



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL**

# **PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO**

AUTOR: JORGE MARCOS BATLLE

TUTORA: ADELINA BOLTA ESCOLANO

TUTOR: JOSÉ IGNACIO SIRVENT MIRA

**Curso Académico: 2019-20**



## AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a mis dos tutores del TFG, Adelina y José Ignacio sobre todo por ayudarme durante la elección de un TFG que fuera de mi agrado y también por la ayuda que me han ofrecido durante la realización.

Agradecer también a mi familia por todo el apoyo durante la realización y por haberme sabido ayudar en todo momento a mejorar tanto académicamente como personalmente.

Mencionar a todos esos amigos y personas que me han rodeado mientras lo realizaba, que han estado aguantando mis lamentos y quejas y también mis alegrías.

Y, por último, mencionar a todos los profesores y compañeros que durante la carrera y mi vida académica me han enseñado y transmitido tanto conocimiento y tantos valores.

Muchas gracias.

"If everything was perfect, you would never learn and you would never grow."

**B. Knowles**



## RESUMEN

Proyecto básico que propone la creación de una planta de reciclado de materiales con el detalle de que al menos un porcentaje de la energía necesaria para los procesos de reciclado proceda de energías renovables, de tal manera que se cree una planta que ayude al máximo a la ecología tanto con el proceso de reciclaje como con el consumo de energía. En este proyecto básico se desarrollará el diseño de la planta de reciclaje con la maquinaria y organización necesaria, así como la viabilidad económica, y la adecuación de los riesgos laborales y el impacto ambiental según la legislación vigente. La localización de la planta es en la ciudad burgalesa de Miranda de Ebro.

## ABSTRACT

Basic project that proposes the creation of a material recycling plant with the detail that at least a percentage of the energy required for recycling processes comes from renewable energies, in such a way that a plant that maximizes ecology is created both with the recycling process and with energy consumption. In this basic project, the design of the recycling plant will be developed with the necessary machinery and organization, as well as economic viability, and the adaptation of occupational risk and environmental impact according to current legislation. The location of the plant is in the Burgos city of Miranda de Ebro.

## RESUM

Projecte bàsic que proposa la creació d'una planta de reciclatge de materials amb el detall que almenys un percentatge de l'energia necessària per als processos de reciclatge procedisca d'energies renovables, de tal manera que es cree una planta que ajude al màxim a l'ecologia tant amb el procés de reciclatge com amb el consum d'energia. En aquest projecte bàsic es desenvoluparà el disseny de la planta de reciclatge amb la maquinària i organització necessària, així com la viabilitat econòmica, i l'adequació dels riscos laborals i l'impacte ambiental segons la legislació vigent. La localització de la planta és a la ciutat burgalesa de Miranda de Ebro.

Palabras clave: reciclaje, energías renovables, diseño, procesos, anteproyecto, eficiencia, ecológico, recycling, renewable energy, efficiency, ecological.



## ÍNDICE

MEMORIA.....	7
1. DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	8
1.1 INTRODUCCIÓN.....	8
1.2 OBJETIVOS.....	8
2. ANTECEDENTES.....	8
2.1 JUSTIFICACIÓN FUNCIONAL.....	8
2.2 JUSTIFICACIÓN ACADEMICA .....	8
3. REQUISITOS DE DISEÑO .....	9
3.1 REQUISITOS ECONÓMICOS O DE MERCADO .....	9
3.2 REQUISITOS TÉCNICOS.....	9
3.3 LOCALIZACIÓN Y ÁREA DE INFLUENCIA .....	9
3.4 ACTIVIDADES Y TAREAS .....	10
3.5 RECURSOS .....	11
4. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y SOLUCIONES.....	12
5. ESTUDIO BÁSICO.....	14
5.1 EDIFICACIONES E INSTALACIONES .....	14
5.2 MATERIA PRIMA, PRODUCTOS INTERMEDIOS Y ACABADOS. EXPRESIÓN DE STOCKS DE MATERIA PRIMA. ....	15
5.3 PROCESO INDUSTRIAL.....	17
5.4 NÚMERO DE PERSONAS.....	19
5.5 MAQUINARIA Y POTENCIA DE LA PLANTA.....	19
5.6 INSTALACIONES DE HIGIENE Y SALUD .....	21
5.7 ILUMINACIÓN .....	21
5.8 VENTILACIÓN .....	22
5.9 SISTEMA CONTRA INCENDIOS Y EMERGENCIAS.....	22
5.10 EVALUACIÓN AMBIENTAL, AGUAS Y RESIDUOS .....	23
6. NORMAS, NORMATIVA Y REFERENCIAS .....	25
7. CONCLUSIONES.....	27
8. BIBLIOGRAFÍA .....	28
9. ANEXOS.....	31
9.1 ANEXO I: LOCALIZACIÓN .....	32
9.2 ANEXO II: CRONOGRAMA .....	36
9.3 ANEXO III: EDIFICACIÓN E INSTALACIONES .....	38
9.4 ANEXO IV: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA .....	40
9.5 ANEXO V: CARACTERÍSTICAS MATERIA PRIMA.....	43



9.6 ANEXO VI: MAQUINARIA .....	46
9.7 ANEXO VII: CÁLCULO NRI Y CARGA DE FUEGO .....	53
9.8 ANEXO VIII: SEÑALIZACIÓN .....	59
VALORACIÓN ECONÓMICA (PRESUPUESTO) .....	61
PLANOS.....	64

## ÍLLUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de proceso - Fuente: Elaboración propia.....	18
Ilustración 2 Mapa localización - Fuente: Google Maps .....	32
Ilustración 3 Mapa localización polígonos - Fuente: Google Maps / Elaboración propia.....	32
Ilustración 4 Ortofoto catastral parcela - Fuente: S.E. Catastro .....	33
Ilustración 5 Mapa referencia catastral parcela - Fuente: S.E. Catastro.....	33
Ilustración 6 Cronograma - Fuente: Elaboración propia .....	36
Ilustración 7 Simulación exterior nave industrial - Fuente: PATEC.....	38
Ilustración 8 Simulación tejavana materia prima - Fuente: PATEC.....	38
Ilustración 9 Esquema instalación fotovoltaica - Fuente: BayWa-Re.....	40
Ilustración 10 Gráfico consumo fotovoltaico - Fuente: BayWa-Re .....	41
Ilustración 11 Rompedora fardos – Fuente: Mooge Tech. ....	46
Ilustración 12 Cintas transportadoras – Fuente: Mooge Tech.....	46
Ilustración 13 Tambor lavado – Fuente: Mooge Tech. ....	47
Ilustración 14 Detector de metales – Fuente: Mooge Tech.....	47
Ilustración 15 Molino - Fuente: Mooge Tech. ....	48
Ilustración 16 Tanque de agua - Fuente: Mooge Tech.....	48
Ilustración 17 Tanque de lavado - Fuente: Mooge Tech.....	49
Ilustración 18 Tornillo sinfín - Fuente: Mooge Tech. ....	49
Ilustración 19 Centrifugadora - Fuente: Mooge Tech. ....	50
Ilustración 20 Transporte neumático - Fuente: Mooge Tech. ....	50
Ilustración 21 Ciclón - Fuente: Mooge Tech.....	51
Ilustración 22 Tipos estructuras sistema incendios - Fuente: BOE .....	53
Ilustración 23 Señalización emergencia e incendios - Fuente: Electrosistemax.....	59
Ilustración 24 Señalización obligatoria – Fuente: AENOR.....	59
Ilustración 25 Señalización prohibiciones y advertencias - Fuente: AENOR.....	60

## TABLAS

Tabla 1 Población 2019 .....	12
Tabla 2 Maquinaria y potencia.....	19
Tabla 3 Propiedades del PET .....	43
Tabla 4 Características rompedora fardos .....	46
Tabla 5 Características cintas transportadoras.....	46
Tabla 6 Características tambor de lavado .....	47
Tabla 7 Características detector de metales .....	47
Tabla 8 Características molino .....	48
Tabla 9 Características tanque de agua .....	48
Tabla 10 Características tanque de lavado .....	49
Tabla 11 Características tornillo sinfín .....	49
Tabla 12 Características centrifugadora.....	50
Tabla 13 Características transporte neumático .....	50
Tabla 14 Características ciclón .....	51
Tabla 15 Coeficientes de peligrosidad por combustibilidad - Fuente: BOE.....	54
Tabla 16 NRI según densidad de carga de fuego - Fuente: BOE .....	54
Tabla 17 Valores Qs y qv en función del sector - Fuente: BOE .....	55
Tabla 18 Poder calorífico diversas sustancias - Fuente: BOE .....	56
Tabla 19 Presupuesto obra e instalaciones.....	62
Tabla 20 Presupuesto maquinaria.....	62
Tabla 21 Presupuesto logística.....	63
Tabla 22 Total presupuesto.....	63



# PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

# MEMORIA

## DEFINICIÓN DEL PROYECTO

### INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo fin de grado se realizará el estudio básico que propone la creación de una planta de reciclado de materiales con el detalle de que al menos un porcentaje de la energía necesaria para los procesos de reciclado proceda de energías renovables, de tal manera que se cree una planta que ayude al máximo a la ecología tanto con el proceso de reciclaje como con el consumo de energía. El plástico que se tratará será concretamente el PET (polyethylene terephthalateroyecto). En este proyecto básico se desarrollará el diseño de la planta de reciclaje con la maquinaria y organización necesaria, así como la viabilidad económica, y la adecuación de los riesgos laborales y el impacto ambiental según la legislación vigente. La localización de la planta es en la ciudad burgalesa de Miranda de Ebro.

### OBJETIVOS

Los objetivos del trabajo serán los siguientes:

- Aprender a realizar la memoria, planos y valoración económica de un estudio básico.
- Aplicar todos los conocimientos aprendidos durante la etapa de estudios universitarios.
- Alimentar la planta diseñada con energía renovable intentando autoproducir la máxima cantidad.
- Conocer la normativa a utilizar para la realización del estudio básico.

## ANTECEDENTES

### JUSTIFICACIÓN FUNCIONAL

La motivación surge a partir de la idea de explotar el mercado del reciclaje del plástico. Hoy en día el sector de los plásticos tiene un auge muy importante, pero a la vez bastante controvertido, por un lado, cada vez es un producto más barato y con mayores posibilidades en cualquier industria y para un montón de usos (embalaje, envasado, piezas o componentes, aparatos electrónicos, tuberías, juguetes, fibras textiles, muebles, bolsas, etc.) pero por otro lado la creciente preocupación por la contaminación y el respeto al medioambiente está generando que sea un sector muy atacado y vulnerable de ser sustituido por cualquier otro material menos contaminante. Es de aquí de donde surge la idea de explotar el sector del reciclaje, puesto que cada vez se le da más importancia tanto para que las industrias puedan asegurarse de que sus productos van a poder ser reciclados, como asegurarse de que van a poder tener una materia prima 100% reciclada.

Pero a esto también se le añade la idea de intentar alimentar a la planta con energías que sean renovables de tal manera que el producto sea 100% reciclado y 0% contaminante, generando un producto más atractivo y beneficioso para el medioambiente.

### JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

La idea de hacer un estudio básico surge por la intención de realizar un trabajo en el que aplicar los conocimientos aprendidos en las asignaturas de la carrera que han resultado más interesantes, como pueden ser Proyectos, Prevención de Riesgos Laborales, Expresión Gráfica, Medioambiente y Energías Renovables o Logística, en las que como su propio nombre indica se ha logrado obtener unas competencias que pueden ser aplicadas al presente trabajo final de grado.



## REQUISITOS DE DISEÑO

Se incluyen en este apartado los requisitos técnicos y económicos o de mercado.

### REQUISITOS ECONÓMICOS O DE MERCADO

El estudio básico cumplirá los requisitos de transformación del material en base a la población. De esta manera se procesarán 7600 toneladas de PET en base a una población de aproximadamente 231500 habitantes. Según avanza la memoria del anteproyecto se profundiza más en dichas cantidades.

### REQUISITOS TÉCNICOS

Para lograr cumplir con todos los requisitos anteriores se necesitan unos requisitos técnicos mínimos que son al menos 3 líneas de reciclado con una capacidad mínima de 600 kg/h. Además de los requisitos de infraestructura como pueden ser las naves y todos los sistemas de la instalación (iluminación, energía, saneamiento...).

### LOCALIZACIÓN Y ÁREA DE INFLUENCIA

La localización de la planta será en la ciudad burgalesa de Miranda de Ebro, perteneciente al municipio homónimo. En concreto en el polígono industrial de Las Californias. La referencia catastral queda reflejada en el anexo I.

La elección de dicha localización reside en varias características que se consideraban ventajosas:

- Puesto que el objeto del estudio básico es lograr alimentar la planta al completo con energías renovables, la provincia de Burgos se caracteriza por ser la mayor provincia de generación eólica de Castilla y León con 60 parques. La provincia tiene varias zonas de un correcto potencial eólico. Además de contar con la reciente instalación del parque solar fotovoltaico más grande de Euskadi en la provincia de Álava, en el polígono industrial Arasur, que hace frontera con el municipio de Miranda de Ebro. En el anexo 1 se informa con más detalle de este apartado de la localización.
- El municipio es un gran centro estratégico logístico. Es aproximadamente igual de cercano a tres localidades de distintas provincias y comunidades autónomas, lo que facilita tanto la provisión de materia prima como su posterior venta a las ciudades de Vitoria, Logroño y Burgos y a las provincias de La Rioja, Álava y Burgos. También cabe mencionar que en términos de transporte también tiene muy buenas conexiones sobre todo a nivel terrestre (con carreteras y ferrocarriles) lo que facilita la construcción de la planta y todo su aprovisionamiento y venta de materias y productos. Todo eso también puede facilitar mucho el crecimiento o ampliación de la planta en un futuro.
- La ciudad cuenta con otros dos polígonos industriales más, lo que ha generado una larga tradición industrial y tener varias empresas consolidadas en diferentes sectores industriales. Todo esto facilita la creación de alianzas, redes de clientes y proveedores, acuerdos... Lo que hace más atractiva aún la localización de nuestra planta de reciclado de plástico.

## ACTIVIDADES Y TAREAS

Para la correcta ejecución del proyecto se deberán realizar en el siguiente orden las actividades o tareas descritas:

- ESTUDIO GEOTÉCNICO

Se contratará la realización de un estudio geotécnico del terreno en caso de que no existiera a la hora de comenzar el proyecto.

- SOLICITUDES ADMINISTRATIVAS

Se realizarán todos los trámites administrativos para la construcción de la nave industrial. Se envía la documentación necesaria para que concedan la licencia:

- Tipos y cantidad de materias peligrosas que van a ser almacenadas.
- Tipo de cerramiento de la nave industrial.
- Relación de máquinas y potencias que se van a instalar en la nave industrial.
- Planos en los que se comprenda plenamente la localización de las ventanas, puertas y lucernarios, así como la distribución de la maquinaria en la nave, los aseos y las oficinas.

Tras el envío, se presenta el proyecto en el ayuntamiento para poder solicitar la licencia de obra mayor. Una vez concedida la licencia se podrá seguir con las tareas.

Se consiguen los promotores y contratistas y se comienza la contratación del cuadro de luz de obra con Iberdrola. Así mismo se cerca la parcela con vallas de al menos dos metros de altura.

- ACONDICIONAMIENTO DE LA PARECELA

Se procede a acondicionar la parcela de tal manera que quede óptima para comenzar con la cimentación y construcción de la nave.

- CIMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE LA NAVE

Se comienza la cimentación y la posterior construcción de la nave industrial. Al mismo tiempo también se comienza a acondicionar el resto de las zonas de la parcela, como el almacén de materia prima.

- INSTALACIONES FINALES

Una vez construida la nave industrial, se acaban de completar las zonas exteriores como el patio de maniobras, la puerta de acceso a la parcela, los aparcamientos y las zonas verdes. Al mismo tiempo se van realizando las instalaciones interiores de la nave como pueden ser los sistemas eléctricos, sistemas antiincendios y de emergencia, toda la iluminación de la nave y la colocación de las máquinas en líneas de producción.

- TRÁMITES FINALES

Se consigue el certificado de finalización de la obra, así como el acta de recepción de obra y se solicita al ayuntamiento la licencia de primera ocupación.

El cronograma de las actividades y tareas queda reflejado en el anexo II.



## RECURSOS

En el proyecto nos encontraremos principalmente con tres tipos de recursos:

- Recursos humanos (RR.HH.): que serán todos aquellos empleados que necesitaremos para la realización del proyecto.
- Recursos financieros: que serán todos aquellos recursos económicos que necesitaremos para la ejecución y desarrollo de la planta.
- Recursos materiales: que serán todos aquellos recursos que no sean ni humanos ni financieros, por lo tanto, suelen ser los que más abarcan, desde la propia nave industrial o el terreno, hasta la maquinaria o los elementos de iluminación.

Según se va desarrollando la memoria se va desarrollando una descripción más profunda de cada uno de los recursos que necesitamos.

## ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS Y SOLUCIONES

En este estudio básico se empleará un criterio totalitario a la hora de tomar decisiones sobre cualquier alternativa. De tal manera que se pretende alcanzar el reciclaje total de toda la población afectada.

Comenzaremos planteándonos la producción de la planta industrial. Con los datos recogidos sobre reciclaje de 2019 obtenemos que cada habitante español genera 1,26 kg/día de residuos, de los cuales sabemos que el 8% son envases de PET.

Dada la localización de nuestra planta se podrían abarcar ciudades pobladas cercanas como Vitoria, Logroño e incluso Bilbao, pero por complejidad del proyecto y como alternativa para comenzar se realizará sobre las ciudades de Burgos y Miranda de Ebro y localidades cercanas como Briviesca, Medina de Pomar, Villarcayo y el Valle del Mena. Se elige esta alternativa para evitar las altas inversiones y la posibilidad de no lograr el proyecto.

Una vez realizado ya se podrían plantear alternativas de ampliación buscando proveedores y clientes en las ciudades anteriormente mencionadas.

Cada una de estas ciudades y localidades cercanas tiene los siguientes habitantes según el censo del INE de 2019:

CIUDAD	POBLACIÓN (2019)
Miranda de Ebro	35525
Burgos	175821
Localidades alrededor	20146
<b>TOTAL</b>	<b>231492</b>

Tabla 1 Población 2019

Considerando ese total de población podemos calcular la cantidad de residuos que se generan:

$$TOTAL\ RESIUDOS = 1,26 \frac{kg}{día * hab.} \times 231492\ hab. \times 365\ días = 106463,17\ t$$

$$TOTAL\ PET = 106463,17\ t \times 0,08 = 8517,05\ t$$

Estimando términos de pérdidas y de desviaciones estadísticas establecemos que la planta reciclará un 90% del total de estos residuos:

$$TOTAL\ RECICLAJE\ PLANTA = 8517,05\ t \times 0,9 = 7665,34\ t \sim \mathbf{7600t}$$

Para cumplir con dicha cantidad también hay varias alternativas entre las que podríamos decidir el número de líneas o de operarios en la planta, así como la cantidad de producto almacenado, la distribución, turnos de trabajo, etc.

En este proyecto dotaremos la planta con 3 líneas de producción. Esta decisión se debe a que como podemos contemplar en el apartado de maquinaria, el cuello de botella de nuestro proceso de producción se encuentra en la máquina que se encarga de romper los fardos que nos llegan. Su limitación es de 600 kg/h, pero considerando los tiempos de parada por mantenimiento y cualquier avería que pudiera producir una parada de producción estableceremos la limitación en 540 kg/h.



En lo referente a turnos escogemos la alternativa de tener dos turnos de trabajo, uno de mañana y uno de tarde, lo que conseguirá un equilibrio de nuestra producción y nos permitirá tener un turno auxiliar en caso de avería, mantenimiento o variación de la demanda, es decir, que con cualquier problema en la producción o si hubiera necesidad de mayor demanda podemos de manera excepcional emplear ese turno de noche que no tiene por qué ser completo, simplemente nos puede servir para alargar las horas de cada turno como horas extras. Por lo tanto, las horas de producción diaria son 16 h/día.

Por último y para lograr cumplir nuestro objetivo también hemos tomado la alternativa de tener la planta abierta seis días a la semana (de lunes a sábado) con ambos turnos. Así que descontando los domingos y festivos del año que rondan los 60 días (52 domingos + 13 festivos o parada de la producción) la planta está abierta 300 días al año.

Con estos datos podemos establecer el cálculo de la producción de nuestra planta para comprobar si logramos alcanzar la cifra a reciclar:

$$TOTAL\ PRODUCCIÓN = 3\ líneas \times 540 \frac{kg}{h * línea} \times 16 \frac{h}{día} \times 300 \frac{días}{año} = 7776 \frac{t}{año}$$

Dato que nos permite lograr las 7600 t que teníamos como objetivo, además de permitirnos un margen en nuestra producción.

## ESTUDIO BÁSICO

Se pasa a describir todas las partes que conllevará el estudio básico.

### EDIFICACIONES E INSTALACIONES

La planta se hallará en un terreno 4300 m<sup>2</sup> repartidos en:

- Nave principal (1833 m<sup>2</sup>)
- Patio maniobras (1453 m<sup>2</sup>)
- Zona almacenaje materia prima (260 m<sup>2</sup>)
- Aparcamiento (464 m<sup>2</sup>)
- Zonas verdes (290 m<sup>2</sup>)

La nave principal, siendo la más importante la zona de producción de la planta, en la que se encuentran las líneas de producción, también contará con otras zonas como son la de almacenaje de producto acabado, el almacén de herramientas y reparación, el área administrativa que cuenta con las oficinas y salas, y también con la zona de vestuarios y aseos para los empleados de la planta y resto de personal.

Las zonas del interior de la nave se repartirán aproximadamente así:

- Zona de producción de 1400 m<sup>2</sup>, el almacén de producto acabado (APT) de 260 m<sup>2</sup>, las oficinas de 173 m<sup>2</sup> y los vestuarios y aseos que ocuparán 173 m<sup>2</sup> (ya que las oficinas están situadas encima de la zona de los vestuarios y aseos).

Por ello la nave industrial tendrá una altura de 8 metros, para abarcar las oficinas y los vestuarios en el mismo espacio.

En la zona de oficinas se han tenido en cuenta los estudios sobre la zona ideal de oficina por empleado de 14 m<sup>2</sup> además de tener en cuenta el espacio restante para material diverso.

En el caso de los vestuarios y aseos más adelante se habla en un apartado sobre ellos. El resto de las zonas han sido calculadas en base a las necesidades de ocupación de máquinas o material de la planta.

La zona de almacenaje de materia prima constará de una tejavana de 4 metros de altura.

Con respecto al tema estructural, la nave principal será una nave industrial de tipo mixto, dotada de estructura metálica y también de hormigón, así como paredes de hormigón prefabricado. Esto hace que la nave mantenga las ventajas del hormigón sin aumentar mucho el precio empleando partes metálicas que la abaratan. La cubierta de la nave será de tipo chapa con instalación preparada para placas fotovoltaicas.

Además de todo esto, puesto que este estudio básico apuesta por la alimentación de la planta a partir de energías renovables, en este apartado también se incluirá la instalación fotovoltaica con la que se pretende apostar por energía limpia y de autogeneración.

La instalación fotovoltaica estará ubicada en la cubierta de la nave. Como ya se sabe que la planta estará dotada de dicha instalación es una ventaja a la hora de su construcción, puesto que la cubierta estará orientada hacia el sur y además tendrá la inclinación de 35°.

En el anexo III queda reflejado con más detalle la edificación.

En el anexo IV queda reflejado con más detalle la instalación fotovoltaica.

## MATERIA PRIMA, PRODUCTOS INTERMEDIOS Y ACABADOS. EXPRESIÓN DE STOCKS DE MATERIA PRIMA.

La materia prima serán envases de PET. Éstos llegarán en forma de fardos de 900\*1200\*1300 mm. El peso aproximado de los fardos rondará entre los 260 y 280 kg. Toda la materia prima nos llegará a través de transporte terrestre, en camiones tipo tráiler. La materia prima transformada anualmente rondará las 7600 t.

Durante el proceso de reciclaje mecánico del PET no obtenemos ningún producto intermedio importante, por ello no será necesario contar con varios productos intermedios del que luego salga nuestro producto final ni con almacenamiento de productos intermedios durante el proceso.

El producto final serán las escamas de PET. Su tamaño podrá rondar entre 10 y 12 mm. También podrán estar clasificadas por colores. La cantidad anual de producto final que obtendremos se puede calcular contando con la materia prima anual y el rendimiento del proceso de reciclaje mecánico que ronda el 80%, podemos obtener alrededor de 6000 t de producto final.

Ahora se pasa a realizar una serie de cálculos sobre la realización de pedidos o el stock de la planta.

Contando con las dimensiones de un camión tipo tráiler 13620\*2460\*2700 podemos hacer los cálculos:

$$\text{Fardos por longitud} = \frac{13620}{900} = 15 \text{ fardos de largo}$$

$$\text{Fardos por anchura} = \frac{2460}{1200} = 2 \text{ fardos de ancho}$$

$$\text{Fardos por altura} = \frac{2700}{1300} = 2 \text{ fardos de alto}$$

Con estos datos podemos calcular la cantidad de fardos aproximada que nos llegará en cada tráiler:

$$\text{Total fardos camión} = 15 \times 2 \times 2 = 60 \frac{\text{fardos}}{\text{camión}}$$

Y como también contamos con el peso aproximado de cada fardo, podemos hacer un cálculo de las toneladas de materia prima que nos proveerá cada tráiler:

$$\text{Toneladas por camión} = 60 \times 270 \text{ kg} = 16200 \frac{\text{kg}}{\text{camión}} \sim 16 \frac{\text{t}}{\text{camión}}$$

Como consta en el apartado de análisis de soluciones, nuestra planta reciclará unas 7600 t de PET. Sabiendo esto podemos calcular el número de camiones que deberá llegar a la planta para cumplir con la demanda.

$$\text{Nº anual camiones} = \frac{7600 \frac{\text{t}}{\text{año}}}{16 \frac{\text{t}}{\text{camión}}} = 475 \frac{\text{camiones}}{\text{año}}$$

Contando con los 300 días laborales de la planta nos posicionamos en un camión y medio al día nos debería llegar. Por ello podemos decir que nuestro suministro será de uno o dos camiones alternando cada día.



Con respecto al stock, en esta planta nos centraremos al stock de materia prima, para el que se han realizado los cálculos anteriores.

El stock de seguridad de la planta rondará entre los 60 fardos, que es lo que puede proporcionarnos un camión, de tal manera que si algún día surgiese algún problema y no pudiéramos tener suministro podríamos continuar con nuestra producción de manera regular.

El stock medio de la planta será de 150 fardos, que surge de sumar los 60 fardos de stock de seguridad y los 90 fardos (un tráiler y medio) que obtenemos al día.

Por último, por motivos de seguridad y almacenamiento, nuestro stock máximo de materia prima será de 240 fardos, aunque se procurará que nunca se llegue a tener.

El producto acabado se almacenará en el APT en big bags.

En el anexo V se refleja más información sobre la materia prima del proceso de fabricación.



## PROCESO INDUSTRIAL

En este estudio básico vamos a emplear el reciclaje mecánico: el proceso del reciclaje mecánico del PET lo vamos a desarrollar desde la llegada del material a reciclar a la planta hasta su salida como producto disponible para venta a las industrias que lo utilizan.

La materia prima que nos llegará principalmente serán productos plásticos de tipo PET como envases, botellas, etc. Esta materia prima nos llegará en forma de fardos y será una materia prima la cual ya habrá sido preseleccionada en un proceso de macroselección en el que se separan los residuos plásticos por tipo de compuesto, así como se retiran otro tipo de restos que no sean de la misma clasificación que nuestra materia prima. Esta selección a pesar de ser externa a la planta, es de bastante importancia en nuestro proceso ya que nos libera de mucho tiempo, por ello se deberán elegir unos proveedores de confianza que nos traigan la materia prima en el mejor estado posible.

La materia prima será traída mediante camiones y almacenada en las tejavanas del patio exterior hasta que se necesite en el proceso. Será transportada mediante carretillas elevadoras, tanto cuando se estén descargando los fardos del camión como cuando se lleven del patio al proceso de producción.

El proceso de producción comienza con un operario que será el encargado de alimentar la primera máquina con los fardos. Esta primera máquina (rompedora de fardos) será la encargada de romper los zunchos de los fardos para así dejar los envases sueltos.

Mediante una cinta transportadora se pasa a la siguiente fase, en la cual se hace un lavado inicial de los envases mediante un tambor giratorio cribado retirando así la suciedad principal que podía traer del exterior. Esta máquina (tambor lavado) también se encarga de retirar las etiquetas de los envases mediante el proceso giratorio. Por último, en caso de haber botellas de PVC en el interior de las botellas PET, esta máquina será capaz de detectarlo fácilmente de tal manera que la botella de PVC cambiará de color para que los operarios lo clasifiquen en un proceso posterior.

Una vez realizado el proceso anterior, se trasladan por una cinta transportadora y antes de llegar al siguiente proceso pasan por un detector de metales que se encarga de detectar cualquier compuesto metálico y separarlo del resto de envases. Por si hubiera cualquier error un operario se encarga de supervisar esta clasificación.

A través de otra cinta transportadora pasan por una clasificación visual por parte de operarios de la planta en la que se eliminan visualmente todos los envases que no sean del tipo PET o cualquier otro residuo que pueda seguir quedando entre los envases.

Tras esto volvemos a emplear una cinta transportadora con los envases y así llegan a la zona de molienda, donde atraviesan el molino que las transforma en escamas de un tamaño de aproximadamente 10mm.

De la molienda pasan directamente al tanque de agua en el cual, mediante una continua corriente de agua hace que todas las escamas de PET caigan al fondo, donde se encuentra un tornillo sinfín que los transporta al siguiente proceso, y cualquier resto de etiquetas, tapas o suciedad queda flotando en la superficie y son arrastrados por palas fuera del tanque.

Ahora pasan al segundo tanque, el de lavado, en el cual se procede a lavar y agitar las escamas con agua caliente y una solución acuosa, y acaban en un cajón de enjuague solo con agua. Mediante otro tornillo sinfín pasan a ser centrifugadas para retirar todos los restos de agua, en una centrifugadora que hace que las escamas asciendan.

A partir de ahora se pasa a emplear el transporte neumático para evitar cualquier contaminación de lo que ya casi es el producto acabado. Este transporte comienza en la parte superior de la centrifugadora donde las escamas ascienden y pasan por la tubería hasta llegar al ciclón donde se retiran las partículas de polvo que hayan podido arrastrar durante el transporte neumático y pasan a la última etapa de inspección.

En esta última etapa de inspección, el material pasa por una cinta transportadora donde operarios y máquinas se encargan de dar la última clasificación. La máquina de este proceso se conoce como separadora espectral de infrarrojos, una máquina capaz de separar las escamas de PET según su composición química y otra máquina capaz de separar estas escamas por colores, para un producto acabado clasificado. El operario será el encargado de determinar cualquier otra irregularidad en la cinta y de controlar cualquier alarma de la inspección que realizan las máquinas.

Ahora ya tenemos lo que sería el producto final, la última etapa es la clasificación de las escamas según su tamaño mediante un zarandeado. Todas aquellas escamas superiores a 11mm o inferiores a 2mm son eliminados y el resto se clasifican según su tamaño para proporcionar al cliente mayor calidad del producto. Una vez clasificadas, mediante el transporte neumático pasan a los silos de almacenamiento.

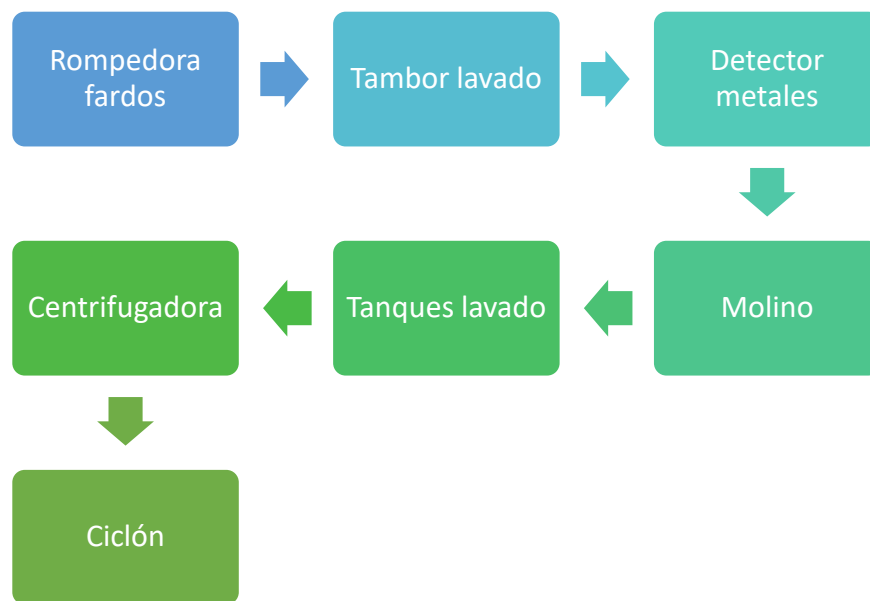


Ilustración 1 Diagrama de proceso - Fuente: Elaboración propia

## NÚMERO DE PERSONAS

El número de personas que trabajarán en las líneas de producción serán 44. Las encontraremos desempeñando las siguientes funciones:

- Mover desde el almacén de materia prima hasta la nave e introducir los fardos mediante una carretilla en las líneas de producción. Este puesto lo desempeñará una persona por turno de trabajo.
- Controlar la primera inspección de la cinta transportadora. Este puesto lo desempeñarán 3 personas por línea y turno de trabajo.
- Revisar que todos los metales detectados sean desechados. Este puesto lo desempeñará una persona por línea y turno de trabajo.
- Controlar la última cinta de inspección antes del producto final. Este puesto lo desempeñarán 3 personas por línea y turno de trabajo.
- Retirar los big bags de producto acabado y moverlos hasta el almacén mediante la carretilla. Esta persona será común al primer puesto.

$$TOTAL PERS. PROD. = \left[ \left( 7 \frac{pers.}{lín.* turno} \times 3 lín. \right) + 1 \frac{carret.}{turno} \right] \times 2 turnos = 44 personas$$

## MAQUINARIA Y POTENCIA DE LA PLANTA

A continuación, se presenta una tabla con la maquinaria de la planta y su potencia:

MÁQUINA	POTENCIA (KW)
Rompedora fardos	7,5
Cintas transportadoras	1,5 – 3
Tambor lavado	5,5
Detector metales	2,2
Molino	35
Tanque agua	4
Tanque lavado	7,5
Tornillo sinfín	2,2
Centrifugadora	7,5
Transporte neumático	15,4
Ciclón	3
<b>TOTAL</b>	<b>92,8</b>

Tabla 2 Maquinaria y potencia

A nivel de potencia, nuestro proceso industrial tendrá una potencia de 92,8 kW.

$$POTENCIA\ 3\ LÍNEAS = 92,8 \frac{Kw}{línea} \times 3\ líneas = 278,4\ kW$$

A esto debemos sumarle la potencia del resto de maquinaria de la planta, es decir, toda la que se encuentre en las oficinas, la iluminación de la nave y demás útiles que no pertenezca a la línea de producción.

Para todo esto consideramos una potencia de 20 kW. De esta manera la potencia total de la planta es:

$$POTENCIA\ TOTAL = 278,4 + 20 = 299,4 \sim 300\ kW$$

La potencia anual de la planta queda reflejada en la siguiente fórmula:

$$POT.\ ANUAL\ TOTAL = 300kW \times 300 \frac{días\ trabajo}{año} \times 16 \frac{h.\ trabajo}{día} = 1440000\ kWh$$

Contando con la potencia de la instalación fotovoltaica de la planta, que es uno de sus potenciales de diferenciación, podemos ver reflejado en el anexo 5, que ésta podría generar 301120 kWh/año. Lo cual es casi un 21% de la potencia necesaria.

El resto de la potencia estará contratada a una distribuidora eléctrica con energía de origen 100% renovable, y con una tarifa de acceso 3.1 puesto que la potencia necesaria es inferior a los 450kW.

- CARRETILLA ELEVADORA

La planta deberá tener una carretilla elevadora para poder realizar movimientos de materia prima y de producto acabado en el almacén. La carretilla estará contratada mediante alquiler a largo plazo. Es la única máquina que participa en el proceso sin pertenecer directamente a la línea de producción. Será una carretilla eléctrica, con lo cual no consumirá ningún tipo de combustible.

En el anexo VI se especifican las características de cada una de estas máquinas y se muestra una imagen de ellas.

## INSTALACIONES DE HIGIENE Y SALUD

La planta estará dotada de las siguientes instalaciones de higiene y salud:

- Vestuarios
- Aseos
- Zona de descanso

Todas las instalaciones cumplirán la normativa vigente<sup>1</sup>.

Existirán dos vestuarios, uno para hombres y otro para mujeres. Cada uno de ellos tendrá una superficie de 58,5 m<sup>2</sup>. Los vestuarios contendrán el material necesario para su correcto uso (taquillas, bancos, espejos, colgadores...). Los vestuarios serán accesibles tanto desde la zona de producción como desde la entrada principal.

Junto a cada vestuario también se dispondrá de una zona de aseos. Ambos aseos tendrán una superficie de 13 m<sup>2</sup>. Estarán dotados de espejos, 3 lavabos con agua corriente y caliente. En el caso de los aseos masculinos existirán 2 retretes y 3 urinarios, y en caso de los aseos femeninos, existirán 4 retretes. Todos los retretes estarán en recintos cerrados y contarán con descarga automática de agua. En ambas zonas de aseo, uno de los retretes estará adaptado para personas con movilidad reducida.

También existirá una zona de descanso en la planta superior, junto a la zona de oficinas. Tendrá espacio para la ocupación simultánea del personal de la planta y estará dotada de una pequeña zona de restauración con nevera, microondas, fregadero y fuente de pie, así como recipientes para la retirada de los restos.

La planta también dispondrá de fuentes de pie con agua potable para el fácil acceso de ésta al personal de la planta desde cualquier punto. En toda la planta habrá 6 fuentes de pie.

## ILUMINACIÓN

La iluminación de los lugares de trabajo tanto en oficinas como en las zonas de producción será la adecuada según las exigencias visuales de las tareas desarrolladas y cumpliendo en todo momento con la normativa. La iluminación de la planta quedaría distribuida de la siguiente manera:

- El patio de maniobras y los aparcamientos dispondrán de 100 lx.
- El APT dispondrá de 300 lx.
- La zona de producción, de manera general dispondrá de 300 lx.
- Las zonas de inspección (cintas transportadoras de inspección por parte de los operarios) dispondrán de 1000 lx.
- La zona de descanso dispondrá de 200 lx.
- Los aseos y vestuarios dispondrán de 150 lx.
- La zona de oficinas dispondrá de 500 lx.

---

<sup>1</sup> Normativa extraída de la Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Relativos a la Utilización de los Lugares de Trabajo, extraída del R.D. 486/1997, de 14 de abril y del BOE nº 97, de 23 de abril.

## VENTILACIÓN

El sistema de ventilación siempre logrará unas temperaturas en planta de entre 18 y 23 °C. También lograra remover 11000 m<sup>3</sup> de aire cada hora, de manera que se alcance la recomendación de renovación del aire en naves industriales.

Será un sistema de ventilación estática o natural, por ello el sistema de ventilación constará de ventiladores helicoidales instalados en las paredes en la zona más alta. La instalación ideal sería en la cubierta, pero como ésta tendrá la instalación fotovoltaica, se opta por colocarlos en la parte superior de las paredes. Puesto que no consta la existencia de gases o humos nocivos durante el proceso de producción, no es necesario un sistema de captación de humos.

## SISTEMA CONTRA INCENDIOS Y EMERGENCIAS

Desde un principio cabe destacar la importancia de este apartado, puesto que estadísticamente hablando las plantas de reciclaje sí que suelen tener riesgo de incendios. Y aunque el término planta de reciclaje abarca muchos materiales (no es lo mismo una planta de reciclaje de plásticos que lo que puede ser una planta de reciclaje de cartón y papel o de residuos industriales y disolventes) en este proyecto básico sí que se da importancia a un buen sistema contra incendios.

Para la correcta elección del sistema de antiincendios se realiza el cálculo de la carga de fuego de la nave y se conoce el Nivel de Riesgo Intrínseco (NRI).

En todo momento se cumplirá con la normativa vigente intentando incluso tener mayor protección que la exigida. Sobre todo, la que se encuentra en el código técnico de la edificación (CTE).

Por ello la planta dispondrá de los siguientes elementos en el sistema contra incendios:

- Elementos de detección de incendios tanto manuales como automáticos.
- Elementos de aviso o alarma de incendios tanto manuales como automáticos.
- Elementos e extinción de incendios tanto manuales (extintores y bocas de agua) como automáticos (columnas secas, sprinklers...).
- Elementos de iluminación en caso de emergencia (luces y pegatinas reflectantes).
- Formación periódica a los trabajadores sobre los casos de incendios, así como simulacros periódicos.

En los anexos VII y VIII se profundiza en el cálculo de la carga de fuego y el sistema de emergencia y la señalización.

## EVALUACIÓN AMBIENTAL, AGUAS Y RESIDUOS

Con respecto a la localización, se puede decir que la planta no perjudica ninguna zona colindante puesto que los límites de la parcela son otras parcelas con construcciones industriales o calzadas del polígono. La única zona próxima puede ser la localizada hacia el norte, en el cual entramos ya en un paraje natural, pero hay suficiente distancia como para que la planta no afecte a ésta.

Los recursos que se vean a consumir para el funcionamiento de la planta básicamente se pueden resumir en dos: la electricidad y el agua.

En el caso del primero, la electricidad, se puede obviar la evaluación ambiental puesto que tanto la energía que genera nuestra propia planta como la que se solicita a la distribuidora para alcanzar la potencia exigida, tiene un origen 100% natural basado en la generación de energía mediante procesos renovables.

En el caso del agua, la planta se abastecerá del agua suministrada por el polígono industrial, no siendo necesario ningún tratamiento de ésta puesto que en el proceso se utiliza junto con otros productos para el lavado de la materia.

El tema de emisiones, se puede decir que las emisiones de alcance 1 son prácticamente cero, ya que la planta solo emite vapores de agua al ser calentada, el resto está alimentado de energía, es decir, que no tenemos ningún combustible fósil que pueda emitir contaminantes.

Las emisiones de alcance 2 también pueden ser despreciadas, ya que las distribuidoras que nos proporcionan energía lo hacen de manera renovable en todo momento, con lo cual tampoco hay un alto nivel de emisiones de alcance 2.

Por último, las emisiones de alcance 3 son las que quizá más abunden puesto que son las que nuestra planta contabiliza de manera indirecta con proveedores, clientes o gestores de residuos, pero también son las más difíciles de calcular, ya que la planta contaría con un número elevado tanto de proveedores como cliente como cualquier otro servicio, y es difícil conocer las emisiones de cada uno de éstos si su propietario no nos las proporciona.

Respecto al tema de los residuos, la planta tendrá dos residuos principales, el vertido de las aguas empleadas para el lavado de la materia, y todos aquellos restos que se produzcan en el proceso industrial, como pueden ser las etiquetas, metales, suciedad, etc. que se encuentran en la materia mientras se trata.

En el caso de los residuos del proceso productivo, son gestionados por empresas de residuos que se encargan de buscar las mejores opciones de reciclaje. Lo ideal sería buscar empresas que aseguren un correcto tratamiento de estos y de la manera más ecológica posible.

Con respecto a las aguas, la planta tendrá varios tipos de aguas:

- Las aguas pluviales, para las cuales no hay ningún tipo de gestión.
- Las aguas fecales, las cuales el propio polígono industrial se encarga de gestionar.
- Las aguas residuales del proceso, las cuales mediante una pequeña depuración la propia planta se encarga de gestionar. Y también luego se proporcionan a la red de aguas residuales del propio polígono para una gestión más exhaustiva.

En referencia al tema de ruidos y vibraciones, tanto durante la construcción como durante su funcionamiento, la planta cumplirá de manera estricta con la normativa vigente en materia de ruidos y vibraciones.

Por último, para el completo respeto del suelo se realizará una instalación expresamente especial



en la zona más vulnerable, que en el caso de la planta es el almacén de materias primas, puesto que éstas pueden que a veces lleguen con aceites u otros contaminantes que podrían afectar al suelo. En un principio, para el control de esta problemática, se organizará de tal manera que la materia prima esté el menor tiempo posible almacenada.

La instalación especial será un suelo de cemento liso recubierto con una resina epoxi y rodeado por una arqueta por si se vierte algo que al menos quede almacenado en esa zona o en el caso de lluvias, que el agua contaminada no llegue al suelo. Además, el almacén tendrá unos muros de baja altura para impedir el acceso de cualquier tipo de ser vivo que podría ser perjudicado por las sustancias que haya en la materia prima y para evitar cualquier contaminación por parte de éstos a la materia prima.



## NORMAS, NORMATIVA Y REFERENCIAS

En todo momento se respetará la normativa vigente, y se emplearán las normas y referencias recomendadas.

Comenzando por la localización, en todo momento se aplicará la normativa urbanística estatal, la autonómica y la local:

- R.D. Legislativo 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido en la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana.
- Ley 4/2008, de 15 de septiembre, de medidas sobre Urbanismo y Suelo.
- Ley 5/1999, de 8 de abril, de Urbanismo de Castilla y León.
- Normativa urbanística de Miranda de Ebro.

La normativa que se va a aplicar con la construcción de la nave industrial, así como el resto de las zonas que la rodean es la siguiente:

- R.D. 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- R.D. 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción del hormigón estructural.
- R.D. 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.
- Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria.

La normativa que se va a aplicar respecto a la instalación fotovoltaica comienza con:

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.

Puesto que la instalación va a ser para el autoconsumo, también estarán aplicados:

- R.D. – ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- R.D. 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

Y por último por el tema del excedente:

- R.D. 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

La normativa que se aplicará en los apartados de instalaciones sanitarias, ventilación e iluminación y condiciones ambientales será la reflejada en:

- R.D. 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Además de basarse en:

- La Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relativos a la Utilización de los Lugares de Trabajo del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST).

La normativa que se aplicará respecto a los incendios será:

- R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- NTP 599: Evaluación del riesgo de incendio: criterios.
- Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RD 2267/2004) (I)
- Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales (RD 2267/2004) (II)



La normativa que se aplicará respecto al tema ambiental y medioambiental será:

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Decreto legislativo 1/2015, de 12 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Prevención Ambiental de Castilla y León.
- Real Decreto Legislativo 1/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de prevención y control integrados de la contaminación.

También se consultará la siguiente normativa:

- P.G.O.U (Plan General de Ordenación Urbana) de Miranda de Ebro. Orden FOM 1349/2005 de 26 de septiembre de la consejería de fomento de la Junta de Castilla y León.
- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.
- Ley 5/2009, de 4 de junio, del ruido de Castilla y León.

Con respecto a las normas, en todo momento estará adaptada para cumplir con el certificado de calidad ISO 9001:2015 (sistemas de gestión de la calidad) así como la certificación ISO 14001:2015 (sistemas de gestión ambiental).



## CONCLUSIONES

La conclusión principal es el resumen del estudio básico. Se podría resumir como una planta de reciclaje de plásticos tipo PET, con una superficie de 1833 m<sup>2</sup>, una potencia instalada de 300 kW y una potencia anual consumida de 1440000 kW. La planta cuenta con 3 líneas de producción, lo que supone una capacidad de gestión de 7600 t de residuos PET para su transformación en escamas rPET. El mínimo de empleados que abarcan la parte de producción son 44 personas (aumentando el número cuando se contratase al resto de personal de la empresa que la gestionara). El lugar en el que se ha realizado este proyecto básico es la localidad burgalesa de Miranda de Ebro. Y, por último, cabe destacar la instalación fotovoltaica que tendrá la planta en su cubierta, la cual será capaz de abastecer aproximadamente el 21% de la energía consumida. En todo momento, durante la creación de la planta, se aplicará la normativa vigente. Como se aprecia en la valoración económica del estudio, el presupuesto para la realización de este proyecto en caso de llevarse a cabo se ha estimado en 1.465.852 €.

Se añade también la conclusión de que el presente estudio básico ha apostado por un servicio que de manera ética ayuda a la sostenibilidad del planeta, tanto respetando al medioambiente en el consumo energético, como ayudando a que no se desperdicien residuos tan dañinos como lo son los de plástico.

De esta manera podemos ver como los objetivos propuestos al comienzo del estudio han logrado cumplirse. Cabe añadir que además de la conclusión técnica que se acaba de realizar, este trabajo ha servido para asentar los conocimientos aprendidos durante los años de estudios universitarios, ya que te adentra un poco más en lo que probablemente sea el futuro laboral a la hora de realizar proyectos.

También cabe mencionar todo el nuevo aprendizaje que ha surgido al realizar el trabajo, ya que a pesar de lo extenso que ha sido el temario académico, aún hay muchas cosas que aprender dentro del mundo industrial, por ello ha merecido la pena su realización.

Observando los objetivos propuestos al comienzo del estudio, se puede afirmar que en este trabajo se ha logrado cumplirlos todos de manera plena.

## BIBLIOGRAFÍA

Todas las consultas han sido realizadas electrónicamente, por lo que toda ella se puede considerar webgrafía:

- ACH. (abril de 2020). *El proceso de construcción de una nave industrial paso a paso*. Obtenido de <https://www.panelesach.com/blog/proceso-de-construccion-de-una-nave-industrial/>
- Amillo, J. G. (abril de 2020). *Requisitos de diseño de los proyectos*. Obtenido de [https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/7007/mod\\_resource/content/0/traballo\\_colaborativo/trabajo\\_colaborativo\\_por\\_proyectos/requisitos\\_de\\_diseño\\_de\\_los\\_proyectos.html](https://www.edu.xunta.gal/centros/cfrcoruna/aulavirtual2/pluginfile.php/7007/mod_resource/content/0/traballo_colaborativo/trabajo_colaborativo_por_proyectos/requisitos_de_diseño_de_los_proyectos.html)
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (junio de 2020). *AENOR*. Obtenido de <http://www.aenor.es>
- ATERSA. (mayo de 2020). *Módulos fotovoltaicos*. Obtenido de <http://atersa.com/es/productos-servicios/modulos-fotovoltaicos/>
- BayWa r.e. renewable energy GmbH. (mayo de 2020). *Calculador Solar*. Obtenido de <https://calculadorsolar.baywa-re.es/es>
- Certicalia. (mayo de 2020). *Normativa y requisitos proyecto nave industrial*. Obtenido de <https://www.certicalia.com/proyecto-nave-industrial/normativa-y-requisitos-del-proyecto-nave-industrial>
- Dielectric. (mayo de 2020). *¿Cuál es el consumo eléctrico de una nave industrial?* Obtenido de <http://dielectric.es/cual-es-el-consumo-electrico-de-una-nave-industrial/>
- DSV. (mayo de 2020). *Tipos de tráiler y dimensiones*. Obtenido de <https://www.es.dsv.com/road-transport/tipos-de-trailer-y-dimensiones>
- Ecoembes. (abril de 2020). *Ecoembes*. Obtenido de <http://www.ecoembes.com>
- Estatal, A. (junio de 2020). *Boletín Oficial del Estado*. Obtenido de <http://www.boe.es>
- Fundación Wikimedia. (mayo de 2020). *Wikipedia, la enciclopedia libre*. Obtenido de <http://es.wikipedia.org>
- Gabinete técnico aparejadores Guadalajara. (junio de 2020). *Preciocentro (generador precios construcción)*. Obtenido de <https://preciocentro.com/>
- Grupo Diansa. (mayo de 2020). *Normativa que debe cumplir una construcción de nave industrial*. Obtenido de <https://www.cubiertasdiansa.com/normativa-que-debe-cumplir-una-construccion-de-nave-industrial/>
- GTM Ingeniería & Proyectos. (abril de 2020). *Trámites construcción nave industrial*. Obtenido de <https://www.gtmingeneria.com/tramites-construccion-nave-industrial/>
- *Instituto Nacional de Estadística*. (mayo de 2020). Obtenido de <http://www.ine.es>

- *Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo*. (junio de 2020). Obtenido de <http://www.insst.es>
- Iturri. (mayo de 2020). *Soluciones contra incendios en plantas industriales*. Obtenido de <http://www.iturri.com/soluciones/instalaciones-y-equipos-contra-incendio/soluciones-contra-incendio-en-plantas-industriales>
- Junta Castilla y León. (junio de 2020). *Web Junta Castilla y León*. Obtenido de <http://www.jcyl.es>
- Ledbox. (junio de 2020). *Niveles recomendados de iluminación por zonas*. Obtenido de <https://blog.ledbox.es/informacion-led/niveles-recomendados-lux>
- Mariano. (mayo de 2020). *Tecnología de los Plásticos*. Obtenido de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com>
- Masachs. (junio de 2020). *La normativa contraincendios en naves industriales*. Obtenido de <https://masachs.com/la-normativa-contra-incendios-en-naves-industriales>
- Miranda Empresas. (abril de 2020). *Mirandaempresas*. Obtenido de <http://mirandaempresas.com>
- Naves Madrid. (mayo de 2020). *Navesmadrid*. Obtenido de <http://www.navesmadrid.com>
- OBS. (junio de 2020). *Elementos claves en el estudio económico de un proyecto*. Obtenido de <https://obsbusiness.school/es/blog-project-management/etapas-de-un-proyecto/elementos-claves-en-el-estudio-economico-de-un-proyecto>
- PATEC. (mayo de 2020). *Configurador 3D naves industriales*. Obtenido de <https://www.patec.org/configurador-3D.php>
- PETCIA. (abril de 2020). *PET Compañía para su reciclado*. Obtenido de <https://www.petcia.es/>
- Plastics Europe. (abril de 2020). *An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Obtenido de <https://www.plasticseurope.org/es/resources/publications/1804-plastics-facts-2019>
- Proymec. (mayo de 2020). *Medidas contra incendios en plantas industriales*. Obtenido de <http://proymec.es/blog/medidas-contra-incendios-en-plantas-industriales/>
- Recursos en project management. (abril de 2020). *Definición del alcance de un proyecto*. Obtenido de <https://www.recursosenprojectmanagement.com/definicion-del-alcance-del-proyecto/>
- Reforma Coruña. (mayo de 2020). *Cuatro tipos de cubiertas y techos para naves industriales*. Obtenido de <https://reformacoruna.com/cubiertas-naves-industriales/>
- ROPER. (junio de 2020). *Tipos de puertas automáticas industriales*. Obtenido de <https://puertasroper.com/4-tipos-de-puertas-automaticas-industriales/>



- *Sede Electrónica del Catastro.* (abril de 2020). Obtenido de <http://sedecatastro.gob.es>
- Soler y Palau. (junio de 2020). *S&P Sistemas de Ventilación.* Obtenido de <http://www.solerpalau.com>
- VITALICAPITAL. (abril de 2020). *Clasificación de tipos de naves industriales.* Obtenido de <https://vitalinaves.es/naves-industriales-en-tenerife/tipos-de-naves-industriales/>



# PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

## ANEXO I: LOCALIZACIÓN

## ANEXO I: LOCALIZACIÓN

Se incluyen imágenes de mapas para situar mejor la localización de la planta.

En esta primera imagen se localiza la ciudad de Miranda de Ebro en el norte de España.

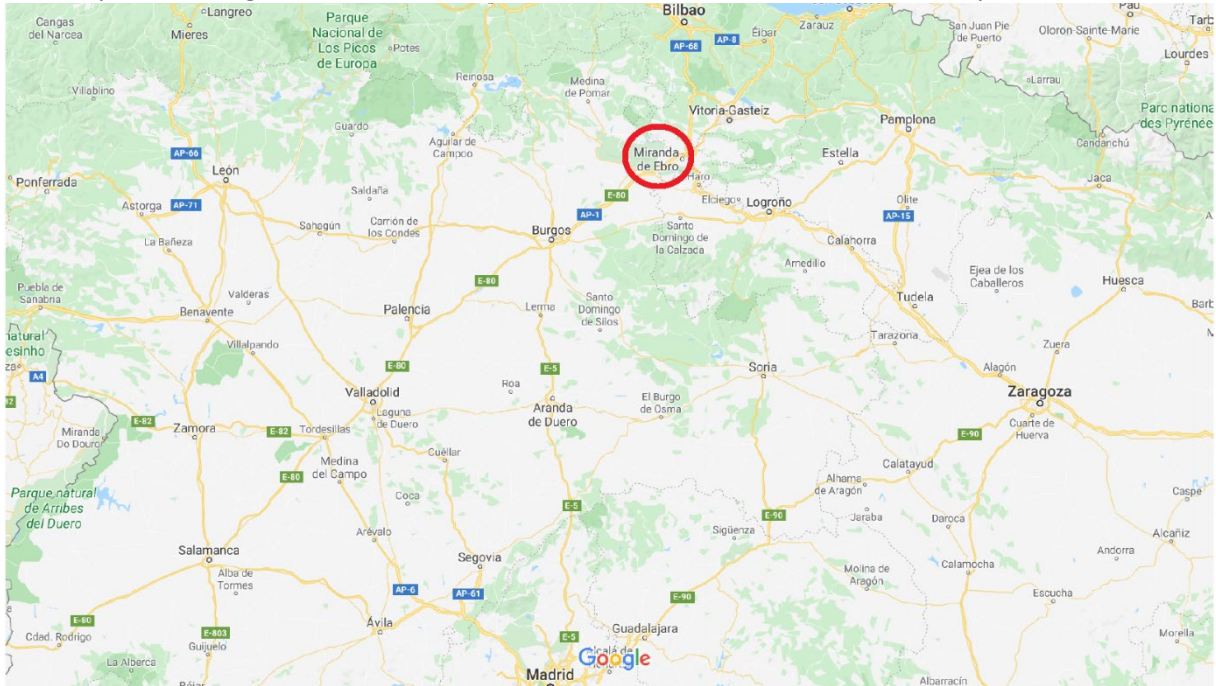


Ilustración 2 Mapa localización - Fuente: Google Maps

Una imagen más cercana del centro de la ciudad y sus polígonos industriales. La planta se localiza en el polígono industrial Californias (en verde).



Ilustración 3 Mapa localización polígonos - Fuente: Google Maps / Elaboración propia



Por último, se incluyen las imágenes catastrales de la parcela exacta (en rojo) junto con toda la información catastral.

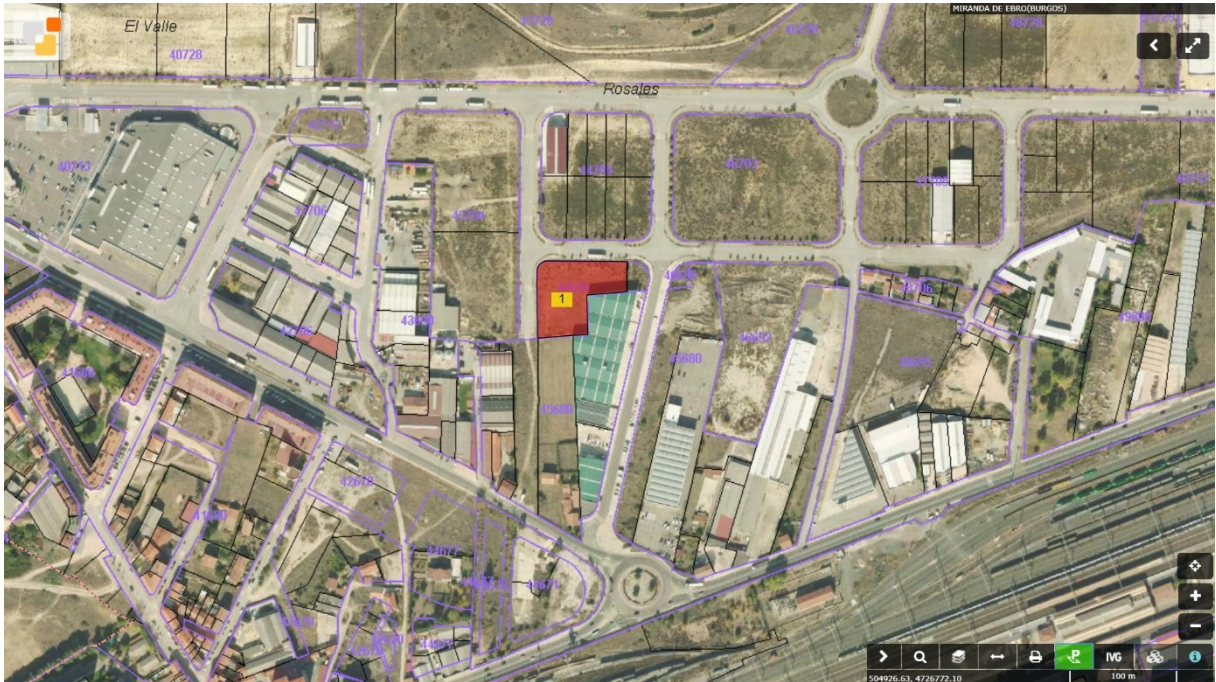


Ilustración 4 Ortofoto catastral parcela - Fuente: S.E. Catastro

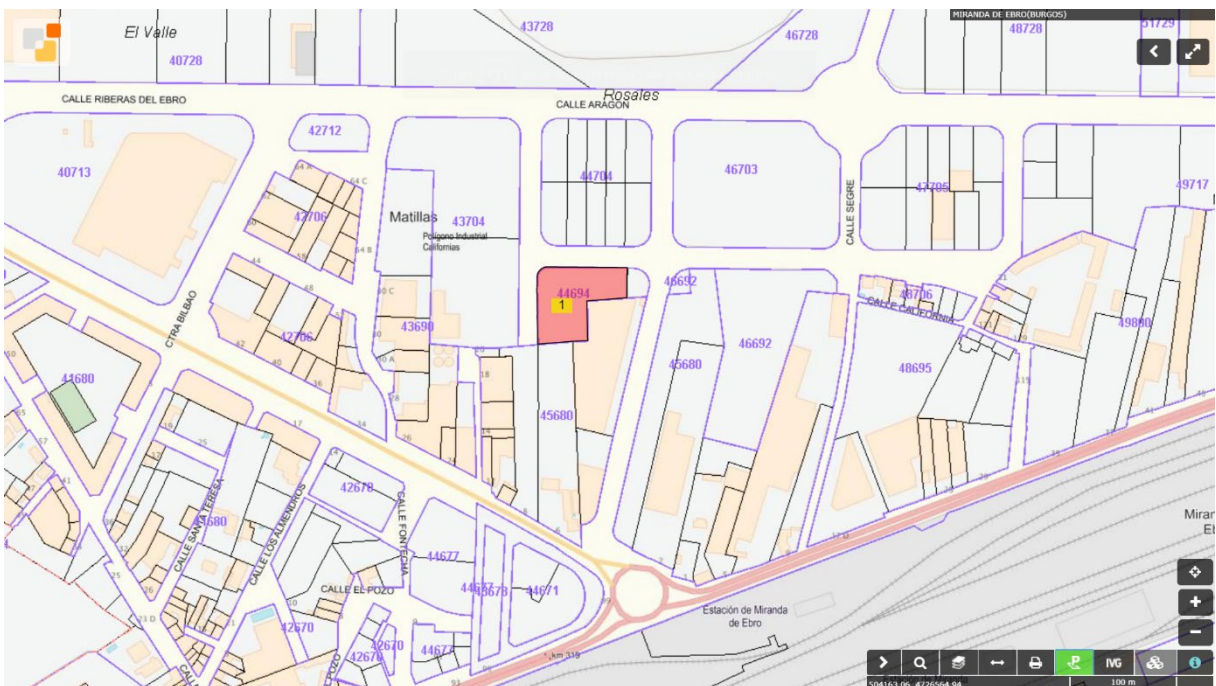


Ilustración 5 Mapa referencial catastral parcela - Fuente: S.E. Catastro

#### DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE

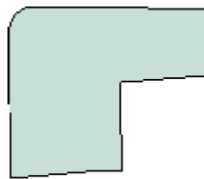
Referencia catastral  
4469401WN0246N0001WK

Localización  
CL ARAGON Suelo  
09200 MIRANDA DE EBRO (Miranda de Ebro) (BURGOS)

Clase  
Urbano

Uso principal  
Suelo sin edif.

#### PARCELA CATASTRAL



Localización  
CL ARAGON P P CALIFORNIAS  
MIRANDA DE EBRO (Miranda de Ebro) (BURGOS)

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

# PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

## ANEXO II: CRONOGRAMA

ANEXO II: CRONOGRAMA

CRONOGRAMA

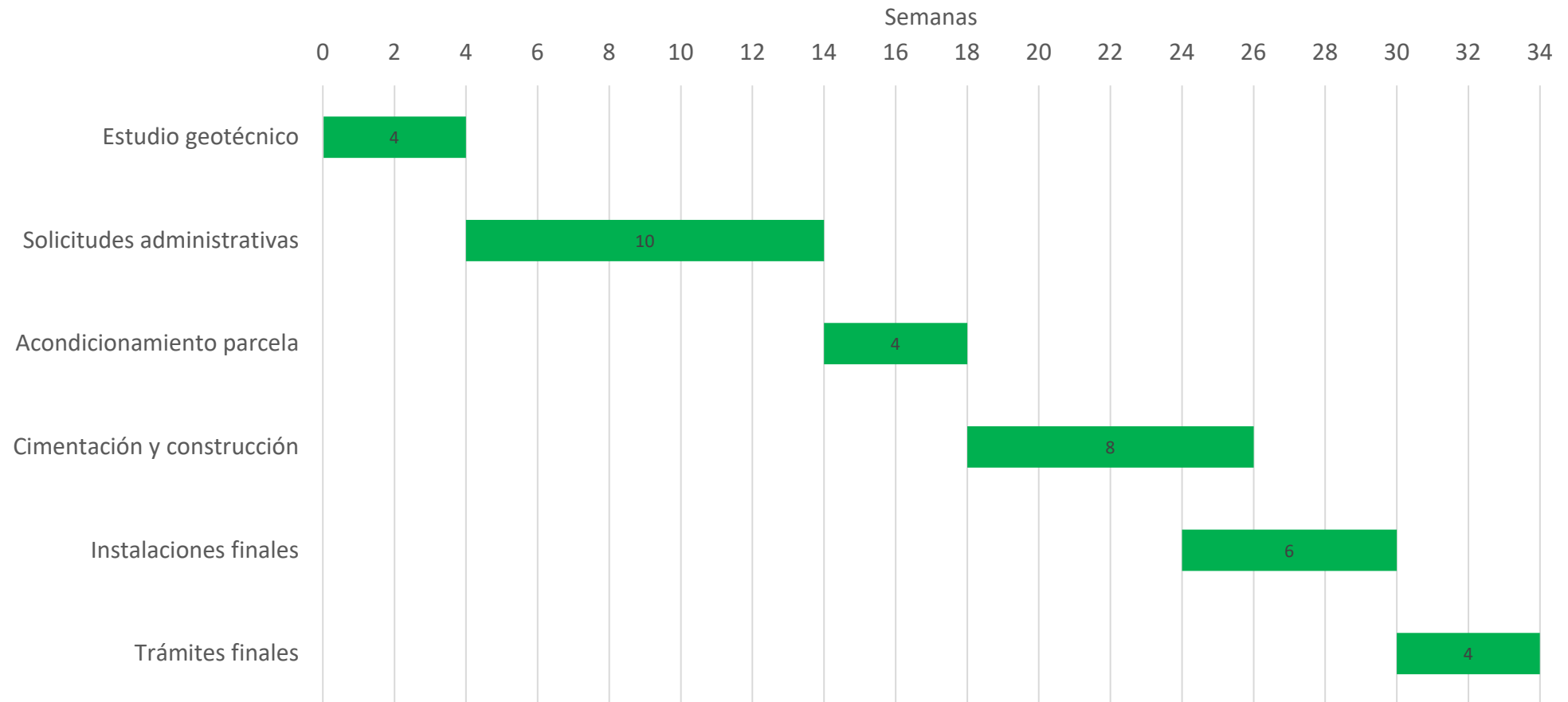


Ilustración 6 Cronograma - Fuente: Elaboración propia

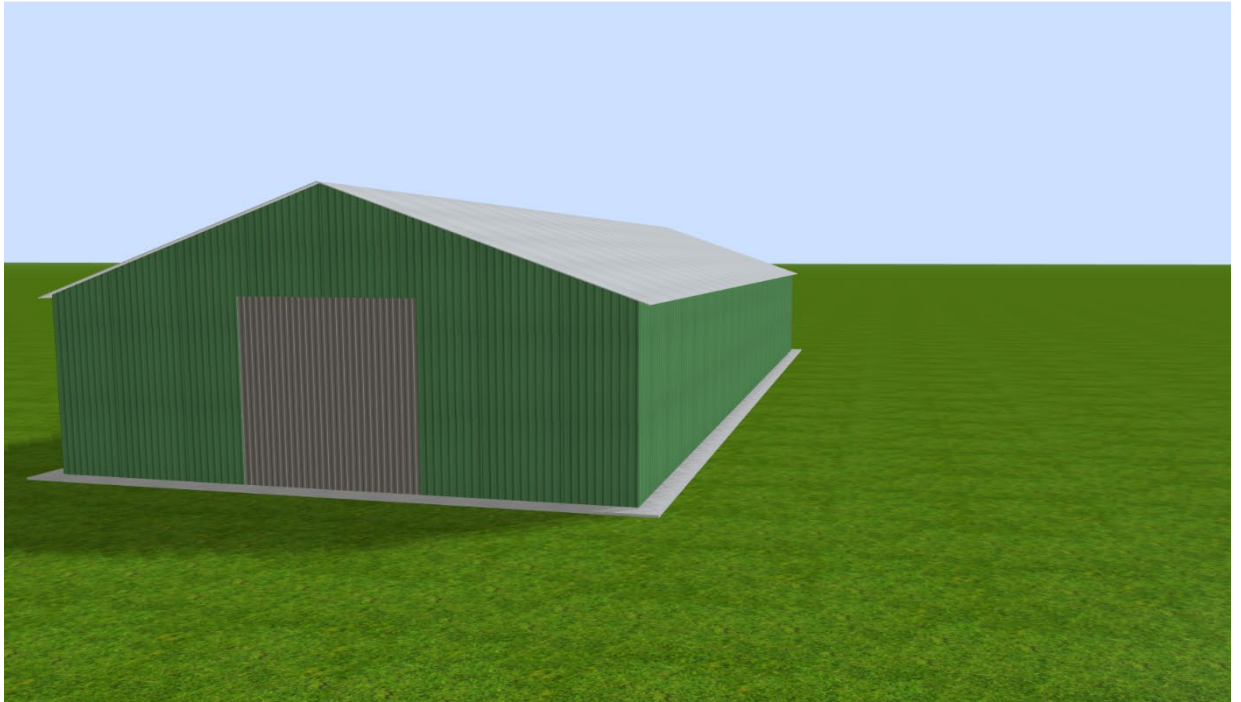


# PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

## ANEXO III: EDIFICACIÓN E INSTALACIONES

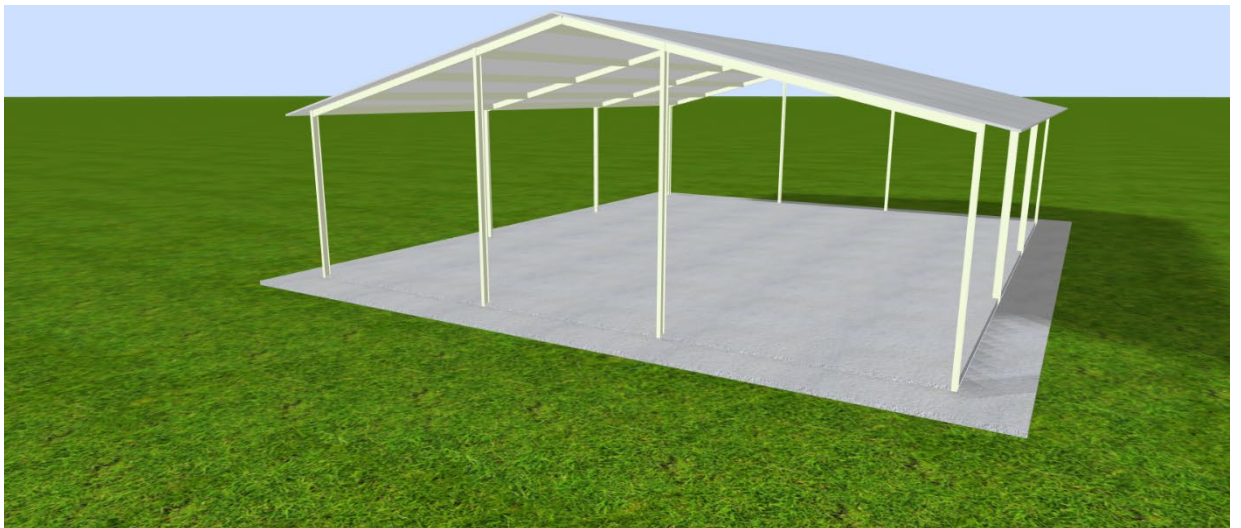
### ANEXO III: EDIFICACIÓN E INSTALACIONES

Como ejemplificación visual, la nave principal sería aproximadamente como en la siguiente simulación 3D<sup>2</sup>:



*Ilustración 7 Simulación exterior nave industrial - Fuente: PATEC*

Y la tejavana de almacén de materia prima sería así (exceptuando el pequeño muro que la recorrería por temas de seguridad):



*Ilustración 8 Simulación tejavana materia prima - Fuente: PATEC*

---

<sup>2</sup> La simulación ha sido realizada con el diseñador online de la página: <https://www.patec.org/configurador-3D.php>



# PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

## ANEXO IV: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

## ANEXO IV: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

La instalación constará de dos sub-instalaciones, por un lado, la principal que será aquella de la cubierta que está orientada hacia el sur, y por otro lado la de la cubierta orientada hacia el norte.

Para la elaboración de los cálculos de la instalación se toman los siguientes datos:

- **Localización de la planta:** Miranda de Ebro
- **Tarifa de acceso:** 3.1 A
- **Potencia contratada:** 300 kW
- **Consumo medio anual:** 1440000 kWh
- **Días laborales por semana:** 6 días
- **Días empresa cerrada por vacaciones:** 65 días
- **Consumo en horas de parada:** Equipamiento mínimo (10%)
- **Cubierta:** Cubierta de chapa orientada al norte y al sur
- **Eficiencia del módulo:** Módulos de alta eficiencia
- **Superficie disponible para módulos:** 916 m<sup>2</sup> por cada cubierta

Con los siguientes datos y haciendo uso de la herramienta calculadora solar de BayWa r.e<sup>3</sup>, obtenemos los siguientes datos para las instalaciones:

- **Instalación principal (orientación sur):**  
Se elige una instalación de vertido de excedentes a la red, aunque en el caso de la planta es poco probable que haya excedentes.

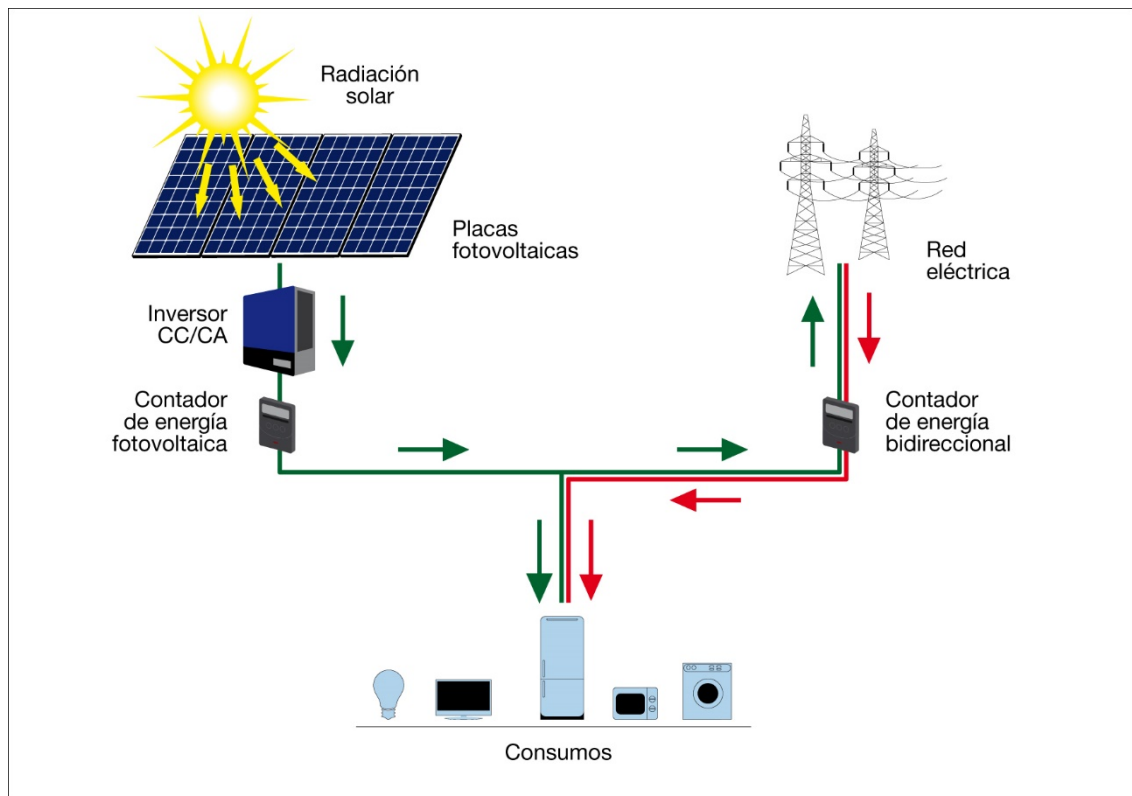


Ilustración 9 Esquema instalación fotovoltaica - Fuente: BayWa-Re

<sup>3</sup> Datos obtenidos de la calculadora solar online de la página [www.baywa-re.es](http://www.baywa-re.es)



Con esta instalación se obtendría una producción total de 227000 kWh/año.  
Se debería realizar una inversión inicial de 145200 €.  
Y el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> sería de 111,82 tnCO<sub>2</sub>/año.

Los módulos fotovoltaicos serán de alta eficiencia, es decir, paneles con células monocristalinas y una eficiencia superior al 20% (200 W/m<sup>2</sup>).

Serán módulos de última generación con unos materiales que proporcionarán impermeabilidad y robustez que podrán alargar la vida del producto, y que además permitirán que los módulos funcionen incluso en las condiciones meteorológicas más duras, lo cual en la localidad en la que se sitúa la nave industrial es una característica importante a considerar.

La gráfica entre el consumo de la planta y la generación fotovoltaica quedarías así:

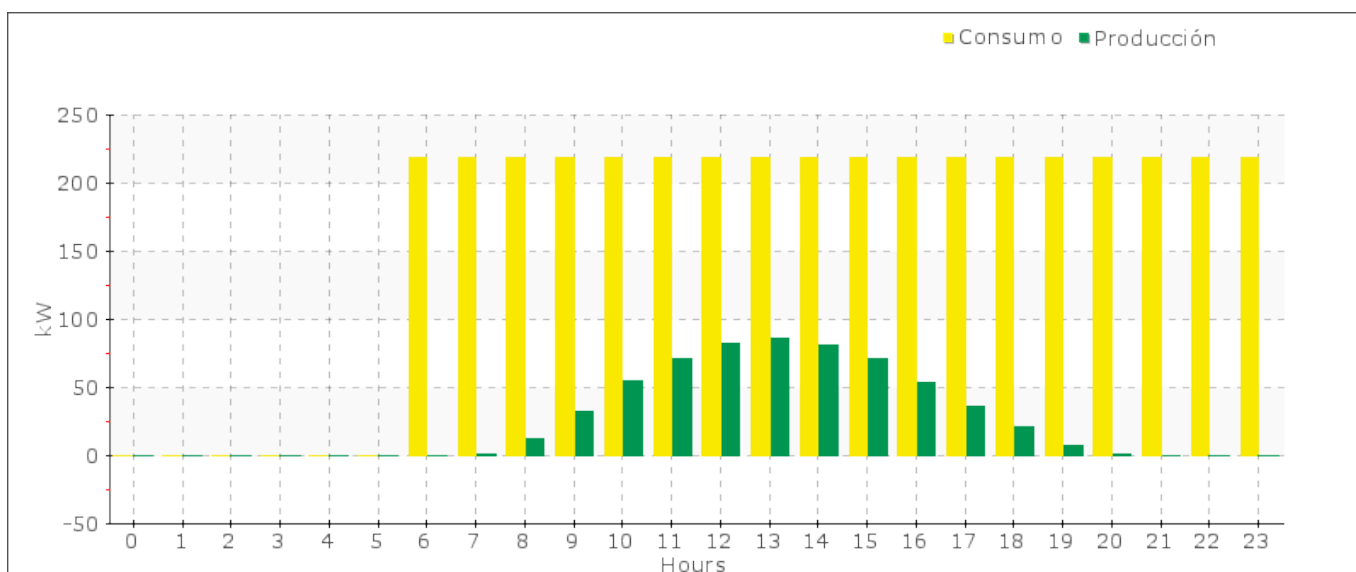


Ilustración 10 Gráfico consumo fotovoltaico - Fuente: BayWa-Re

- **Instalación secundaria (orientación norte):**

La instalación secundaria constaría de el mismo tipo de instalación solo que en la otra parte de la cubierta, es decir, con orientación norte. El resto de los datos son exactamente los mismo con lo cual nos surge una instalación que también nos proporcionará un apoyo energético pero menor que la instalación anterior.

Con esta instalación se obtendría una producción total de 74120 kWh/año.  
Se debería realizar una inversión inicial de 60000 €.  
Y el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> sería de 44,84 tnCO<sub>2</sub>/año.

De esta manera se puede resumir que la producción total anual de energía con las dos instalaciones ascendería a 301120 kWh.

Anteriormente ya se ha mencionado que la energía restante que se deba contratar será a empresas que se sepa que tienen una energía 100% verde ya que es la principal intención de la planta, lograr alimentarse con energías renovables respetando el medioambiente en todo momento del proceso industrial.



# PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

## ANEXO V: CARACTERÍSTICAS MATERIA PRIMA

## ANEXO V: CARACTERÍSTICAS MATERIA PRIMA

El PET (polyethylene terephthalate) es un plástico. Químicamente hablando, se puede decir que es un polímero obtenido de la reacción de policondensación entre un ácido y un diol. El ácido es el ácido tereftálico, y el otro compuesto es el etilenglicol.

La fórmula del tereftalato de polietileno es la siguiente:  $(C_{10}H_8O_4)_n$   $(C_{10}H_8O_4)_n$  y se encuentra dentro del grupo de los polímeros sintéticos denominados poliésteres. Sus propiedades técnicas quedan reflejadas en la siguiente tabla:

PROPIEDAD	VALOR
Densidad	1,370 g/cm <sup>3</sup>
Módulo de Young	2800 – 3100 MPa
Resistencia a la tensión	59 – 72 MPa
Resistencia a la compresión	76 – 128 MPa
Límite elástico	50 – 150 %
Resistencia al calor	80 – 120 °C
Temperatura de fusión	260 °C
Coste	0,5 – 1,25 €/kg

Tabla 3 Propiedades del PET

Dentro de las propiedades del PET debemos destacar que es un polímero termoplástico lineal lo que implica que sus moléculas creen redes lineales lo que puede producir altos grados de cristalización, como es el caso del PET. Todas estas características hacen que esté dentro del grupo de plásticos que pueden ser transformados mediante diversos métodos como la extrusión, la inyección, el soplado, la inyección – soplado, la extrusión – soplado y el termoconformado.

También resulta interesante nombrar características prácticas que hacen que sea uno de los más utilizados en la industria:

- Por debajo de una cierta temperatura se comporta como un material sólido, duro y frágil. En cambio, por encima de esa temperatura se comporta de manera blanda y dúctil.
- Es un plástico reciclable (característica en la que se basa este estudio básico).
- Tiene una alta transparencia y también admite colorantes.
- Aguanta muy bien la corrosión y el desgaste.
- Buena resistencia térmica y química.
- Está aprobado para su utilización en artículos que vayan a estar destinados al sector de la alimentación.

Es necesario realizar un inciso en ésta última propiedad, ya que, aunque el PET de primera fabricación es apto para el sector alimenticio, a la hora de reciclarlo necesita un tratamiento especial para volver a ser apto. En el caso de este proyecto básico, no se realizará dicho tratamiento, con lo que el producto final que salga de nuestra planta no será apto para la industria alimentaria.

Los principales usos del PET se pueden clasificar según la industria o el sector en el que se utilizan:

- Envasado y empaquetado: gran uso para el envasado de productos alimenticios tanto líquidos como sólidos, envasado de productos químicos e incluso envasado de productos del sector farmacéutico.
- Textil: en el sector textil se emplea como fibra para la fabricación de prendas de ropa y telas.

- Electrónica: aunque abarca menos porcentaje que sus dos anteriores usos, cabe mencionar que también se emplea mucho como aislamiento, ya que se pueden fabricar con él películas muy finas.

Además de todas las propiedades y características mencionadas, también tiene varias ventajas:

- Se considera un material muy seguro para cualquier industria puesto que al ser golpeado no se fractura y en su proceso de fabricación (cuando pasa de materia prima a producto final como botellas) no se genera ningún tipo de sobrante que pueda dañar al manipulador con cortes.
- Aunque ya se había mencionado en las características es interesante volver a mencionarlo puesto que es la base de este estudio básico. Es un plástico reciclable, lo cual tiene tanto ventajas económicas puesto que su reciclaje hace que el precio del material sea menos costoso, como ventajas ecológicas, ya que favorece que no se contamine tanto el medioambiente.
- Puesto que uno de sus usos más frecuentes son los envases, cabe destacar que es un material muy ligero y compacto, sobre todo en comparación con otro tipo de materiales del mercado como pueden ser el vidrio o la madera.
- A nivel de transporte y en relación con la anterior ventaja, resulta muy económico, puesto que a la hora de transportar productos realizados con PET es muy probable que no superen el peso máximo permitido en el medio de transporte, cosa que si se hiciera con otro material como el vidrio sí que sería más probable alcanzarlo.

Y al igual que tiene sus ventajas, tiene sus desventajas:

- A pesar de ser reciclable, está en manos del ser humano verterlo correctamente en los contenedores de residuos y puesto que en los últimos años ha aumentado bastante el consumo de plásticos en todos los sectores, esto ha generado que haya restos de PET por todas las partes del mundo.
- Unido al anterior apartado, al no ser un producto biodegradable, el efecto ambiental que se genera al no ser reciclado es muy elevado, tanto por los gases de efecto invernadero que genera como incluso por los incendios que puede ocasionar por ser altamente inflamable.
- Aunque se emplee en la industria del sector alimenticio, siguen existiendo dudas sobre su toxicidad, sobre todo en casos en los que se almacena alimento dentro de envases de PET durante un elevado período de tiempo o si se realiza un calentamiento de alimentos en este tipo de envases, se cree que pueden desprender ciertos compuestos químicos.



# PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

## ANEXO VI: MAQUINARIA

## ANEXO VI: MAQUINARIA

- ROMPEDORA FARDOS

CARACTERÍSTICA	VALOR
Dimensión (L*W*H)	2000*3000*2600 mm
Capacidad	600 kg/h
Tensión	380 V
Potencia	7,5 kW
Peso máquina	3000 kg
Precio	8500 €

Tabla 4 Características rompedora fardos



Ilustración 11 Rompedora fardos – Fuente: Mooge Tech.

- CINTAS TRANSPORTADORAS

CARACTERÍSTICA	VALOR
Dimensión (L*W*H)	Dependiendo de la longitud a transportar
Capacidad	650 kg/h
Tensión	380 V
Potencia	1,5 kW
Velocidad	10 m/min
Peso máquina	450 kg
Precio	3000 €/ud.

Tabla 5 Características cintas transportadoras



Ilustración 12 Cintas transportadoras – Fuente: Mooge Tech.

- TAMBOR LAVADO

CARACTERÍSTICA	VALOR
Dimensión (L*W*H)	8600*2200*2800 mm
Capacidad	1000 kg/h
Tensión	380 V
Potencia	5,5 kW
Peso máquina	5500 kg
Precio	20000 €

Tabla 6 Características tambor de lavado



Ilustración 13 Tambor lavado – Fuente: Mooge Tech.

- CINTA TRANSPORTADORA DETECTORA METALES

CARACTERÍSTICA	VALOR
Dimensión (L*W*H)	6000*1200*1500 mm
Capacidad	650 kg/h
Tensión	380 V
Potencia	2,2 kW
Velocidad	10 m/min
Peso máquina	500 kg
Precio	4000 €

Tabla 7 Características detector de metales



Ilustración 14 Detector de metales – Fuente: Mooge Tech.

- MOLINO

CARACTERÍSTICA	VALOR
Dimensión (L*W*H)	3500*1100*2000 mm
Capacidad	800 kg/h
Tensión	380 V
Potencia	35 kW
Velocidad	500 rpm
Peso máquina	2700 kg
Precio	20000 €

Tabla 8 Características molino



Ilustración 15 Molino - Fuente: Mooge Tech.

- TANQUE DE AGUA

CARACTERÍSTICA	VALOR
Dimensión (L*W*H)	6000*1200*1600 mm
Capacidad	800 kg/h
Tensión	380 V
Potencia	4 kW
Peso máquina	800 kg
Precio	3000 €

Tabla 9 Características tanque

de agua



Ilustración 16 Tanque de agua - Fuente: Mooge Tech.



- TANQUE LAVADO

CARACTERÍSTICA	VALOR
Dimensión (L*W*H)	1800*1800*3200 mm
Capacidad	750 kg/h
Tensión	380 V
Potencia	7,5 kW
Peso máquina	2000 kg
Precio	2500 €

Tabla 10 Características tanque de lavado



Ilustración 17 Tanque de lavado - Fuente: Mooge Tech.

- TORNILLO SINFIN

CARACTERÍSTICA	VALOR
Dimensión (L*W*H)	4000*1200*1800 mm
Capacidad	650 kg/h
Tensión	380 V
Velocidad	40 rpm
Potencia	2,2 kW
Precio	1900 €

Tabla 11 Características tornillo sinfin



Ilustración 18 Tornillo sinfin - Fuente: Mooge Tech.

- CENTRIFUGADORA

CARACTERÍSTICA	VALOR
Dimensión (L*W*H)	1200*1100*1200 mm
Capacidad	1000 kg/h
Tensión	380 V
Potencia	7,5 kW
Peso máquina	700 kg
Precio	2100 €

Tabla 12 Características centrifugadora



Ilustración 19 Centrifugadora - Fuente: Mooge Tech.

- TRANSPORTE NEUMÁTICO

CARACTERÍSTICA	VALOR
Dimensión (L*W*H)	1070*625*790 mm
Presión	2 bar
Velocidad	1000 r.p.m.
Potencia	15,4 kW
Peso máquina	230 kg
Precio	2900 €

Tabla 13 Características transporte neumático



Ilustración 20 Transporte neumático - Fuente: Mooge Tech.

- CICLÓN

CARACTERÍSTICA	VALOR
Dimensión (L*W*H)	4200*1850*850 mm
Capacidad	950 kg/h
Tensión	380 V
Potencia	3 kW
Peso máquina	1000 kg
Precio	3500 €

Tabla 14 Características ciclón



Ilustración 21 Ciclón - Fuente: Mooge Tech.



**PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE  
RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN  
MIRANDA DE EBRO**

**ANEXO VII: CÁLCULO  
NRI Y CARGA DE  
FUEGO**

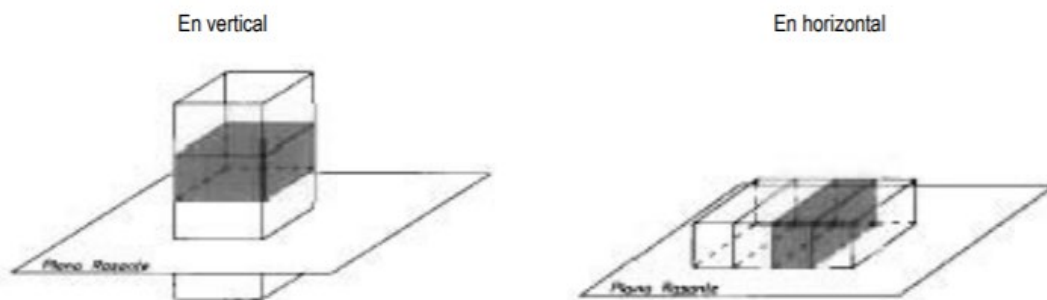
## ANEXO VII: CÁLCULO NRI Y CARGA DE FUEGO

Para evaluar el sistema de incendios que se necesita instalar primero se analiza el NRI (Nivel de Riesgo Intrínseco) de la planta. Para ello se comienza calculando la carga de fuego del edificio, en el caso de este estudio la nave industrial.

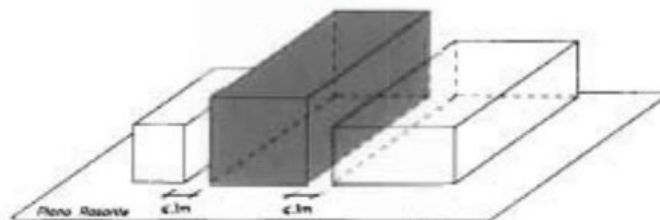
Para el cálculo necesitamos datos de la nave y la materia, así como datos proporcionados por las tablas que se encuentran en el R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. También se necesita conocer la caracterización del establecimiento industrial en relación con la seguridad contra incendios.

En este estudio básico nos encontramos con una nave industrial separada de cualquier otra edificación cercana. Por ello nos encontramos frente a un edificio de tipo c.

### TIPO A: estructura portante común con otros establecimientos



### TIPO B



### TIPO C

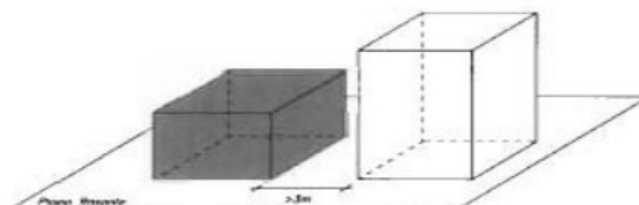


Ilustración 22 Tipos estructuras sistema incendios - Fuente: BOE

Como establece el R.D., las edificaciones tipo c: “*el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.*”

Las tablas que comentábamos anteriormente quedan reflejadas a continuación:

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, $C_i$		
ALTA	MEDIA	BAJA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1</li> <li>- Líquidos clasificados como subclase B<sub>1</sub>, en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C.</li> <li>- Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente.</li> <li>- Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como subclase B<sub>2</sub> en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C.</li> <li>- Sólidos que emiten gases inflamables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1.</li> <li>- Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.</li> </ul>
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

Tabla 15 Coeficientes de peligrosidad por combustibilidad - Fuente: BOE

Nivel de riesgo intrínseco (NRI)	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Tabla 16 NRI según densidad de carga de fuego - Fuente: BOE

ACTIVIDAD	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	Q <sub>s</sub>		Ra	q <sub>v</sub>		Ra
	MJ/m <sup>2</sup>	Mcal/m <sup>2</sup>		MJ/m <sup>3</sup>	Mcal/m <sup>3</sup>	
Tejares, secadero, estanterías metálicas	40	10	1,0			
Tejidos cáñamo, yute, lino				1.300	313	2,0
Tejidos de rafia	400	96	1,5			
Tejidos en general, almacén				2.000	481	2,0
Tejidos sintéticos	300	72	1,5	1.300	313	2,0
Tejidos, depósito de balas de algodón				1.300	313	2,0
Tejidos, seda artificial	300	72	1,5	1.000	240	2,0
Teléfonos	400	96	1,5	200	48	2,0
Teléfonos, centrales de	80	19	1,5			
Textiles				1.000	240	2,0
Textiles, apresto	300	72	1,0	1.100	264	2,0
Textiles, artículos de				600	144	1,5
Textiles, bajos de prendas	300	72	1,0	1.000	240	1,5
Textiles, blanqueado	500	120	1,5			
Textiles, bordado	300	72	1,0			
Textiles, calandrado	500	120	1,5			
Textiles, confección	300	72	1,0			
Textiles, corte	500	120	1,5			
Textiles, de lino				1.300	313	2,0
Textiles, de yute	400	96	1,0	1.300	313	2,0
Textiles, embalaje	600	144	1,6			
Textiles, encajes					144	
Textiles, estampado	700	168	1,5			
Textiles, expedición	600	144	1,5			
Textiles, forros	700	168	1,5			
Textiles, lencería	500	120	1,5			
Textiles, mantas	500	120	1,5		457	
Textiles, prendas de vestir	500	120	1,5		96	
Textiles, preparación	300	72	1,5			
Textiles, ropa de cama	500	120	1,5			
Textiles, tejidos (fabricación)	300	72	1,5			
Textiles, teñido	500	120	1,5			
Textiles, tricotado	300	72	1,0	1.300	313	2,0
Textiles, venta	600	144	1,5			
Tintas	200	48	1,0			
Tintas de imprenta	700	168	1,5	3.000	721	2,0
Tintorerías	500	120	1,5			
Toldos o lonas	300	72	1,0	1.000	240	1,0
Toneles de madera	1.000	240	1,5	800	192	1,5
Toneles de plástico	600	144	1,5	800	192	1,5

Tabla 17 Valores Q<sub>s</sub> y q<sub>v</sub> en función del sector - Fuente: BOE

PODER CALORÍFICO (q) DE DIVERSAS SUSTANCIAS								
PRODUCTO	MJ/kg	Mcal/kg	PRODUCTO	MJ/kg	Mcal/kg	PRODUCTO	MJ/kg	Mcal/ kg
Aceite de parafina	42	10	Celulosa	16,7	4	Malta	16,7	4
Acetaldehído	25,1	6	Cereales	16,7	4	Mantequilla	37,2	9
Acetamida	21	5	Chocolate	25,1	6	Metano	50,2	12
Acetato de amilo	33,5	8	Cicloheptano	46	11	Monóxido de carbono	8,4	2
Acetato de polivinilo	21	5	Ciclohexano	46	11	Nitrito de acetona	29,3	7
Acetona	29,3	7	Ciclopentano	46	11	Nitrocelulosa	8,4	2
Acetileno	50,2	12	Ciclopropano	50,2	12	Octano	46	11
Acetileno disuelto	16,7	4	Cloruro de polivinilo	21	5	Papel	16,7	4
Acido acético	16,7	4	Cola celulósica	37,2	9	Parafina	46	11
Acido benzóico	25,1	6	Coque de hulla	29,3	7	Pentano	50,2	12
Acroleína	29,3	7	Cuero	21	5	Petróleo	42	10
Aguarrás	42	10	Dietilamina	42	10	Poliamida	29,3	7
Albúmina vegetal	25,1	6	Dietilcetona	33,5	8	Policarbonato	29,3	7
Alcanfor	37,2	9	Dietileter	37,2	9	Poliéster	25,1	6
Alcohol alílico	33,5	8	Difenil	42	10	Poliestireno	42	10
Alcohol amílico	42	10	Dinamita (75 %)	4,2	1	Polietileno	42	10
Alcohol butílico	33,5	8	Dipenteno	46	11	Poliisobutileno	46	11
Alcohol cetílico	42	10	Ebonita	33,5	8	Politetrafluoretileno	4,2	1
Alcohol etílico	25,1	6	Etano	50,2	12	Poliuretano	25,1	6
Alcohol metílico	21	5	Eter amílico	42	10	Propano	46	11
Almidón	16,7	4	Eter etílico	33,5	8	Rayón	16,7	4
Anhídrido acético	16,7	4	Fibra de coco	25,1	6	Resina de pino	42	10
Anilina	37,2	9	Fenol	33,5	8	Resina de fenol	25,1	6
Antraceno	42	10	Fósforo	25,1	6	Resina de urea	21	5
Antracita	33,5	8	Furano	25,1	6	Seda	21	5
Azúcar	16,7	4	Gasóleo	42	10	Sisal	16,7	4
Azufre	8,4	2	Glicerina	16,7	4	Sodio	4,2	1
Benzaldehído	33,5	8	Grasas	42	10	Sulfuro de carbono	12,5	3
Bencina	42	10	Gutapercha	46	11	Tabaco	16,7	4
Benzol	42	10	Harina de trigo	16,7	4	Té	16,7	4
Benzofena	33,8	8	Heptano	46	11	Tetralina	46	11
Butano	46	11	Hexametileno	46	11	Toluol	42	10

Tabla 18 Poder calorífico diversas sustancias - Fuente: BOE



De las anteriores tablas sacamos los valores necesarios para calcular la carga de fuego, lo cual nos servirá para establecer el NRI.

Los datos necesarios para el cálculo son:

- $G_i$  = masa de cada uno de los combustibles que existen en el área de incendio [kg].
- $q_i$  = poder calorífico de cada uno de los combustibles que existen [MJ/kg – Mcal/kg].
- $C_i$  = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad de cada uno de los combustibles.
- $R_a$  = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad inherente a la actividad industrial del sector.
- $A$  = superficie ocupada del área de incendio [ $m^2$ ].
- $Q_s$  = densidad de carga de fuego ponderada y corregida del sector o área de incendio [MJ/ $m^2$  – Mcal/ $m^2$ ].

Los datos obtenidos de cálculos internos y las tablas anteriores son los siguientes:

- $G_i = 39500$  kg.
- $q_i = 23$  MJ/kg.
- $C_i = 1,00$ .
- $R_a = 2$ .
- $A = 1833$   $m^2$ .

Realizando el cálculo obtenemos el siguiente resultado:

$$Q_s = \frac{\sum_i G_i * q_i * C_i}{A} * R_a = \frac{39500 \text{ kg} * 23 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} * 1,00}{1833 \text{ m}^2} * 2$$
$$Q_s = 991,27 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}$$

Volviendo a la tabla, podemos definir el NRI como medio al ser nivel 3.



# PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

## ANEXO VIII: SEÑALIZACIÓN

### ANEXO VIII: SEÑALIZACIÓN

Para el tema de señalización se indicarán con una señal las salidas de uso habitual o de emergencia, y también la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, aunque estos puedan ser fácilmente localizables. Todo esto se realizará teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1.997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

Así, se emplearán las señales establecidas en el documento “Señalización de emergencia en los centros de trabajo” del INSST y según la normalización de las normas UNE 23033-1:2019 (Seguridad contra incendios. Señalización de seguridad. Parte 1: Señales y balizamiento de los sistemas y equipos de protección contra incendios) y UNE 23034:1988 (Seguridad contra incendios. Señalización de seguridad. Vías de evacuación).



Ilustración 23 Señalización emergencia e incendios - Fuente: Electrosistemax

También existirá señalización respecto a las normas a cumplir dentro de la nave industrial como de todo el recinto que la compone. Todas ellas extraídas de la norma UNE-EN ISO 7010:2020 (Símbolos gráficos. Colores y señales de seguridad. Señales de seguridad registradas).



Ilustración 24 Señalización obligatoria – Fuente: AENOR



*Ilustración 25 Señalización prohibiciones y advertencias - Fuente: AENOR*



**PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE  
RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN  
MIRANDA DE EBRO**

**VALORACIÓN  
ECONÓMICA  
(PRESUPUESTO)**

El presupuesto asociado a los precios de obra y de instalaciones se refleja en la siguiente tabla:

<b>OBRA E INSTALACIONES</b>			
<i>Obra o instalación</i>	<i>Precio m<sup>2</sup></i>	<i>m<sup>2</sup></i>	<i>SUBTOTAL</i>
Nave de fabricación	344,95 €	1.400,00	482.930 €
Almacén	290,78 €	260,00	75.604 €
Oficinas	574,92 €	173,00	99.461 €
Vestuarios y aseos	335,39 €	173,00	58.023 €
Patio maniobras	68,99 €	1.453,00	100.242 €
Aparcamiento	68,99 €	464,00	32.011 €
Zonas verdes	68,99 €	290,00	20.007 €
<b>Subtotal ejecución material</b>			<b>868.279 €</b>
Gastos generales + beneficio industrial	19%		164.973 €
Instalación fotovoltaica			205.200 €
<b>TOTAL OBRA E INSTALACIONES</b>			<b>1.238.452 €</b>

Tabla 19 Presupuesto obra e instalaciones

Donde se realizan los subtotales multiplicando el precio por metro cuadrado al que nos realizan la obra o la instalación (en el caso de las instalaciones eléctricas, sanitarias y de incendios, los precios se incluyen Enel de la nave y almacén, así como en el de los vestuarios, aseos y oficinas) por la cantidad de superficie de la zona.

Así se elabora el subtotal de ejecución material, el cual es el sumatorio de los subtotales anteriores. A éste se le multiplica por el 19% que consideramos como gastos generales y el beneficio industrial. Por último, le añadimos el precio de las dos sub-instalaciones fotovoltaicas lo que nos proporciona un precio de obra e instalaciones que asciende a 1.238.452 €.

Ahora pasamos al tema de maquinaria y logística, donde nos encontramos las siguientes tablas que elaboran los totales:

<b>MAQUINARIA</b>			
<i>Artículo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Coste unidad</i>	<i>SUBTOTAL</i>
Rompedora fardos	3	8.500 €	25.500 €
Cintas transportadoras	6	3.000 €	18.000 €
Tambor lavado	3	20.000 €	60.000 €
Detector metales	3	4.000 €	12.000 €
Molino	3	20.000 €	60.000 €
Tanque de agua	3	3.000 €	9.000 €
Tanque lavado	3	2.500 €	7.500 €
Tornillo sinfín	3	1.900 €	5.700 €
Centrifugadora	3	2.100 €	6.300 €
Transporte neumático	1	2.900 €	2.900 €
Ciclón	3	3.500 €	10.500 €
<b>TOTAL MAQUINARIA</b>			<b>217.400 €</b>

Tabla 20 Presupuesto maquinaria

<b>LOGÍSTICA</b>			
<i>Artículo</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Coste unidad</i>	<i>SUBTOTAL</i>
Carretilla elevadora	1	10.000 €	10.000 €
<b>TOTAL LOGÍSTICA</b>			<b>10.000 €</b>

*Tabla 21 Presupuesto logística*

Y por último mostramos la tabla con los totales y el precio presupuestado del estudio básico que se ha realizado:

<b>PRESUPUESTO ESTUDIO BÁSICO</b>		
<i>Total</i>		<i>SUBTOTAL</i>
Total obra e instalaciones		1.238.452 €
Total maquinaria		217.400 €
Total logística		10.000 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO ESTUDIO BÁSICO</b>		<b>1.465.852 €</b>

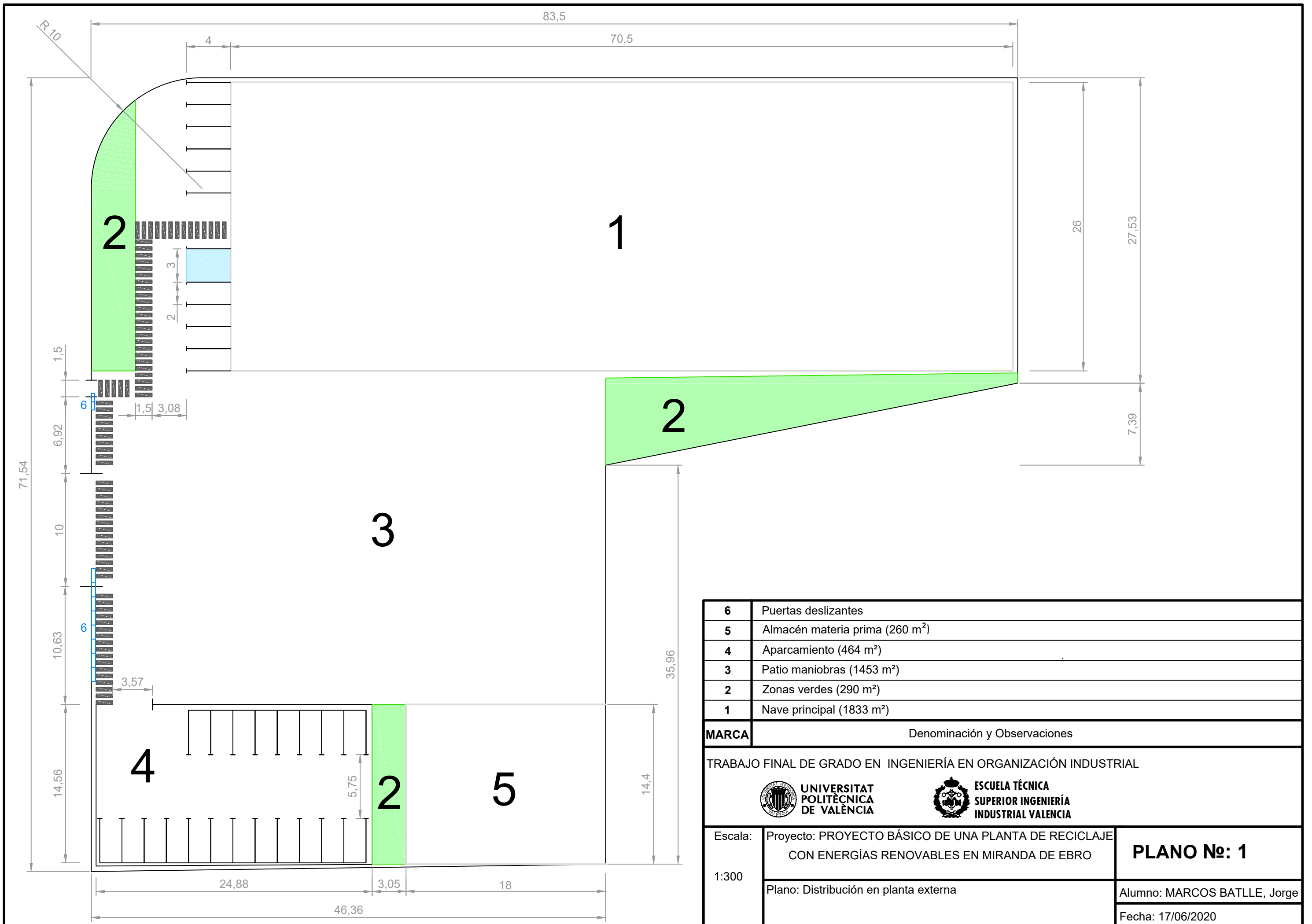
*Tabla 22 Total presupuesto*



# PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

# PLANOS





6	Puertas deslizantes
5	Almacén materia prima (260 m <sup>2</sup> )
4	Aparcamiento (464 m <sup>2</sup> )
3	Patio maniobras (1453 m <sup>2</sup> )
2	Zonas verdes (290 m <sup>2</sup> )
1	Nave principal (1833 m <sup>2</sup> )

<b>MARCA</b>	Denominación y Observaciones
--------------	------------------------------

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL

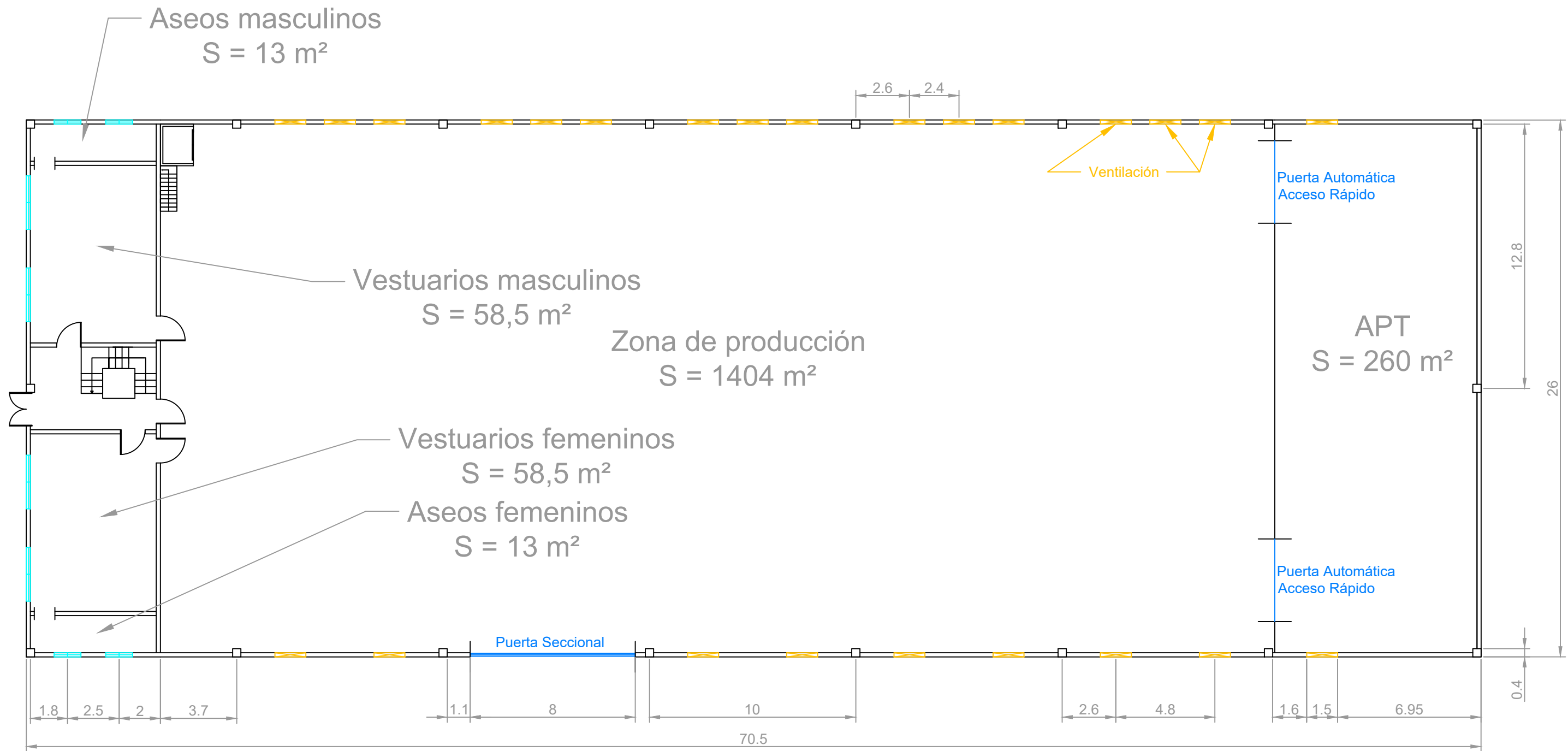


**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**



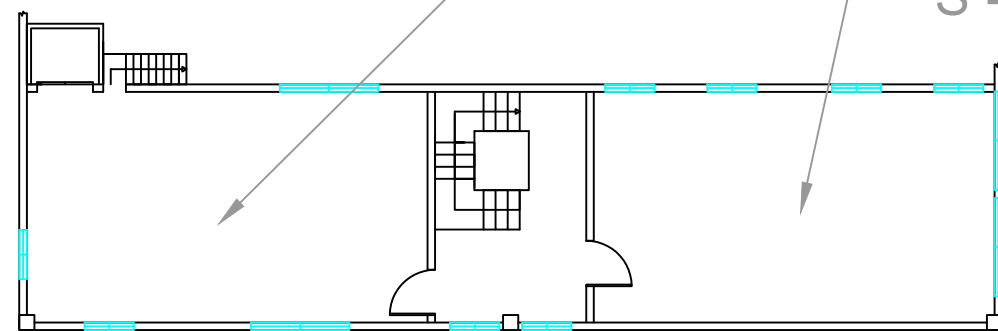
**ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA**

Escala:  1:300	Proyecto: PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO	<b>PLANO Nº: 1</b>
	Plano: Distribución en planta externa	
		Fecha: 17/06/2020



Sala reuniones y zona descanso  
S = 71,5 m<sup>2</sup>

Oficinas  
S = 71,5 m<sup>2</sup>



Oficinas, sala de reuniones y zona de descanso

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL



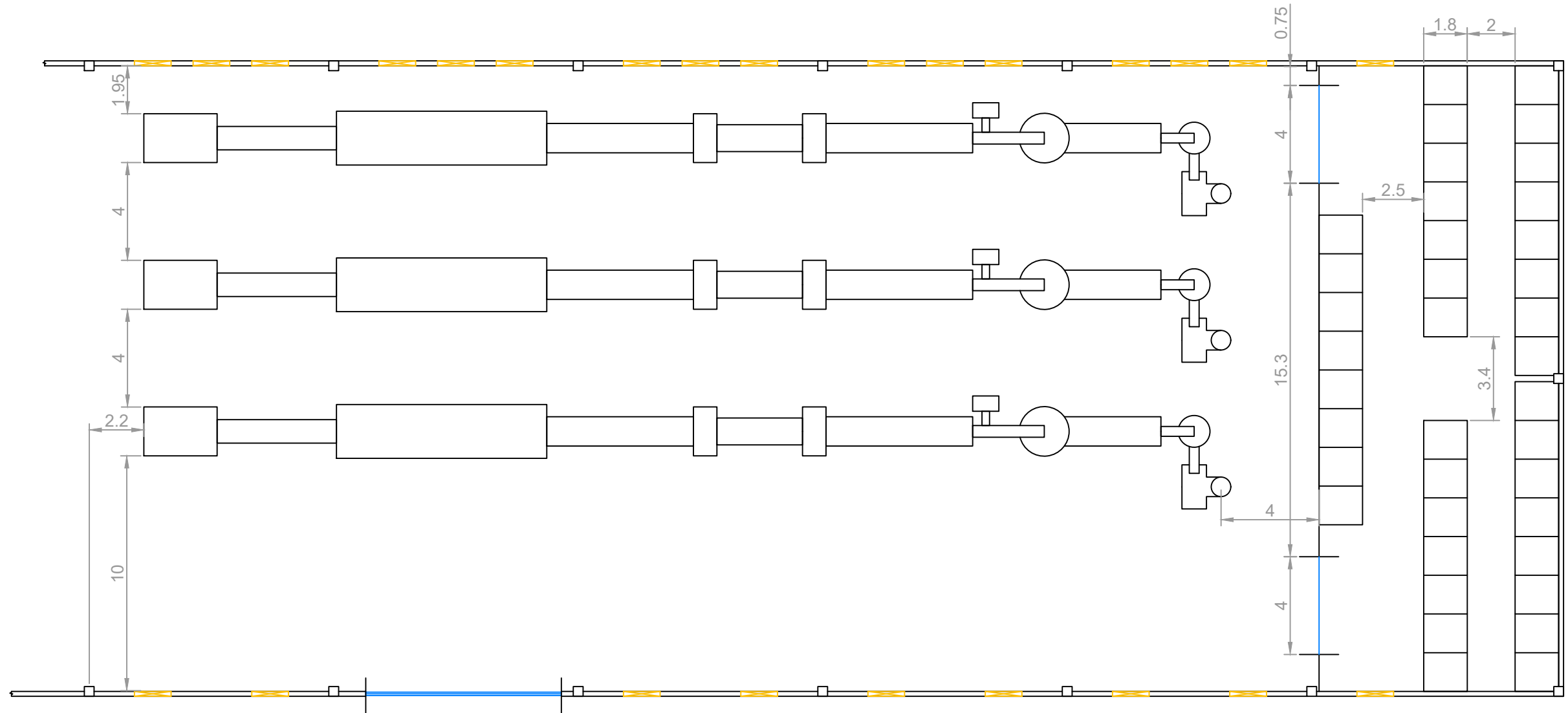
Escala: Proyecto: PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE  
CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

**PLANO Nº: 2**

1:200  
Plano: Usos y superficies

Alumno: MARCOS BATLLE, Jorge

Fecha: 17/06/2020



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

Escala:

1:200

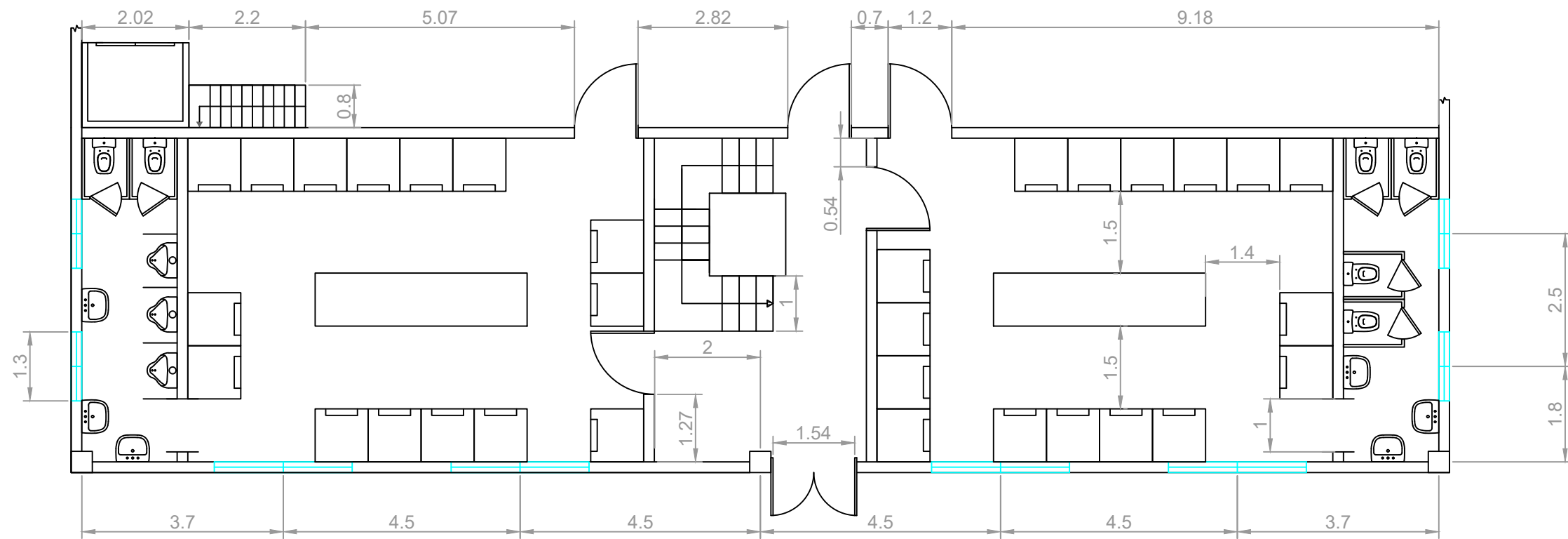
Proyecto: PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE  
CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

Plano: Distribución planta inferior

**PLANO Nº: 3**

Alumno: MARCOS BATLLE, Jorge

Fecha: 17/06/2020



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

Escala:

Proyecto: PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE  
CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

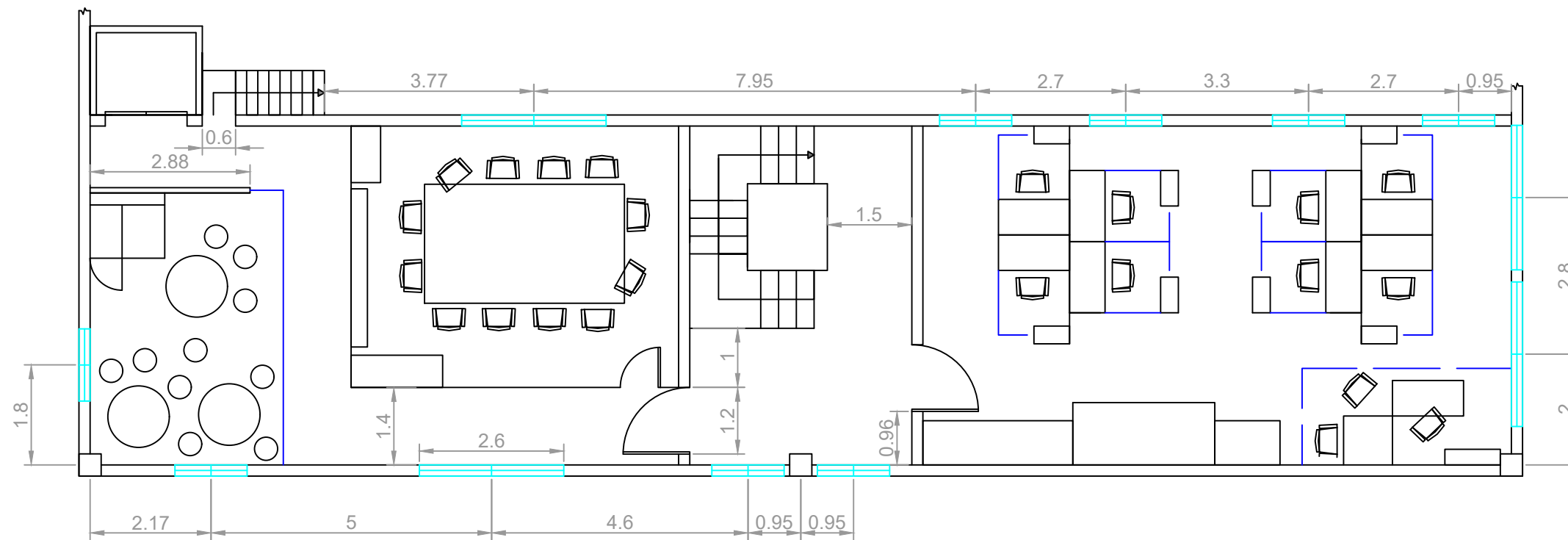
**PLANO Nº: 4**

1:100

Plano: Distribución planta inferior (Vestuarios, aseos y entrada)

Alumno: MARCOS BATLLE, Jorge

Fecha: 17/06/2020



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

Escala: Proyecto: PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE  
CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

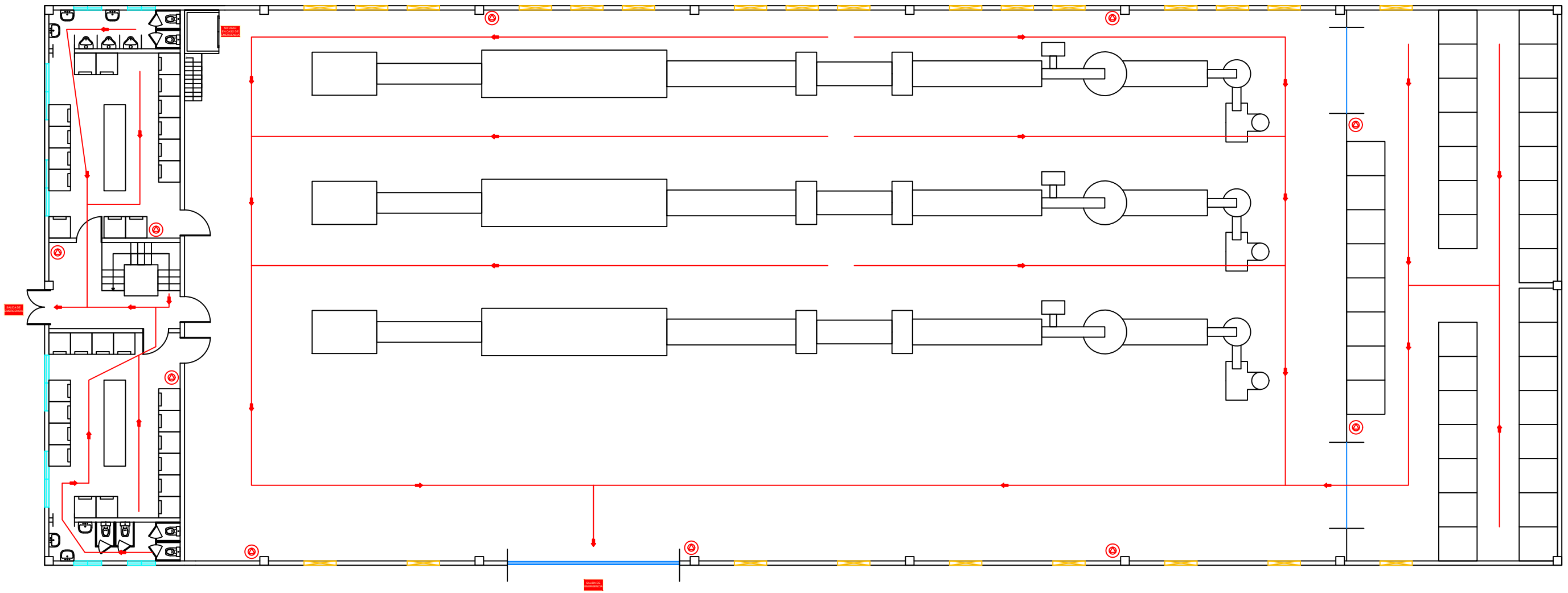
**PLANO Nº: 5**

1:100

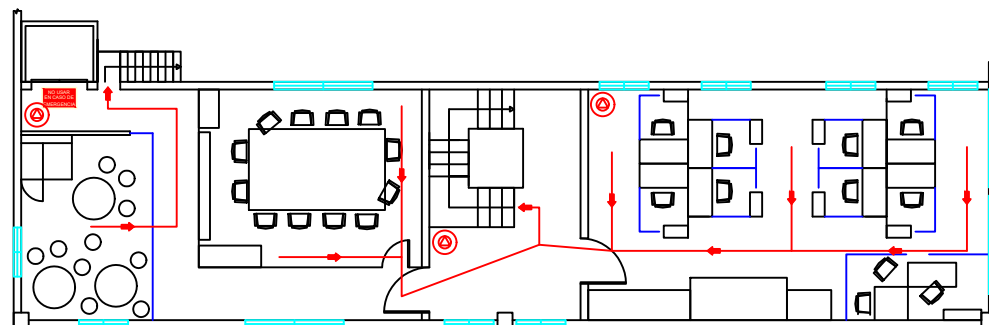
Plano: Distribución planta superior

Alumno: MARCOS BATLLE, Jorge

Fecha: 17/06/2020



⊗ EXTINTOR



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL



Escala: Proyecto: PROYECTO BÁSICO DE UNA PLANTA DE RECICLAJE  
CON ENERGÍAS RENOVABLES EN MIRANDA DE EBRO

**PLANO Nº: 6**

1:200  
Plano: Sistema incendios y emergencias

Alumno: MARCOS BATLLE, Jorge

Fecha: 17/06/2020



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

TFG-GIOI (UPV-ETSII) – MARCOS BATLLE JORGE – 2019/2020



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA