robot recoge la pieza del carro de entrada y la introduce en la máquina para dar el afinado final de la pieza. Cuando esta finaliza su operación el robot saca la biela de la maquina y la deposita o en la cinta transportadora para que vaya automáticamente hasta la operación 5 o en el carro de salida para las piezas de muestreo o defectuosas. La operación 5 es el lavado de piezas y secado, en el cual mediante una cinta trasportadora van llegando hasta un operario que las va colocando en el contenedor de salida final (operación 6), para que el operario de logística se lo lleve hasta el almacén de salida de material. El resultado final de la línea puede apreciarse en la figura 64.

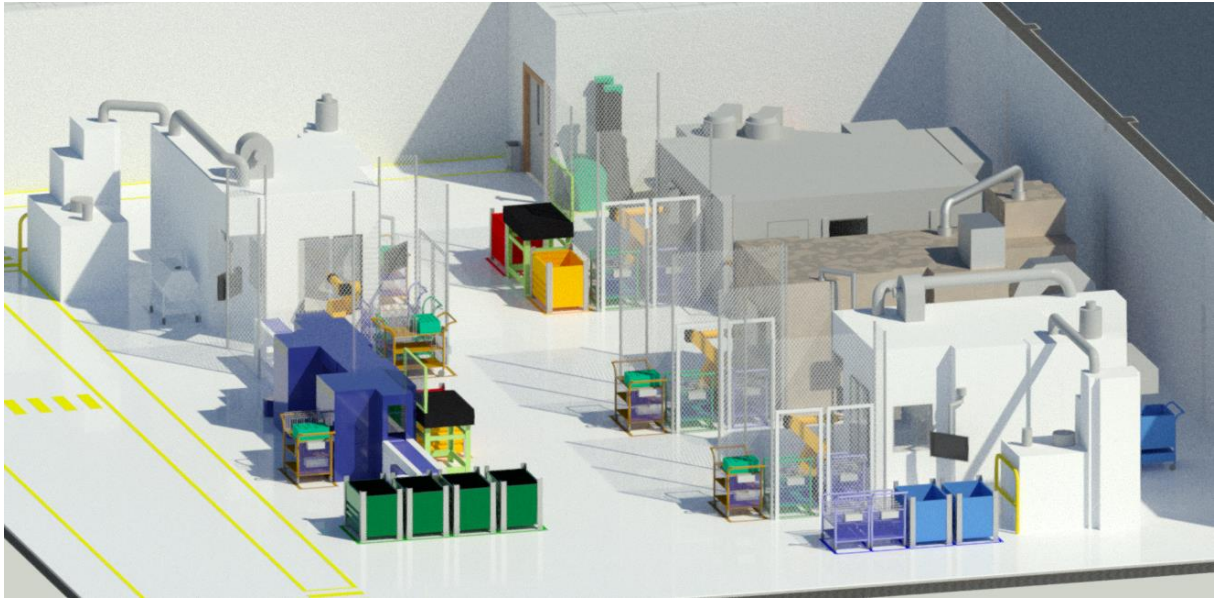


Ilustración 64 Render 2 Línea de bielas Fuente: Elaboración propia

#### **6.4. Portabilidad de maquinas**

La fábrica está diseñada para ser lo más portable posible pudiendo, realizar mantenimiento u obras sin proceder a parar las líneas al completo y pudiendo sustituir maquinas o líneas completas de trabajo por nuevas con el menor gasto económico posible. Esto es gracias a la ergonomía de trabajo que se ha dado, es decir pasillos amplios que no solo permiten un buen acceso seguro para recorridos de maquinaria pesada, o transporte de pallets pesados, si no que permite realizar la sustitución de cualquier maquina permitiendo la entrada de estas máquinas lo más completas posibles y en el menor tiempo posible. El inconveniente de esto es que se pierde espacio útil de trabajo, no obstante, en una fábrica de esta envergadura prevalece la seguridad y salud del trabajador, así como su facilidad en el trabajo.

## 7. CONCLUSIÓN

En el presente proyecto se ha cumplido con el objetivo de desarrollar el layout de una planta industrial de motores usando la tecnología BIM, quedando como resultado completamente definido la distribución en planta y visualización de esta, de manera que el estudio de procesos y líneas de trabajo haya quedado lo más eficiente posible, portable y modificable, es decir este estudio hoy puede ser puntero y de lo más sofisticado posible, pero en un futuro con nuevas competencias y nuevos avances tecnológicos quede obsoleto y necesite una modificación o rediseño. Esta es la base de la filosofía de lean, la mejora continua.

La aplicación del estudio de layout usando la tecnología BIM se ha visto como solución práctica a un problema dado basándose en el aprovechamiento tecnológico, es decir el sistema de layout y los diagramas de flujos antiguamente se realizaban insitu, con otro tipo de recursos pero con resultados similares, un claro ejemplo fue el desarrollo de un restaurante de comida rápida en el que su estrategia de negocio para mejorar sus flujos a la hora de preparar la comida los más rápida posible sin que al mismo tiempo, en un espacio reducido irrumpieran entre si los empleados fue pintar en el suelo con dimensiones reales la disposición de cada puesto de trabajo con su correspondiente maquina y simular los movimientos que se realizarían, borrando y situando cada vez que se intentaba una nueva disposición. Esto es lo que hoy en día es posible ver a través la metodología BIM creando la maquinaria, visualizando los posibles movimientos de trabajo, mantenimiento de maquina u obras para estudiar la viabilidad de la distribución.

Uno de los inconvenientes de Revit que se ha dado en este proyecto, es la poca interoperabilidad con otros programas CAD, ya que se debería estandarizar un tipo de archivo que fuese importable de unos a otros softwares, para así completar las carencias de estos programas y ahorrar tiempo de trabajo. Por ejemplo, la creación de las familias de Revit es bastante más compleja de realizar y tiene menor herramientas para desarrollar la construcción de ciertos elementos específicos, si esta unificación existiera, se podría realizar el elemento en otro software y luego insertarlo como familia en Revit o viceversa. Esto sería también de bastante utilidad para mejorar el nivel de detalle en Revit, y no respecto al LOD si no al gráfico, aunque en este proyecto se ha intentado tener buen acabado de detalle, se podría mejorar, pero

supondría un costo de tiempo y de nivel computacional, que el cliente debe asumir, y que posiblemente no esté dispuesto a hacerlo al no ser el objetivo principal del proyecto.

El cliente donde posiblemente si estaría dispuesto a asumir el coste, incluso puede llegar a requerirlo como suplemento al estudio realizado, es el modelado de la instalaciones eléctricas y electrónicas, de PCI (Protección contra incendios) o de climatización, así como el cálculo estructural de la nave para construcción, por lo que este proyecto resultaría de base para poder realizar todo ese tipo de estudios o ampliaciones de información.

Otro tema para añadir es la capacidad que tiene este programa para poder trabajar con el sistema colaborativo ya que debido a la situación actual de la pandemia mundial por el Covid-19/20 ha sido necesario adaptarse las empresas al uso del llamado teletrabajo. El teletrabajo o trabajo a distancia, como bien su nombre indica, es el trabajo se realiza en un lugar alejado de las oficinas centrales, de las instalaciones de producción o del cliente que lo contrata, mediante la utilización de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación. Es por esto que trabajo colaborativo que nos permite Revit es una herramienta indispensable para trabajar en un proyecto ante una situación como esta. El funcionamiento de este sistema colaborativo en el que se realiza el intercambio de datos y el desarrollo del proyecto se debe gestionarse a través de un CDE o entorno de datos común, es decir, un espacio digital común abierto al que deben poder acceder todos los miembros de los equipos de trabajo que formen parte del proyecto para compartir información. Teniendo en cuenta las bases de los modelos de aprobación y/o autorización, tramitación documental y control de revisiones.

## 8. BIBLIOGRAFIA

- Álvarez López, Carlos Marco Gutiérrez, José Luis; González Castillo, José Antonio; (1995) Ingeniería del diseño: Una aproximación a la distribución en planta Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Proyectos y Planificación Rural, ed.
- Richard Muther (1970) Distribución en planta 2ª Edición Editorial: Hispano Europea Barcelona (España)
- James M. Apple (19 Julio 1978) Plant layout and Material Handling 3ª Edición Editorial :John Wiley & Sons Inc
- Building Smart ¿Qué es BIM? Sitio web <https://www.buildingsmart.es/bim/>
- Autodesk ¿Cuál es la diferencia entre Revit y AutoCAD Sitio web: <https://www.autodesk.mx/solutions/revit-vs-autocad>
- Mireia More, 11/03/015 ¿Qué es Lean Manufacturing o producción ajustada? Sitio web: <https://www.iebschool.com/blog/que-es-lean-manufacturing-negocios-internacionales/>
- Plan Nacional de C.T.M. MTC-79 Recomendaciones de diseño de viario y aparcamiento Sitio web: [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/24548/mod\\_resource/content/1/Recomendaciones%20dise%C3%B1o%20de%20viario%20y%20aparcamiento.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/24548/mod_resource/content/1/Recomendaciones%20dise%C3%B1o%20de%20viario%20y%20aparcamiento.pdf)
- NTP 1076 Muelles carga y descarga (2016) Sitio web: <https://www.insst.es/documents/94886/329011/ntp-1076.pdf/6ca6457c-3514-4062-8386-0db9ccfda950>
- Boletín Oficial de la Junta de Andalucía 24 febrero 2016 Número 37 Sitio web: <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2016/37/index.html>
- Referencias catastrales Parcela de Jaén Sitio web: <https://www1.sedecatastro.gob.es/Cartografia/mapa.aspx?buscar=S>
- Plan general de ordenación urbanística 2016 Excmo. Ayuntamiento de Jaén Sitio web: [http://varios.aytojaen.es/pgou\\_2016/](http://varios.aytojaen.es/pgou_2016/)

## **9. PLANOS**

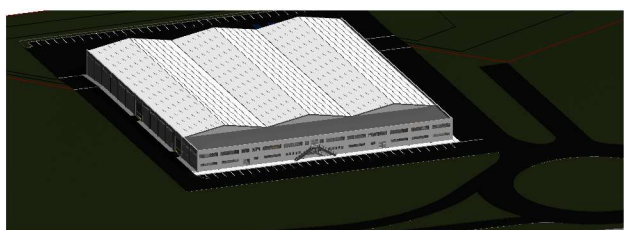
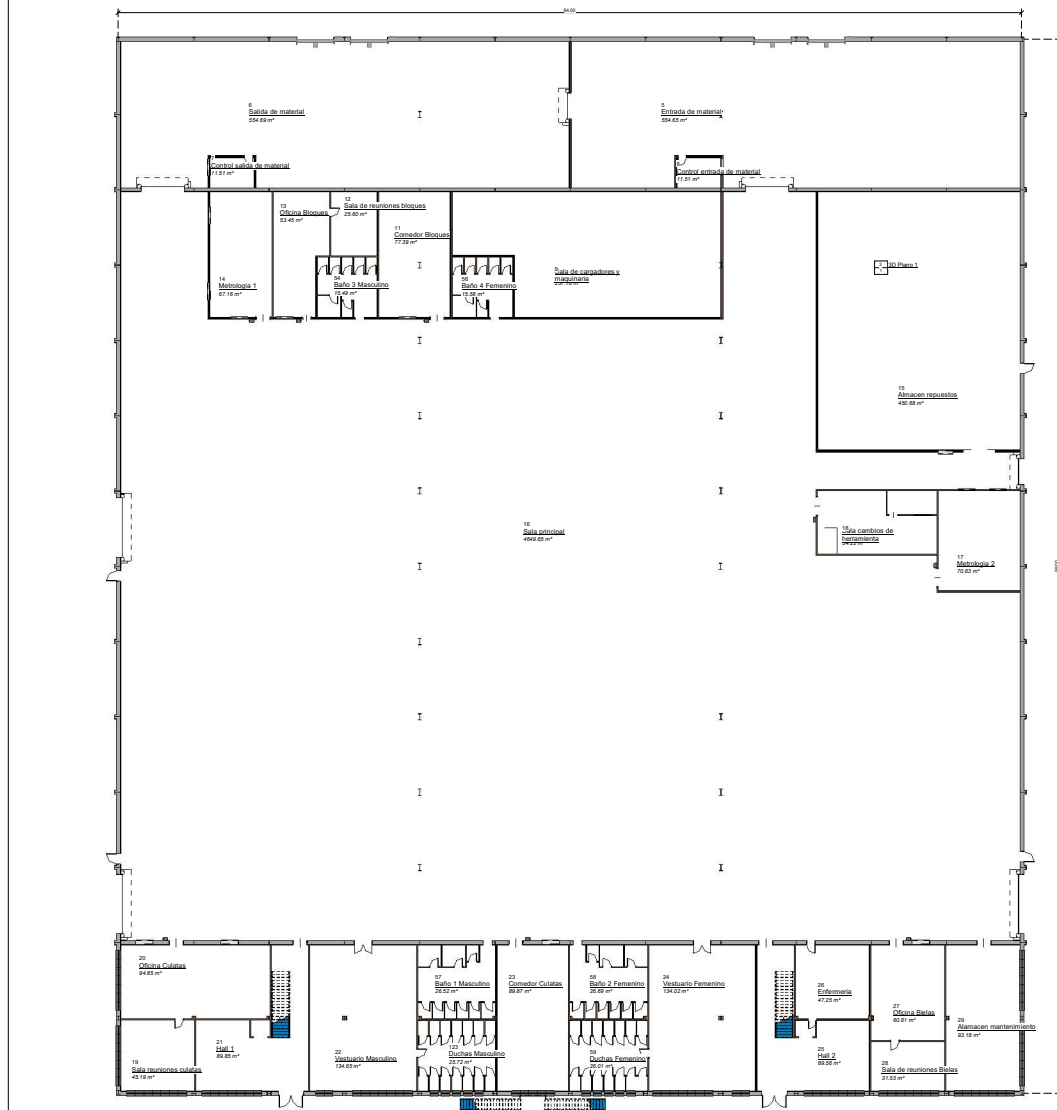
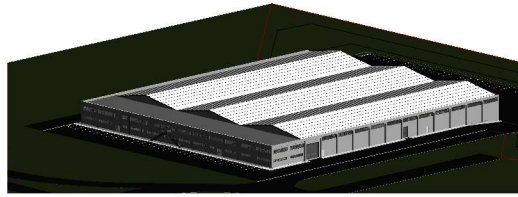
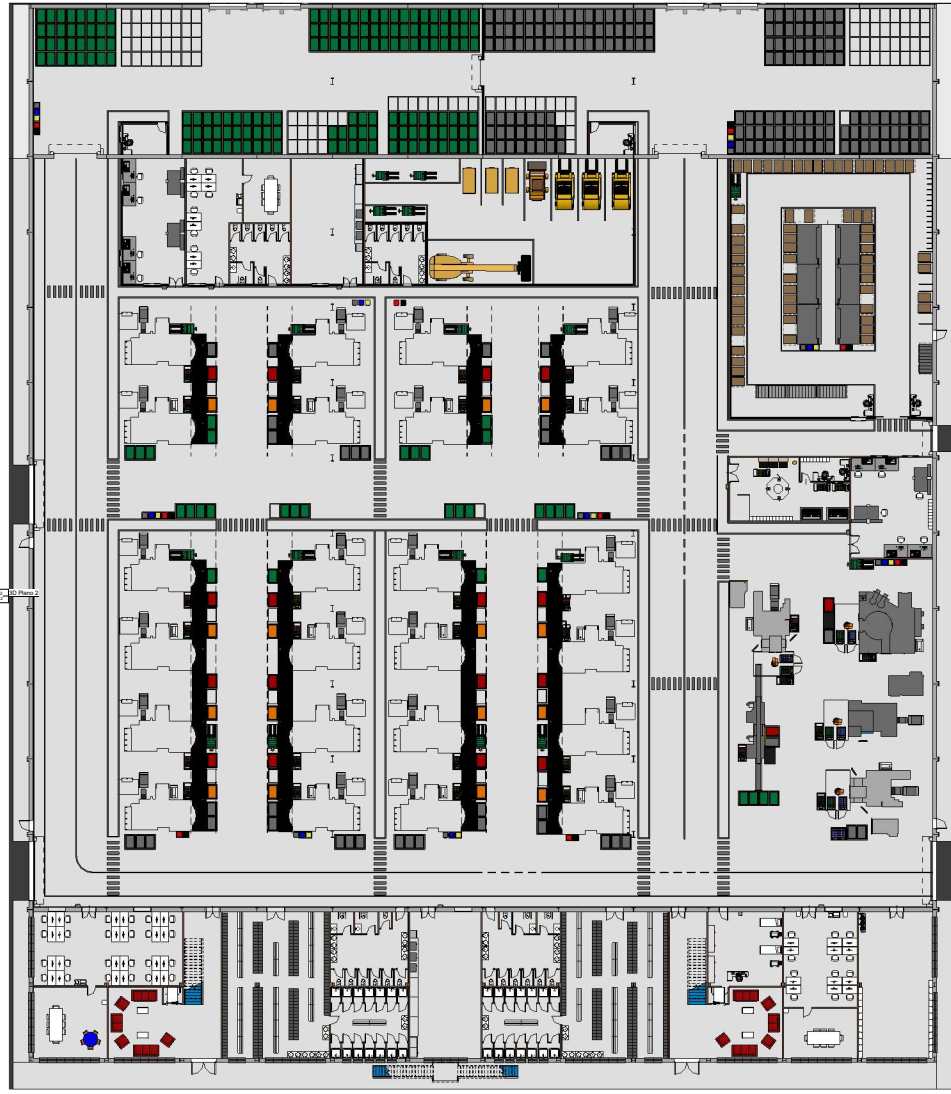


Tabla de planificación de habitaciones

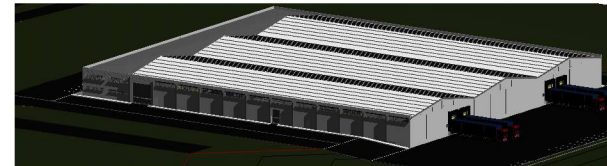
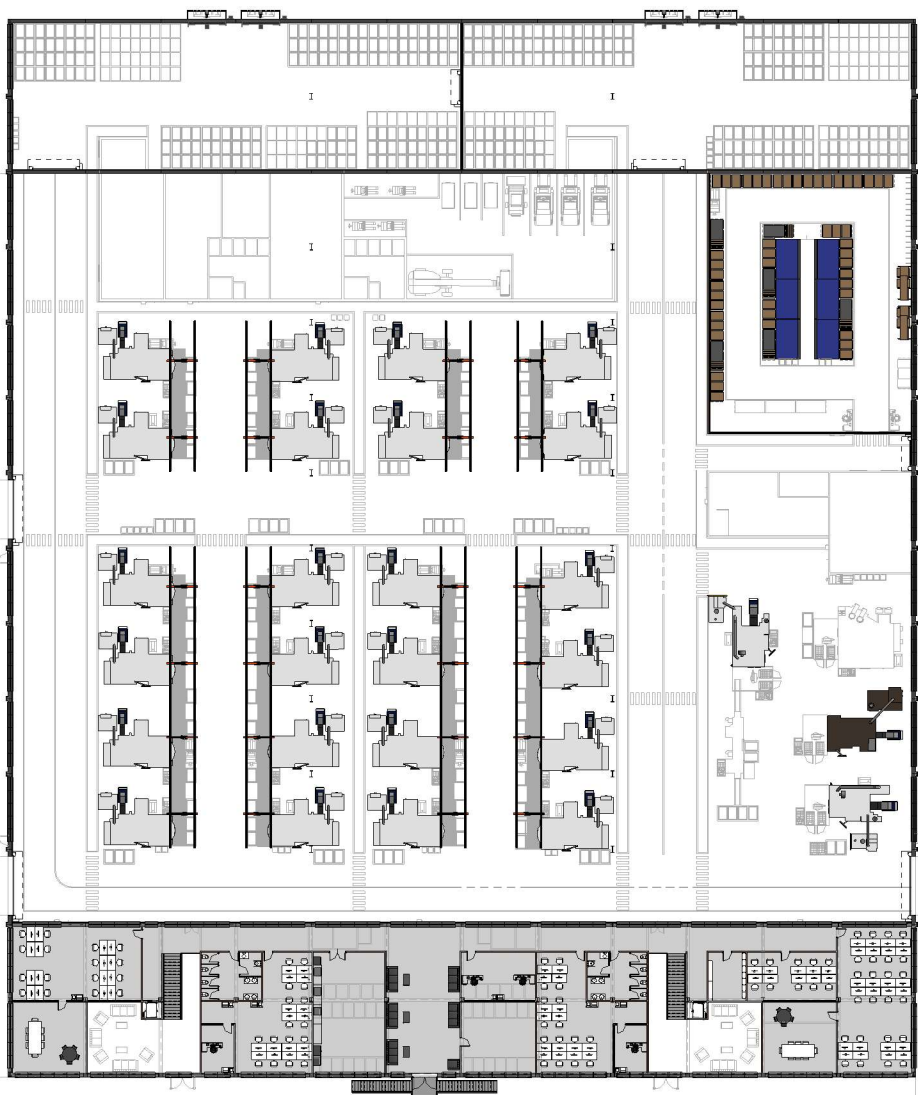
Nombre	Área	Perímetro	Volumen
Entrada de material	524.65 m²	1126.71	16026.47 m³
Salida de material	524.65 m²	1126.71	15227.27 m³
Control salida de material	11.51 m²	13.80	34.52 m³
Control entrada de material	11.51 m²	13.80	34.52 m³
Sala de cargadores y manipuladores	257.76 m²	73.26	754.06 m³
Comedor Bloques	77.39 m²	36.60	232.16 m³
Sala de reuniones bloques	25.60 m²	20.51	76.79 m³
Oficina Bloques	53.45 m²	33.76	160.36 m³
Mensajero 1	57.76 m²	34.58	201.42 m³
Almacén ropuestos	450.58 m²	85.57	1313.25 m³
Sala principal	4462.65 m²	388.16	13369.43 m³
Mensajero 2	70.25 m²	33.76	211.93 m³
Sala cambios de ropa	54.22 m²	41.01	162.65 m³
Sala reuniones cubetas	45.19 m²	26.90	112.56 m³
Oficina Cubetas	84.85 m²	42.01	237.12 m³
Hall 1	89.85 m²	51.40	262.54 m³
Vestuario Masculino	134.65 m²	47.03	336.62 m³
Comedor Cubetas	89.87 m²	46.42	224.67 m³
Vestuario Femenino	134.52 m²	46.94	335.76 m³
Hall 2	89.56 m²	51.33	268.67 m³
Edificio	47.25 m²	27.52	116.32 m³
Oficina Biotas	60.61 m²	31.99	151.62 m³
Sala de reuniones Biotas	31.53 m²	22.91	78.83 m³
Almacén mantenimiento	53.18 m²	41.49	279.90 m³
Baño 3 Masculino	15.49 m²	19.06	37.76 m³
Hall 3 edificio 3	No construido	No construido	No construido
Baño 4 femenino	15.58 m²	19.11	37.90 m³
Baño 1 Masculino	26.52 m²	34.08	64.66 m³
Baño 2 Femenino	24.68 m²	25.07	65.07 m³
Duchas Femenino	26.01 m²	21.68	63.43 m³
Duchas Masculino	25.72 m²	21.65	62.71 m³
Nivel 1, 31	7885.45 m²	1549.93	22508.90 m³
Total general: 31	7885.45 m²	1549.93	22508.90 m³

**Universidad de Jaén**

AUTOR <b>Juan Francisco Martín Castillo</b>		FIRMA
APROBADO <b>Francisco Javier Gallego Álvarez</b>		FIRMA
NOMBRE DE PLANO <b>Vista General Áreas Planta Baja</b>	FECHA <b>07/11/20</b>	
TÍTULO PROYECTO <b>ESTUDIO DE LAYOUT Y MODELADO MEDIANTE BIM DE UNA PLANTA INDUSTRIAL</b>		
NÚMERO DE PLANO <b>1</b>	ESCALA <b>1 : 150</b>	



<b>Universidad de Jaén</b>	
AUTOR <b>Juan Francisco Martín Castillo</b>	FIRMA
APROBADO <b>Francisco Javier Gallego Álvarez</b>	FIRMA
NOMBRE DE PLANO <b>Vista General Planta Baja</b>	FECHA <b>07/11/20</b>
TÍTULO PROYECTO <b>ESTUDIO DE LAYOUT Y MODELADO MEDIANTE BIM DE UNA PLANTA INDUSTRIAL</b>	
NÚMERO DE PLANO <b>2</b>	ESCALA <b>1 : 150</b>



Plano 2

Tabla de planificación de habitaciones 2			
Nombre	Área	Perímetro	Volumen
Hall y pasillos 3	403.60 m <sup>2</sup>	254.42	1019.68 m <sup>3</sup>
Comedor Oficinas	72.96 m <sup>2</sup>	25.60	186.36 m <sup>3</sup>
Dirección	30.59 m <sup>2</sup>	22.66	79.06 m <sup>3</sup>
Sala de juntas	45.29 m <sup>2</sup>	26.93	114.86 m <sup>3</sup>
Despacho	13.45 m <sup>2</sup>	14.96	33.62 m <sup>3</sup>
Administración	14.34 m <sup>2</sup>	43.47	190.18 m <sup>3</sup>
Producción	13.48 m <sup>2</sup>	14.97	33.70 m <sup>3</sup>
Despacho Producción	45.19 m <sup>2</sup>	26.90	112.95 m <sup>3</sup>
Sala de reuniones Calidad	82.05 m <sup>2</sup>	38.19	208.58 m <sup>3</sup>
Sala de material de oficina	15.71 m <sup>2</sup>	15.97	40.58 m <sup>3</sup>
Seguridad	58.80 m <sup>2</sup>	25.43	90.06 m <sup>3</sup>
Sala de reuniones Compras y logística	45.24 m <sup>2</sup>	26.91	114.74 m <sup>3</sup>
Compras y logística	93.19 m <sup>2</sup>	41.44	232.69 m <sup>3</sup>
Administración y Recursos Humanos	74.36 m <sup>2</sup>	43.47	190.13 m <sup>3</sup>
Baño 5 Masculino	12.75 m <sup>2</sup>	16.76	33.11 m <sup>3</sup>
Baño 6 Femenino	12.77 m <sup>2</sup>	16.78	33.15 m <sup>3</sup>
Nivel 2: 16	1072.76 m <sup>2</sup>	654.89	2713.19 m <sup>3</sup>
Total general: 16	1072.76 m <sup>2</sup>	654.89	2713.19 m <sup>3</sup>

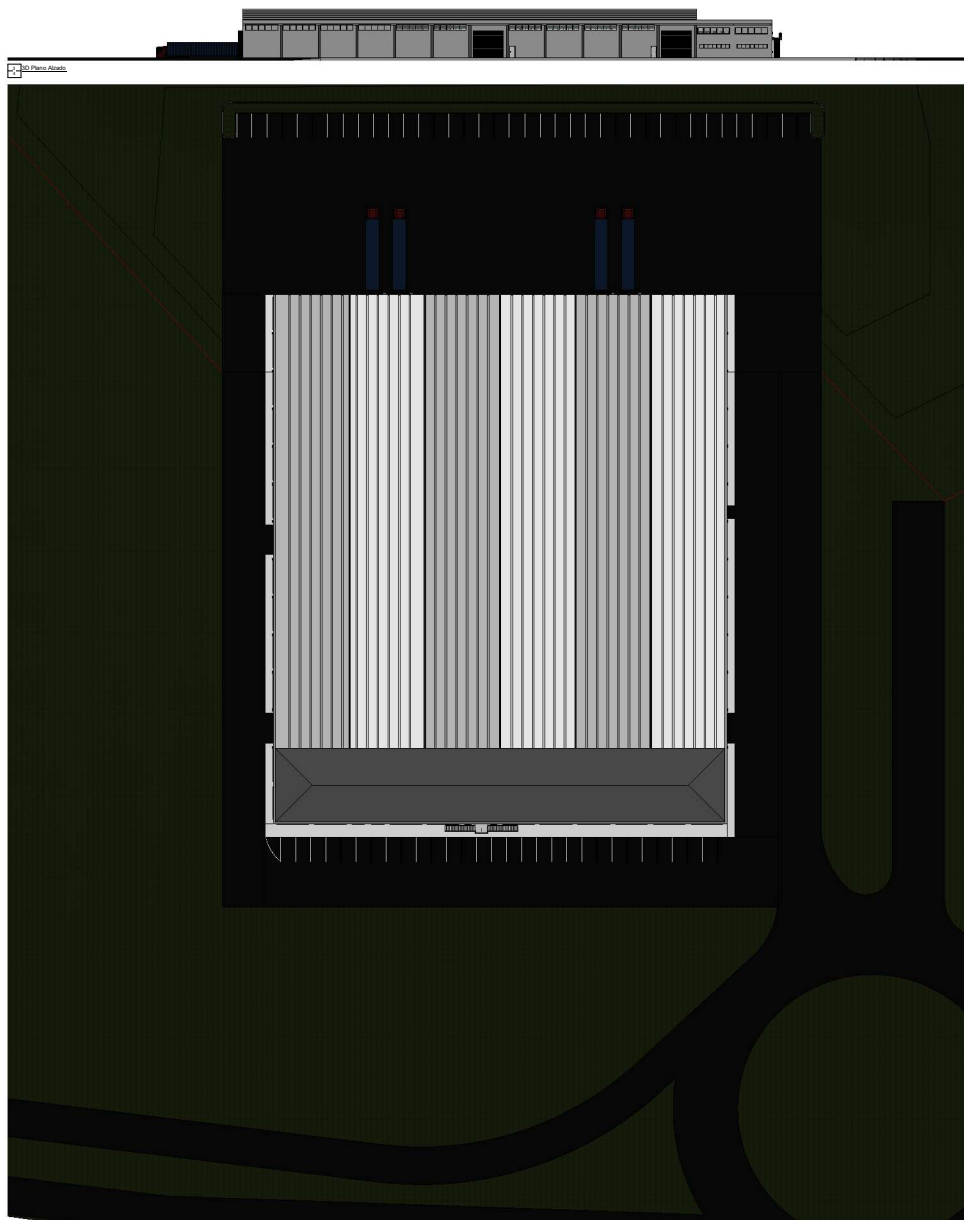
Universidad de Jaén

AUTOR Juan Francisco Martín Castillo	FIRMA
APROBADO Francisco Javier Gallego Álvarez	FIRMA
NOMBRE DE PLANO Plano General Planta 1	FECHA 07/11/20
TÍTULO PROYECTO ESTUDIO DE LAYOUT Y MODELADO MEDIANTE BIM DE UNA PLANTA INDUSTRIAL	
NUMERO DE PLANO 3	ESCALA 1: 150



Plano 2 Plano 3

Plano 2 Plano 1.1



01 Plano Alzado

02 Plano Planta



03 Planta Cortada



04 Planta Cortada

<b>Universidad de Jaén</b>	
AUTOR <b>Juan Francisco Martín Castillo</b>	FIRMA
APROBADO <b>Francisco Javier Gallego Álvarez</b>	FIRMA
NOMBRE DE PLANO <b>Vistas Fabrica</b>	FECHA <b>07/11/20</b>
TÍTULO PROYECTO <b>ESTUDIO DE LAYOUT Y MODELADO MEDIANTE BIM DE UNA PLANTA INDUSTRIAL</b>	
NÚMERO DE PLANO <b>4</b>	ESCALA <b>1:300</b>