

Trabajo Fin de Grado
Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

PROYECTO DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PELLETS EN SANT MATEU

Autor:

Kevin Despons Jovaní

Tutor:

Francisco José Colomer Mendoza

Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales

Universitat Jaume I



**UNIVERSITAT
JAUME·I**

Castelló, julio de 2019

Trabajo Fin de Grado
Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural

PROYECTO DE PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PELLETS EN SANT MATEU

Autor:

Kevin Despons Jovaní

Tutor:

Francisco José Colomer Mendoza

Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales

Universitat Jaume I



**UNIVERSITAT
JAUME·I**

Castelló, julio de 2019

AGRADECIMIENTOS

*A mi madre, y a mi padre que ya no está,
gracias por...por todo.*

*A mi familia por el amor y apoyo que siempre
he recibido de ellos.*

*A Úrsula, compañera de vida, por su ayuda en
la recogida de muestras para este trabajo y por
su paciencia conmigo.*

*A mis amigos, en especial a Josep, por su ayuda
en la recogida de muestras para este trabajo, si
sale bien, ¡este verano lo celebramos!*

*A todos los profesores que he tenido a lo largo
de mi vida, por su dedicación y esfuerzo, en
especial a Sebas, el mejor profesor del que he
podido aprender, y a Paco, tutor de este
proyecto, gracias por vuestra paciencia.*

ÍNDICE GENERAL DEL PROYECTO

MEMORIA.....	7
ANEXOS	81
PLIEGO DE CONDICIONES.....	239
PRESUPUESTO	263
PLANOS.....	277

MEMORIA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Antecedentes	9
2. JUSTIFICACIÓN.....	20
3. OBJETIVOS	21
4. ALCANCE.....	22
5. UBICACIÓN DEL PROYECTO	23
6. CÁLCULO DE LA BIOMASA DISPONIBLE PARA LA PLANTA	26
7. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LA BIOMASA DISPONIBLE	28
8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	30
8.1. Diagrama de proceso	31
8.2. Maquinaria	32
8.3. Personal.....	48
9. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	51
10. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN.....	54
10.1. Iluminación de la nave	54
10.2. Iluminación de las oficinas	56
10.3. Iluminación de los W.C.....	58
10.4. Iluminación de la zona exterior.....	60
11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	62
12. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS	64
13. RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	67
13.1. Presupuesto de ejecución material (PEM)	67
13.2. Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)	68
13.3. Presupuesto final.....	69
14. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA.....	70
15. ESTUDIO DE VIABILIDAD AMBIENTAL	76
16. CONCLUSIONES	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

1.1.1. Biomasa

- ¿Qué es la biomasa?

La definición de biomasa es muy amplia y variada según la fuente que se consulte, según la RAE (Real Academia Española, 2019), la definición de biomasa tiene dos acepciones:

“1. F. Biol. Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen.”

“2. F. Biol. Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.”

A nosotros la que nos interesa en este caso es la segunda. La materia orgánica utilizable como fuente de energía.

Otra definición es la que aparece en las directivas de la Unión Europea (European Council, 2008):

“Biomasa es la fracción biodegradable de productos, deshechos y residuos de la agricultura (incluyendo sustancias vegetales y animales), silvicultura e industrias relacionadas, así como la fracción biodegradable de los residuos municipales e industriales”.

En este caso la definición de biomasa abarca mucho más terreno del que nos interesa, y no se centra en la obtención de energía.

- Clasificación de la biomasa

Según el eurobarómetro (EurObserv'ER Barometer) la biomasa o bioenergía se puede dividir en 4 tipos, y cada uno de esos tipos representa una fuente energética diferente: biomasa sólida, residuos sólidos urbanos renovables (transformados en energía por incineración), biogás y biocarburantes.

A continuación, se detalla la definición precisa de cada una de las fuentes energéticas anteriormente citadas (Cerdá, Alejandro, & Ovando, Bioenergía en la Unión Europea, 2008)

- **Biomasa sólida:** aprovechamiento térmico o eléctrico de la materia orgánica de origen vegetal o animal, excluyendo los biocarburantes, el biogás y los residuos sólidos urbanos, constituye la energía de la biomasa sólida. Dependiendo del origen y composición de cada uno de los materiales y residuos utilizados, la biomasa sólida se divide en primaria y residual:
 - **Primaria:** formada por cultivos energéticos, que son cultivos de especies vegetales destinados específicamente a la producción de biomasa para uso energético. Entre las especies agrícolas para producción de biomasa

lignocelulósica podemos citar el cardo, el sorgo, la *Brassica carinata* o la colza etíope, entre otras. Entre las especies forestales leñosas se pueden citar, entre otras, el chopo, el sauce, el eucalipto. Y finalmente en *miscanthus* entre las especies de pastos.

- **Residual o secundaria:** residuos forestales (como los generados en operaciones de limpieza o poda), residuos agrícolas leñosos (como podas de olivos, viñedos y frutales), residuos agrícolas herbáceos (como la paja de cereales de invierno o el cañote del maíz), residuos de industrias forestales y agrícolas (astillas, cortezas, serrín, huesos de aceitunas, cáscaras de frutos secos, cascarilla de arroz, etc.) (IDAE, 2007).
- **Residuos sólidos urbanos renovables (transformados en energía por incineración):** La Directiva de la Unión Europea 2008/98/CE (EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA, 2008) incluye como bio-residuos los residuos orgánicos procedentes de jardines y parques, los residuos procedentes de las cocinas y de los alimentos de los hogares, bares, restaurantes, proveedores y redes de distribución de alimentos y residuos procedentes de las plantas de tratamiento de los alimentos. Su transformación en energía se realiza por incineración.

La Directiva de la Unión Europea 2006/12/EC (Parlamento Europeo y del Consejo, 2006) sobre residuos define una jerarquía en la gestión de residuos sólidos urbanos en el siguiente orden de prioridad: 1) prevención o reducción de producción de residuos; 2) recuperación de residuos por medio del reciclaje, la reutilización y la recolección o cualquier otro proceso que permita extraer materias primas secundarias; 3) uso de residuos como fuente de energía; 4) vertido de residuos.

La valorización energética de los residuos sólidos urbanos reduce las emisiones de gases de efecto invernadero por dos vías: mediante la generación de energía térmica y eléctrica en sustitución de combustibles fósiles, y evitando emisiones de metano en vertederos.

- **Biogás:** Se denomina «metanización» al proceso de fermentación anaeróbica de los componentes orgánicos de los residuos. Dicha fermentación es producida por bacterias que se desarrollan en ambientes carentes de oxígeno. Durante el proceso de transformación de la materia orgánica, llamado digestión, dichas bacterias producen un gas denominado por su origen «biogás».

El biogás se obtiene a partir de distintos tipos de depósitos. Puede proceder de la metanización natural de los residuos sólidos urbanos depositados en los vertederos (desgasificación de vertederos) o puede ser producido en digestores anaerobios (metanización voluntaria). La digestión anaerobia puede aplicarse, entre otros, a excedentes de cosechas, cultivos energéticos, residuos agrícolas, residuos ganaderos (como purines), lodos procedentes de depuradoras de aguas residuales o efluentes industriales. Estos residuos se pueden tratar de forma independiente o conjunta (codigestión). El biogás resultante de aguas residuales urbanas y efluentes industriales generalmente es producido en las mismas plantas depuradoras. Los residuos agrícolas y ganaderos pueden ser tratados en pequeñas plantas de biogás a nivel de granja o grupo de granjas.

La composición del biogás, dependiendo del sustrato y del tipo de tecnología utilizada, puede ser la siguiente: 50-70% de metano (CH₄), 30-40% de anhídrido carbónico (CO₂) y una cantidad inferior al 5% de hidrógeno (H₂), ácido sulfhídrico (H₂S) y otros gases. El biogás puede tener diferentes usos: generación de calor y electricidad en una caldera, generación de electricidad en motores y turbinas, pilas de combustible previa realización de una limpieza de H₂S y otros contaminantes de las membranas, introducción en una red de transporte de gas natural previa purificación y agregación de los aditivos necesarios, material de base para la síntesis de productos de elevado valor añadido como el metanol o el gas natural licuado, e incluso como combustible de automoción (IDAE, 2007).

- **Biocarburantes:** Llamamos biocarburantes a los combustibles líquidos de origen biológico que por sus características físico-químicas resultan adecuados para sustituir a la gasolina o al gasóleo, bien sea de manera total, en mezcla con estos últimos o como aditivo (IDAE, 2006).

Otra clasificación de la biomasa es la que propone Elías Castells (Elías Castells, 2005), este autor divide la biomasa en 3 grupos principales: biomasa natural, biomasa residual, cultivos energéticos. A su vez, dentro de la biomasa residual distingue entre primaria y secundaria.

- **Biomasa natural:** producida sin la participación humana en el entorno natural como selvas, bosques, humedales...
- **Biomasa residual:** es toda aquel subproducto de materia orgánica que se produce como consecuencia de actividades humanas tales como agricultura y silvicultura (poda, aclareo...), ganadería (purines, gallinaza...), desechos de industrias agroalimentarias (huesos de aceituna, cáscaras de almendra...), industrias madereras (serrín, astillas...), también se pueden incluir en este apartado los fangos de las depuradoras.
 - **Biomasa primaria:** formada por subproductos de actividades como la agricultura, la silvicultura y la ganadería.
 - **Biomasa secundaria:** son los residuos de las industrias alimentarias y madereras que una vez producido el producto principal se desechan.
- **Cultivos energéticos:** como su propio nombre indica son cultivos cuyo único fin es ser destinado a la producción de biocombustibles. Entrarían en este grupo algunos cereales y la remolacha para la elaboración de bioetanol, o la soja, girasol o maíz para la obtención de biodiesel. Además en este grupo se podrían incluir también cultivos como la paulonia para la obtención de madera.

■ Aplicaciones de la biomasa

La biomasa ha sido utilizada como fuente energética desde la antigüedad, y desde el descubrimiento del fuego hasta la generalización del uso de combustibles fósiles fue la principal fuente energética de la humanidad. Actualmente ha perdido mucho peso, pero con el auge de las energías renovables, la concienciación sobre el cambio climático y las nuevas tecnologías está volviendo a adquirir una gran importancia.

Respecto a los usos de la biomasa como fuente de energía cabe destacar su uso para la producción de energía térmica. Según el IDEA (IDAE, 2007) esta producción seguiría una escala usos, que empezaría con sus usos más tradicionales como son en chimeneas, hornos de leña, estufas o pequeñas calderas en hogares. En el siguiente escalón encontraríamos calderas de un

mayor tamaño, capaces de abastecer a un bloque de viviendas. En el tercero encontraríamos calderas de calefacción capaces a de abastecer a un barrio entero, muy usuales en el norte de Europa.

La biomasa como fuente de calor tiene también relativa importancia en la ganadería y la agricultura para producir calor en las granjas y en los invernaderos respectivamente. Su uso en industrias y para la generación de electricidad es menor, aunque digno de mención.

En cuanto a la manera de convertir la biomasa en energía térmica o eléctrica tendríamos que distinguir entre procesos termoquímicos (combustión, pirólisis y gasificación) y procesos bioquímicos (digestión anaerobia) (Cerdá, 2012).

- **Combustión de biomasa:** Reacción química exotérmica en el cual la parte combustible de la biomasa reacciona con el O₂ para liberar agua y CO₂. Este proceso es el más conocido de todos, también es el más usado por la facilidad de manejo y la variedad de aplicaciones.
 - **Pirólisis:** Es un proceso en el cual la materia orgánica, en este caso biomasa, se descompone debido al calentamiento a temperaturas elevadas y a la falta de oxígeno. Esto genera productos sólidos, líquidos y gaseosos que pueden ser utilizados como materias primas en distintas industrias o como combustibles, como el carbón vegetal.
 - **Gasificación de la biomasa:** En este proceso la biomasa se oxida parcialmente debido al calor y se transforma en un gas combustible de bajo poder calorífico compuesto principalmente de CO, H₂ y metano.
 - **Digestión anaerobia:** Producida por muchos y diferentes microorganismos y en condiciones de ausencia de oxígeno, la digestión anaerobia es un proceso en el cual la biomasa se transforma en biogás, que está compuesto mayormente por metano.
- **Ventajas y desventajas del uso de biomasa como fuente de energía.**

Aún hoy en día hay mucho debate sobre si se debe considerar a la biomasa como fuente de energía renovable. Por ello hay que analizar las ventajas y desventajas que ofrece la biomasa en comparación con otras fuentes de energía.

Ventajas:

- Generalmente posee un balance energético positivo, ya que la energía que se puede extraer de ella es mayor a la que se usa en su obtención.
- Su puesta en valor puede contribuir a frenar la despoblación rural.
- Permite la extracción de energía de residuos que muchas veces son considerados basura.
- La obtención de biomasa en los bosques de una manera sostenible ayuda a limpiarlos y airearlos disminuyendo así la posibilidad de un incendio forestal. Y si este ya se ha producido reduce su intensidad y virulencia al disminuir el material combustible disponible.
- Cuando la biomasa se somete a combustión libera a la atmosfera el CO₂ que la planta anteriormente había absorbido, de este modo se puede considerar que las emisiones de CO₂ de la biomasa son neutras.

- Generalmente la biomasa al consumirse no libera compuestos sulfurados o nitrogenados a la atmósfera, que son muy contaminantes.
- Puede suponer una fuente de ingresos para agricultores, ya que se pueden valorizar residuos como los de la poda, el desecho de frutos o las malas hierbas.
- Reduce la dependencia energética de los combustibles fósiles.

Desventajas:

- Difícil control de la disponibilidad en el caso de tratarse de residuos.
- La biomasa en general tiene un rendimiento energético inferior en contraste con los combustibles fósiles.
- El uso de combustibles fósiles en algunos casos es más económico que el uso de combustibles derivados de biomasa.
- Difícil transporte y almacenamiento debido a que la densidad energética de la biomasa es baja.
- Hay que tener en cuenta que destinar residuos a la generación de energía quizás no es la mejor opción, ya que algunos residuos pueden tener otros usos más interesantes.
- Destinar tierras al cultivo de plantas para producir biocombustibles quizás no es la mejor opción, ya que se están restando tierras para el cultivo de alimentos.

- **Análisis de la biomasa en la provincia de Castelló**

Tal y como se expone en “Bases para una estrategia provincial de biomasa” (de Vicente López, 2014) de la Diputació de Castelló, en la provincia de Castelló existe un potencial de creación de energía con biomasa muy importante, debido principalmente a la abundancia de materia prima, tanto forestal, dominante en las zonas de interior, como agrícola, dominante en la costa.

El aprovechamiento de este recurso es una oportunidad de creación de empresas y de empleo, de combatir la despoblación y de proteger el medio ambiente. Sobre todo, en las zonas rurales, donde el abandono del monte ha supuesto un aumento de la biomasa presente en él, lo que puede provocar un aumento del riesgo de incendios forestales. En cuanto a la biomasa agrícola su aprovechamiento supone la puesta en valor de un residuo como es el de la poda, cuyo único fin actualmente es la quema.

Por todo esto es necesario plantear la reconversión y la gestión de la biomasa, y dejar de tratarla como un residuo para empezar a tratarla como un recurso energético. Para ello se debe facilitar la implantación de empresas que se vinculen a las distintas etapas que supone el aprovechamiento de este recurso, desde empresas que gestionen el monte de manera sostenible a empresas que sean capaces de darle salida a el producto final.

Es por eso que la actuación de la administración es fundamental, con políticas que favorezcan la creación de empresas de este tipo, quitando barreras administrativas que dificulten la implantación, con ventajas fiscales, facilitando la colaboración entre empresas productoras y consumidoras, promoviendo proyectos, con subvenciones...

Debido a la diversidad de materia prima aprovechable, la disponibilidad del recurso en la provincia es considerable.

La principal actividad productora de biomasa, en este caso como residuo, es la ganadería, que genera 1.069.085 toneladas de purín al año y 179.945 toneladas de gallinaza al año, que se podrían destinar a la producción de biogás o de abono agrícola. Ésta sería una manera eficiente de gestionar y aprovechar este residuo tan contaminante.

Otra fuente de biomasa son los bosques, se calcula que los montes de la provincia de Castelló producen alrededor de 133.000 toneladas de biomasa forestal al año, que se dividen en 69.900 toneladas de fustes que producirían biomasa de alta calidad y 63.900 de biomasa forestal heterogénea, que se podría destinar a la producción de biomasa de menor calidad.

Por otra parte, se calcula que la biomasa agrícola producida en la provincia superaría las 182.000 toneladas al año de restos de podas procedentes de olivos, almendro, vides y cítricos. El principal problema al que se enfrenta el aprovechamiento de este recurso es su heterogeneidad, lo cual dificulta la elaboración de combustibles de alta calidad.

También deberíamos tener en cuenta como fuente de los residuos de almazara. Actualmente en la provincia se generan más de 13.125 metros cúbicos de residuos en las almazaras al año, divididos en 4.800 m³/año de alpechín y 8.325 m³/año de alperujo que se pueden destinar a la obtención de fertilizantes (Generalitat Valenciana).

Es importante también analizar el potencial de consumo. Actualmente existen muchos potenciales consumidores como son el sector público, que podría llegar a demandar hasta 5.504 toneladas al año siempre y cuando se aplicaran políticas que promovieran el uso de biomasa en sus instalaciones, la industria azulejera, cuya demanda podría llegar a las 2.150.000 toneladas al año, las granjas, que podrían demandar hasta 16.500 toneladas al año, la hostelería, con una demanda de 30.000 toneladas de biomasa y el sector doméstico, con una demanda potencial de 200.000 toneladas de biomasa al año. Sumando todo eso nos da una demanda potencial de más de 2,4 millones de toneladas.

En general, la provincia de Castelló tiene un potencial enorme de producción de biomasa debido a la abundancia recursos tanto agrícolas como forestales. Aunque su heterogeneidad provoca que no se pueda elaborar combustible de alta calidad. Otro problema añadido es la existencia de múltiples factores que dificultan la extracción como son la abundancia de parcelas pequeñas, la estacionalidad de la poda, la difícil mecanización o la falta de mecanismos de gestión forestal. En cuanto a la demanda cabe destacar que existe una demanda potencial de más de 2 millones de toneladas, pero esta demanda potencial no se transforma en demanda real por diversos factores, entre ellos la falta de producción de biomasa, la escasez de instalaciones que funcionen con biomasa y el desconocimiento de esta posibilidad. Todo esto se resume en la tabla 1 con un análisis DAFO.

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • Gestión deficiente del monte. • Burocracia para adquirir permisos compleja. • Falta de cooperación entre administración y empresas. • Propiedad forestal privada distribuida en fincas pequeñas con compleja accesibilidad lo que conlleva altos costes de extracción y dificultad de mecanización. • Heterogeneidad de la materia prima. • Precio elevado de las calderas de biomasa y desconocimiento por parte de la población de sus beneficios, lo que genera una escasa demanda. • Dificultad para adquirir biomasa agrícola por desinterés de los agricultores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aparición de mejores combustibles. • Posibilidad de no tener garantizado un suministro constante. • Dificultad de acceso a préstamos. • Incertidumbre de la demanda. • Aumento del precio de la materia prima. • Aumento de la competencia. • Disminución del interés por la biomasa. • Futura falta de competitividad.
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Grandes recursos forestales. • Experiencia probada con éxito. • Interés por la promoción de la biomasa. • Existencia de empresas que trabajan con biomasa en la provincia, que crean empleo y riqueza. • Precio bajo en comparación con los combustibles fósiles. • Positivo para el medio ambiente, disminución del riesgo de incendios forestales, control de plagas. • Fuente renovable estable (al contrario que la solar o la eólica). • Combate la despoblación rural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de subvenciones. • Posibilidad de firmar contratos estables con consumidores. • Buena gestión de la superficie forestal pública. • Obligación de crear un sistema energético sostenible. • Existencia de empresas nacionales y internacionales del sector de la biomasa presentes en la provincia.

Tabla 1: Análisis DAFO

Fuente: Propia

1.1.2. Pellet de madera

- ¿Qué es el pellet?

Aunque el nombre común es pellet, la RAE (Real Academia Española, 2019) solo acepta el término pella, y lo define como “Masa que se une y aprieta, regularmente en forma redondeada.” Este proceso de unir y apretar se denomina pelletizado, y se puede usar tanto para la fabricación de pellet de madera, como para pienso de ganado, abonos...

En el caso del pellet de madera este se fabrica prensando serrín, en este prensado una sustancia que tiene la madera que se denomina lignina actúa como aglomerante, por lo cual no se necesita ningún tipo de cola ni pegamento para su fabricación. Esto sumado a que el serrín con el que se fabrica procede de residuos de la agricultura o de la silvicultura, convierte al pellet de madera en un producto 100% ecológico y renovable.

Tras este prensado el pellet tiene un aspecto brillante característico y una mayor densidad que la madera de la cual esta echo como podemos ver en la ilustración 1. Por ello posee un poder calorífico mayor al de la leña y ocupa menos espacio que esta.



Ilustración 1: Pellet de madera

Fuente: Propia

- Clasificación del pellet de madera

La clasificación del pellet viene dada por su calidad, esta calidad esta se determina por el esquema de clasificación *ENplus* (*ENplus*, 2015), que define tres clases de calidad de los pellets:

1. *ENplus* A1
2. *ENplus* A2
3. *ENplus* B

Para la clasificación de los pellets se establecen unos valores umbral de sus características, que se resumen en la tabla 2.

Propiedad	Unidad	ENplus A1	ENplus A2	ENplus B	Norma de ensayos ¹¹⁾
Diámetro	mm	6 ± 1 u 8 ± 1			ISO 17829:
Longitud	mm	3,15 < L ≤ 40 ⁴⁾			ISO 17829:
Humedad	% en masa ²⁾	≤ 10			ISO 18134
Cenizas	% en masa ³⁾	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2,0	ISO 18122
Durabilidad mecánica	% en masa ²⁾	≥ 98,0 ⁵⁾	≥ 97,5 ⁵⁾		ISO 17831-1
Finos (< 3,15 mm)	% en masa ²⁾	≤ 1,0 ⁶⁾ (≤ 0,5 ⁷⁾)			ISO 18846
Temperatura de los pellets	°C	≤ 40 ⁸⁾			
Poder calorífico neto	kWh/kg ²⁾	≥ 4,6 ⁹⁾			ISO 18125
Densidad aparente	kg/m ³ ²⁾	600 ≤ BD ≤ 750			ISO 17828
Aditivos	% en masa ²⁾	≤ 2 ¹⁰⁾			-
Nitrógeno	% en masa ³⁾	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1,0	ISO 16948
Azufre	% en masa ³⁾	≤ 0,04	≤ 0,05		ISO 16994
Cloro	% en masa ³⁾	≤ 0,02		≤ 0,03	ISO 16994
Temperatura de deformación de las cenizas ¹⁾	°C	≥ 1200	≥ 1100		CEN/TC 15370-1
Arsénico	mg/kg ³⁾	≤ 1			ISO 16968
Cadmio	mg/kg ³⁾	≤ 0,5			ISO 16968
Cromo	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Cobre	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Plomo	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Mercurio	mg/kg ³⁾	≤ 0,1			ISO 16968
Níquel	mg/kg ³⁾	≤ 10			ISO 16968
Cinc (Zn)	mg/kg ³⁾	≤ 100			ISO 16968

Tabla 2: Valores umbral
Fuente: ENplus

Aunque para la clasificación de la calidad del pellet también se tiene en cuenta el origen de la materia prima, estos orígenes están definidos en la norma ISO 17225-1 (UNE-EN ISO 17225-1:2014, 2014).

La norma ISO 17225-2 (UNE-EN ISO 17225-2:2014, 2014) es la que define que tipos de madera según su origen se pueden utilizar para la fabricación de pellets y la calidad que tendrán esos pellets. Tal y como se muestra en la tabla 3:

ENplus A1	ENplus A2	ENplus B
1.1.3 Fuste ^{a)}	1.1.1 Árboles completos sin raíces ^{a)}	1.1 Biomasa leñosa procedente del monte, plantación y otra madera virgen ^{a)}
1.2.1 Residuos y subproductos de madera no tratada químicamente ^{b)}	1.1.3 Fuste ^{a)}	1.2.1 Residuos y subproductos de madera no tratada químicamente ^{b)}
	1.1.4 Residuos de corta ^{a)}	
	1.2.1 Residuos y subproductos de madera no tratada químicamente ^{b)}	1.3.1 Madera usada no tratada químicamente ^{c)}

Tabla 3: Tipos de madera según su origen se pueden utilizar para la fabricación de pellets y la calidad que tendrán esos pellets.

Fuente: ENplus.

■ Aplicaciones del pellet de madera

El pellet tiene multitud de aplicaciones, generalmente se puede utilizar en la gran mayoría de procesos que requieran de una combustión para el aprovechamiento del calor desprendido por esta:

- Combustible en chimeneas y estufas.
- Hornos para cocinar, hornos de panaderías.
- En calderas para obtener agua caliente, que puede ser destinada a calefacción o a agua caliente sanitaria.
- Hornos industriales para el secado y tostado de productos como ladrillos o cemento.
- Obtención de energía mediante el vapor de agua.

En cuanto al ámbito de aplicación, es muy amplio, ya que va desde pequeños hogares, edificios de viviendas o locales comerciales hasta su uso en industrias, granjas, invernaderos...

■ Ventajas y desventajas del uso de pellets de madera como fuente de energía

En el punto "Ventajas y desventajas del uso de biomasa como fuente de energía" tratamos la biomasa de manera general. En este punto vamos a centrarnos concretamente en el pellet, dando por supuesto que todas las ventajas y desventajas del punto citado anteriormente se pueden añadir a estas.

Ventajas:

- Posible aprovechamiento de la madera que hoy en día termina en los vertederos, valorización de residuos.
- Recurso renovable siempre y cuando se extraiga de una manera sostenible.
- Combustible más barato que la gasolina o el diésel y menos contaminante.
- Aprovechable en muchos ámbitos, desde el hogar a las grandes industrias.
- Ocupan menos espacio que la madera al tener una densidad aparente mayor.
- Mayor poder calorífico que la madera.
- Las cenizas que producen pueden ser aprovechadas como abono, ya que no son tóxicas.

Desventajas:

- Ocupan más espacio que la gasolina o el gasoil, por tanto, necesita un mayor espacio para su almacenamiento.
- Su combustión genera hollín, cuya emisión a la atmosfera produce cierta contaminación ambiental.
- Si aumenta su consumo puede dar lugar a que aumenten los precios, o lo que es peor, que por cubrir la demanda se empiecen a extraer recursos de una manera no sostenible.
- La procedencia de la materia prima es muy variable, lo que puede ocasionar que la calidad no sea siempre la misma.
- Requiere un mayor consumo de oxígeno para su combustión que los combustibles fósiles.
- Más caro que la leña.

- **Análisis del pellet de madera en la provincia de Castelló**

Como ya se explicó anteriormente en el punto “Análisis de la biomasa en la provincia de Castelló” el potencial de obtención de biomasa en la provincia es muy grande ya que se pueden obtener más de 315.000 toneladas de biomasa, repartidas en 133.000 de biomasa forestal (69.900 toneladas de fustes, 63.900 de biomasa forestal residual) y 182.00 toneladas de residuos agrícolas. Toda esta biomasa podría ir destinada a la obtención de pellets, los fustes a pellets de alta calidad, mientras que la biomasa forestal residual y la biomasa agrícola al ser heterogénea podría ser usada para obtener biomasa de menor calidad.

Con esta producción de más de 315.000 toneladas no se alcanzaría a cubrir el potencial de consumo en la provincia, ya que es de más de 2,4 millones de toneladas, repartidas en: 5.504 en el sector público, 2.150.000 en industria, 16.500 en granjas, 30.000 en hostelería y 200.000 en el sector doméstico. Aunque si se podría cubrir ampliamente el potencial de consumo del sector público, de las granjas, de la hostelería y del sector doméstico, que suma más de 250.00 toneladas.

Aunque los datos teóricos están muy bien la realidad es que el mercado del pellet es aún muy minoritario. Actualmente hay solo cuatro empresas que se dedican a la producción de pellets en la provincia: “Global Pellet S.L.” en Vinaròs, “Pellet de Villahermosa S.L.” en Villahermosa del Río, “Energy Pellet S.C.P.” en Vilafranca y “Comercializadora de Pellet S.L.” en Ribesalbes.

Sería necesaria una ayuda por parte de las administraciones para fomentar el uso de esta energía, ya sea con subvenciones para adaptar las calderas que usan combustibles fósiles al uso de pellets, poniendo facilidades a los productores de pellets o incentivando su consumo con campañas de publicidad.

Las posibilidades del desarrollo de una industria del pellet en la provincia son muy altas, debido a la gran cantidad de recursos disponibles y de consumidores potenciales, aunque requiere de una mayor implicación por parte de la sociedad en general y de la administración en particular para su progreso.

2. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto trata de poner en valor los restos vegetales presentes en el término municipal de Sant Mateu convirtiéndolos en pellets. Concretamente nos centraremos en los restos de poda de las explotaciones agrícolas, la caña de río (*Arundo donax* L.) y en los restos forestales.

Actualmente tras la poda de cualquier explotación agrícola los residuos generados o bien son quemados, con el consiguiente riesgo de incendios que ello supone, además de suponer el desaprovechamiento de una materia prima, o bien son triturados, con el riesgo de transmisión de enfermedades y patologías que ello puede suponer. Por ello con la valorización de estos restos se evitaría el riesgo de incendios que supone la quema de restos de poda y la posible transmisión de enfermedades que origina el triturado de los restos de poda en campo.

En cuanto a la *Arundo donax* L., se ha decidido su inclusión en este trabajo por su condición de especie exótica invasora, tal y como se recoge en el DECRETO 213/2009, de 20 de noviembre, del Consell, por el que se aprueban medidas para el control de especies exóticas invasoras en la Comunitat Valenciana. [2009/13396] (Consell, 2009), por su abundancia en los ríos y barrancos del término municipal de Sant Mateu y por el abandono de su uso como materia prima, ya sea para usos tradicionales como la elaboración de los típicos “canyisos”, como guía para vegetales como las tomateras o como material de construcción.

Una parte importante del término municipal está cubierto por bosque de *Pinus halepensis* Mill., actualmente debido al abandono de la agricultura extensiva y de la falta de mantenimiento de los bosques por parte de las administraciones, en el sotobosque hay una extrema abundancia de material vegetal que es el combustible ideal para los incendios forestales. Con la eliminación de este material vegetal y su puesta en valor se evitaría la propagación de los incendios forestales desgraciadamente tan abundantes en nuestro país, así como se podría lograr reducir su intensidad y virulencia, facilitando las labores de extinción a los equipos de bomberos.

Finalmente, con la puesta en valor de los restos vegetales convirtiéndolos en pellets se pondría en marcha una industria que generaría empleo en una zona rural con riesgo de despoblación, que además sería sostenible, debido al carácter renovable de la biomasa.

3. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo de final de grado es el diseño de una planta de producción de pellets con restos vegetales situada en el polígono industrial de Sant Mateu. Para ello en primer lugar vamos a analizar y caracterizar la biomasa de restos vegetales presente en el término municipal de Sant Mateu, después, se planificará y describirá todo el proceso de obtención del pellet, así como las instalaciones y maquinarias necesarias para tal fin.

Finalmente se realizará un estudio de viabilidad económica y un estudio de viabilidad ambiental, en los cuales se determinará si el proyecto es viable, de esta manera sabremos si la valorización de los residuos vegetales del término municipal de Sant Mateu es rentable y sostenible.

4. ALCANCE

En el presente TFG se va a realizar un proyecto de una planta productora de pellets, esta planta estará situada en el polígono industrial de Sant Mateu, en la comarca del Baix Maestrat, provincia de Castelló.

La parcela del del polígono donde estará situada la planta es una parcela cuadrada de 36 metros de lado, con una superficie total de 1.300 m², con 545 m² construidos y 755 m² sin construir, ubicada en la calle 2 del polígono industrial de Sant Mateu.

En la planta entraran aproximadamente 1.300 kg de materia prima a la hora, lo que supone una entrada anual de 2.261,5 toneladas de materia prima al año. De esta materia prima, tras ser procesada, obtendremos una producción de 870 kg de pellets a la hora, lo que supone un total de unas 1.500 toneladas de pellets al año.

5. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto “Planta de producción de pellets en Sant Mateu” estará ubicado en el término municipal de Sant Mateu, provincia de Castelló, Comunitat Valenciana. Concretamente en su polígono industrial.

La elección de la ubicación definitiva dentro del polígono está explicada ampliamente en el Anexo I, en él se explica el método de jerarquías analíticas que se siguió para escoger la mejor parcela, de las cuatro que valoramos, en base a unos criterios para la selección que eran, ordenados de mayor a menos importancia: el precio, la superficie total, la superficie de la nave, la superficie no construida y el espacio de parking propio.

Tras la aplicación del método de jerarquías analíticas, la mejor parcela resultó ser una parcela cuadrada con una superficie de 1.300 m², con 545 m² construidos y 755 m² sin construir, ubicada en la calle 2 del polígono industrial de Sant Mateu, y que está a la venta por 98.000 €.

A continuación, se muestra la ubicación de la parcela.

En la ilustración 2 podemos ver la ubicación de la provincia de Castelló dentro de España.



Ilustración 2: Provincia de Castelló dentro de España

Fuente:

[https://ca.wikipedia.org/wiki/Prov%C3%ADncia_de_Castell%C3%B3#/media/Fitxer:Castellon_in_Spain_\(plus_Canarias\).svg](https://ca.wikipedia.org/wiki/Prov%C3%ADncia_de_Castell%C3%B3#/media/Fitxer:Castellon_in_Spain_(plus_Canarias).svg)

En la ilustración 3 podemos ver la ubicación del término municipal de Sant Mateu dentro de la provincia de Castelló, en la comarca del Baix Maestrat.



Ilustración 3: Término municipal de Sant Mateu en la provincia de Castelló

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/San_Mateu_\(Castell%C3%B3n\)#/media/File:Castell%C3%B3n-loc.svg](https://es.wikipedia.org/wiki/San_Mateu_(Castell%C3%B3n)#/media/File:Castell%C3%B3n-loc.svg)

En la ilustración 4 podemos ver la ubicación del municipio de Sant Mateu dentro de su término municipal.

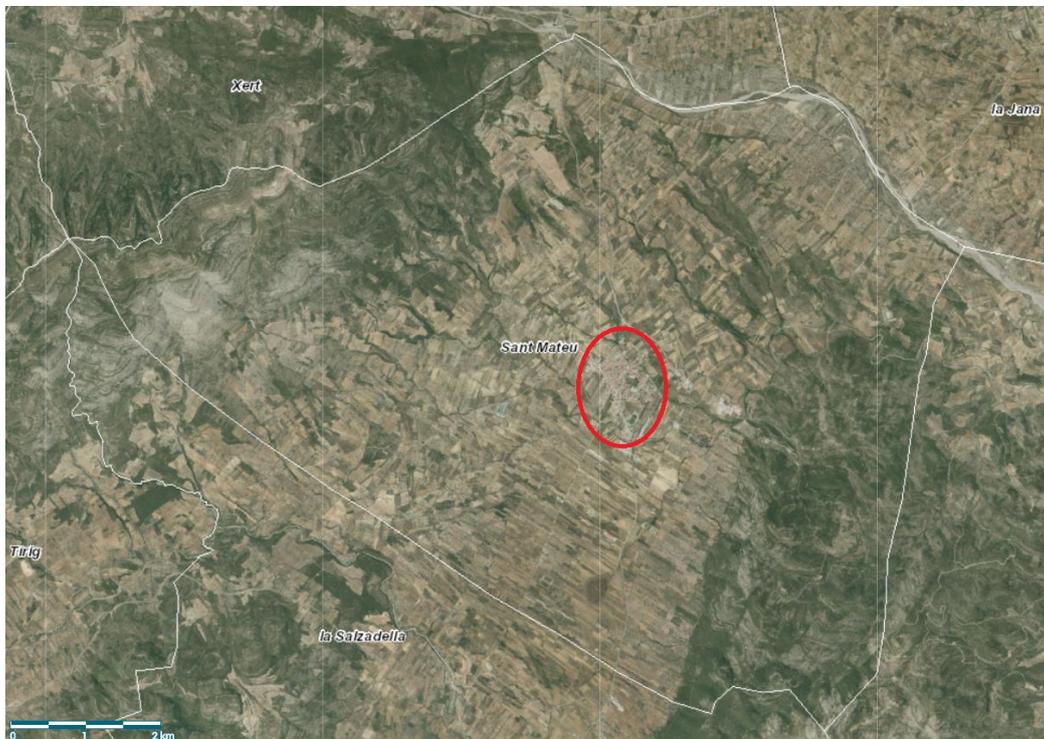


Ilustración 4: Ubicación del núcleo urbano dentro del término municipal

Fuente: <https://visor.gva.es/visor/>

En la ilustración 5 podemos ver la ubicación del polígono industrial (derecha) donde se situará nuestra planta respecto a la localidad de Sant Mateu (izquierda).

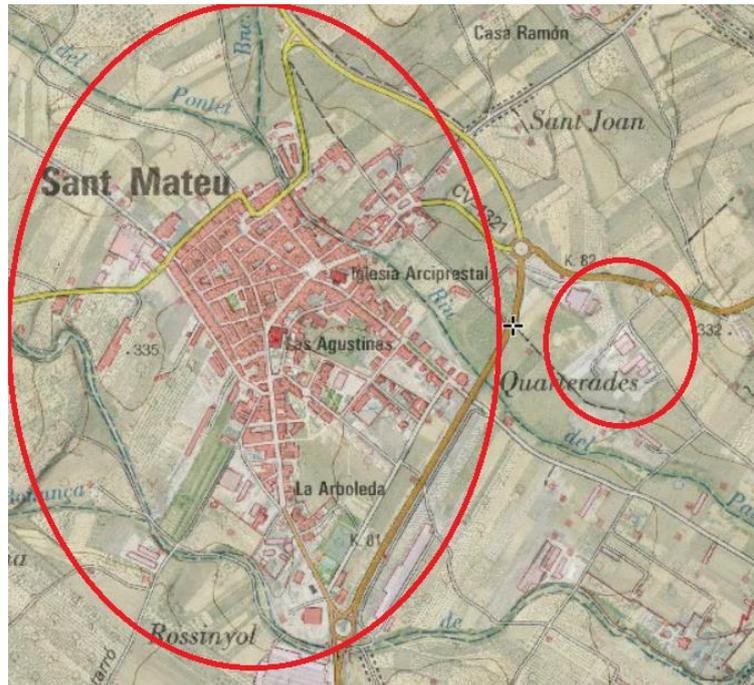


Ilustración 5: Ubicación del polígono industrial (derecha) donde se situará nuestra planta respecto a la localidad de Sant Mateu (izquierda)

Fuente: SigPac

En la ilustración 6 podemos ver la ubicación de nuestra parcela en el polígono industrial.



Ilustración 6: Ubicación de nuestra parcela en el polígono industrial

Fuente: SigPac

6. CÁLCULO DE LA BIOMASA DISPONIBLE PARA LA PLANTA

En el Anexo II se resume el procedimiento de cálculo de la biomasa disponible para la planta. En resumen, este cálculo se divide en tres partes, cálculo de la biomasa procedente de restos agrícolas, cálculo de la biomasa procedente de cañas de río y cálculo de la biomasa procedente de restos forestales.

Tras este cálculo, se calcula la biomasa total, y se procede al cálculo de la biomasa total accesible, ya que suponemos que no podremos acceder al 100% de la biomasa presente en el término municipal.

El cálculo de la biomasa total accesible se resume en la tabla 4.

CÁLCULO DE BIOMASA TOTAL ACCESIBLE			
Tipo	Cantidad (Toneladas)	Porcentaje accesible	Total (Toneladas)
Agrícola	12401,56	10,00%	1240,16
Cañas	912,64	90%	821,38
Forestal	500,00	40%	200,00
TOTAL:	13814,20	-	2261,53

Tabla 4: Cálculo de la biomasa total accesible

Fuente: Propia

En conclusión, el total de biomasa que puede llegar a entrar en la planta durante un año son 2.261,53 toneladas.

En base al dato obtenido anteriormente procedemos a calcular la entrada de materia prima en la planta.

En primer lugar, tenemos que tener en cuenta cuando se producirá la entrada de materia prima a la planta, para ello, nos hemos fijado en la época de poda de las especies agrícolas presentes de una manera abundante en el término municipal de Sant Mateu.

Además, tenemos que tener en cuenta que tanto el pino como la caña son susceptibles de ser recogidos durante todo el año. Aunque el pino sería conveniente recogerlo antes de la llegada del verano, para evitar incendios forestales. La caña sin embargo debería ser recogida antes de los episodios de fuertes lluvias que suelen tener lugar en otoño.

Con todo esto presente hemos elaborado un calendario de podas, del cual dependerá la entrada de biomasa en la planta, que se resume en la tabla 5. Como se muestra en la tabla 5 la empresa podrá producir durante todo el año. De septiembre a abril se producirán pellets con almendro, cerezo y olivo. Mientras que durante los meses de mayo a agosto se trabajará con cañas y pino.

CALENDARIO DE PODAS												
MES	E	F	M	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
Almendra												
Caña												
Cerezo												
Olivo												
Pino												

Tabla 5: Calendario de podas
Fuente: Propia

Sabiendo que la planta podrá estar abierta todo el año vamos a proceder a calcular el volumen de entrada de materia prima en la planta. Como se muestra en la tabla 6, sabiendo que al año entrarán en planta unas 2.261,53 toneladas de materia prima y que durante el año se trabajarán 50 semanas, nos da un total de 45,23 toneladas por semana. Si dividimos esas 45,23 toneladas por los 5 días laborables que tiene una semana tendremos un total de 9,05 toneladas diarias. Finalmente, si dividimos las 9,05 toneladas diarias por las siete horas que estarán funcionando las máquinas nos da un total de 1292,3 kilos la hora.

CÁLCULO DE ENTRADA DE MATERIA PRIMA	
Toneladas/Año	2261,53
Toneladas/Mes	188,46
Toneladas/Semana	45,23
Toneladas/Día	9,05
Kilogramos/Hora	1292,30

Tabla 6: Cálculo de entrada de materia prima
Fuente: Propia

7. ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE LA BIOMASA DISPONIBLE

Tal y como se describe en el Anexo III, para el análisis y la caracterización de la biomasa disponible, en primer lugar, se realizó una recogida selectiva de muestras de las especies vegetales más abundantes en el término de Sant Mateu que eran susceptibles de ser transformadas en pellets. Estas muestras incluían: olivo (*Olea europaea* L.), caña (*Arundo donax* L.), cerezo (*Prunus avium* L.), cáscara de almendra, almendro (*Prunus dulcis* Mill.) y pino (*Pinus halepensis* Mill.),

Con estas muestras se realizaron una serie de experimentos en el laboratorio de residuos de la UJI. Los experimentos que se realizaron fueron: determinación de humedad, determinación de cenizas, determinación del poder calorífico, determinación de sólidos volátiles y determinación de carbono, hidrogeno, nitrógeno y azufre. Todos los experimentos se repitieron tres veces para cada muestra, con objeto de evitar errores y obtener una media que fuera más ajustada a la realidad, a excepción de la determinación de carbono, hidrogeno, nitrógeno y azufre que se repitió dos veces.

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7 y se comparan con los valores que exige la norma ENplus para obtener los diferentes sellos de calidad (A1, A2 o B). Podemos observar cómo ninguna muestra analizada cumple con todas las condiciones para recibir el distintivo de calidad ENplus.

Esto se debe en primer lugar, a que todas las muestras presentan un elevado contenido en cenizas, a excepción de la cascara de almendra. Otro factor importante es que el almendro, la cáscara de almendra, el cerezo y el olivo tienen un poder calorífico inferior al que marca la norma. Finalmente, ninguna de las muestras analizadas cumple con los porcentajes de contenido en nitrógeno y azufre que marca la norma, a excepción de la cáscara de almendra.

Por todo ello se descarta la fabricación de pellets de calidad, así como su venta al por menor en sacos de 15 kg. La empresa se centrará en la venta de pellets a granel en big bags para su uso en calderas de gran tamaño, como las que hay en granjas o invernaderos.

Norma	Humedad	Cenizas	Kcal/kg	Sólidos volátiles	C	H	N	S
ENplus A1	<=10%	<=0,7%	>=3940,96	No procede			<=0,3%	<=0,04%
ENplus A2		<=1,2%						<=0,5%
ENplus B		<=2%						<=1%

TABLA RESUMEN	Humedad	Cenizas	Kcal/kg	Sólidos volátiles	C	H	N	S
Almendro	10,14%	3,20%	3681,12	73,63%	48,80%	6,355%	0,907%	0,072%
Caña	52,43%	3,58%	4053,46	78,44%	45,79%	6,157%	0,752%	0,199%
Cáscara almendra	10,30%	0,77%	3727,79	81,01%	49,42%	6,400%	0,350%	0,027%
Cerezo	33,04%	2,85%	3643,33	77,42%	48,01%	6,475%	1,252%	0,066%
Rama olivo	38,14%	2,44%	3588,21	81,58%	47,30%	6,557%	0,533%	0,057%
Hoja olivo	46,03%	3,51%	4102,58	82,44%	51,60%	7,244%	1,328%	0,121%
Rama pino	26,54%	2,91%	4505,42	78,15%	49,00%	6,586%	0,441%	0,046%
Hoja pino	46,32%	3,49%	4827,39	79,75%	49,67%	6,916%	1,020%	0,115%

Tabla 7: Tabla resumen de los datos de la caracterización de la materia prima obtenidos en el laboratorio, comparados con los que exige la norma ENplus.

Fuente: Propia

8. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de fabricación del pellet comienza en el campo, donde una vez realizada la poda el agricultor contacta con la empresa para que se haga cargo de los restos de poda. Otra opción es, en el caso de la caña o del pino, podar y retirar los restos cuando a la empresa le convenga, siempre de acuerdo con las autoridades competentes en la gestión de cauces y bosques.

En cualquier caso, el tractor con la biotrituradora-astilladora acoplada y el camión con grúa y remolque se desplazan hasta la parcela en cuestión. Una vez allí empiezan a triturar los restos, que, o bien se depositan en el remolque del camión directamente para que los transporte a la planta, o bien se meten en big bags para que luego el camión suba las big bags al remolque y se las lleve a la planta.

Cuando llega el camión lleno se pesa en la báscula, se vacía su contenido en la zona exterior cubierta de la planta y se vuelve a pesar, de esta manera sabemos la cantidad de biomasa que entra en la planta. En este punto otra opción es que el agricultor traiga sus restos de poda a la planta directamente con su tractor o su camioneta, con lo que una vez pesado, se le da una compensación económica. Una vez en planta los restos son apilados por una carretilla elevadora con pala hidráulica incorporada, para su secado inicial a temperatura ambiente.

En el momento que se requiere, la misma carretilla elevadora suministra la cantidad necesaria de biomasa a la tolva extractora de biomasa. Esta tolva dispone de un tornillo sinfín que transporta las astillas hasta el túnel de sacado, donde se disminuye su contenido en humedad hasta que alcanza un 10%.

Una vez secas, las astillas suben mediante una cinta transportadora y se depositan en el molino de martillos. En este molino las astillas son trituradas hasta adquirir el tamaño adecuado para ser peletizadas, cuando alcanzan este tamaño caen por una rejilla hasta un cargador.

Este cargador alimenta de manera constante, mediante un tornillo sinfín, a la peletizadora. En la peletizadora es donde se producen los pellets, que van cayendo hasta una cinta transportadora que los eleva hasta dejarlos caer en un enfriador, donde mediante aire los pellets reducen la alta temperatura que han adquirido durante el pelletizado.

El enfriador deja caer los pellets hasta la tamizadora, donde la vibración separa el pellet del polvo y de los finos que se han formado durante su fabricación. Estos desechos se reincorporan al proceso en el cargador.

Cuando los pellets salen de la tamizadora caen a una cinta transportadora que los eleva hasta una envasadora de big bags. Esta envasadora carga las big bags de manera semiautomática con un peso determinado. Una vez llenos se depositan en palés y la carretilla elevadora los transporta hasta el almacén de producto terminado.

Para su distribución hay dos opciones, o bien que el comprador venga con su remolque o su camión hasta la planta, donde se le cargan las big bags, o bien que el comprador contacte con la empresa, entonces las big bags se cargan en el camión de la empresa y se transportan hasta donde el comprador desee, donde se descargan con la grúa del camión.

8.1. Diagrama de proceso

En la ilustración 7 se muestra el diagrama de proceso de la planta de producción de pellets.

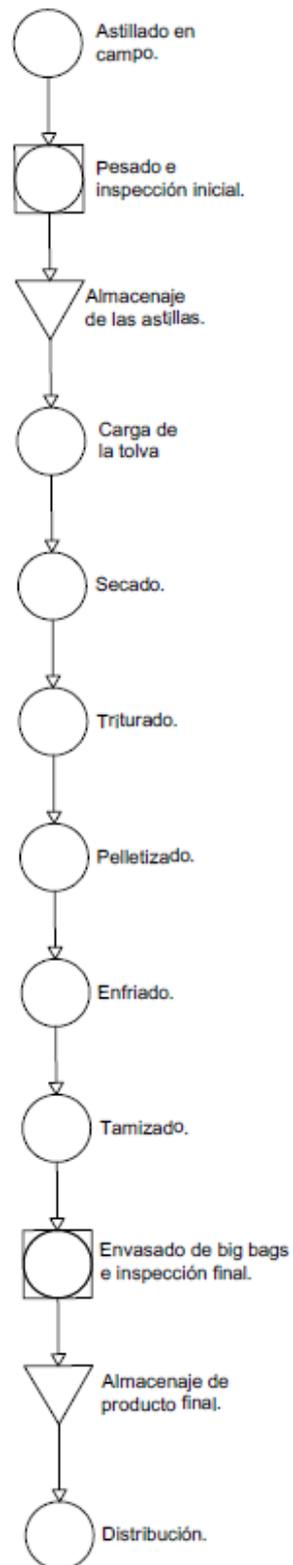


Ilustración 7: Diagrama de proceso

Fuente: Propia

8.2. Maquinaria

8.2.1. Tractor

El tractor, con las características que vemos en la tabla 8, permite transportar la astilladora acoplada en su enganche de tres puntos categoría 2, hasta la parcela donde haya restos disponibles para triturar, una vez allí, con la transmisión, pone en marcha la astilladora.

Tractor John Deere 5050 E (ilustración 8)	
Precio	31.500 €
Potencia	37 KW (50 CV)
Velocidad máxima	32 km/h
Rendimiento del motor	49 HP
Cilindrada	2,9 l
Categoría de tres puntos	2
Tamaño de los neumáticos delanteros	280/85R20 Alliance Farm Pro
Tamaño de los neumáticos traseros	340/85R28 Alliance Farm Pro
Transmisión hidrostática	12/12
Tipo de transmisión	m
Dispositivo de control	-/1 ew/dw
Dirección	h
Modelo de motor	k.A.
Revoluciones	2400 rpm
N.º de cilindros	3
Nivel de emisión	III A



Ilustración 8: Tractor John Deere 5050 E

Fuente: <https://www.deere.es/es/tractores/peque%C3%B1o/serie-5e-3cil/5050e/>

Tabla 8: Características del tractor

Fuente: <https://www.deere.es/es/tractores/peque%C3%B1o/serie-5e-3cil/5050e/>

8.2.2. Astilladora

La astilladora, con las características que vemos en la tabla 9, va acoplada al tractor, este con su toma la de fuerza le transmite la energía necesaria para realizar su cometido.

Biotrituradora astilladora JANSEN BX-62RS para tractores (ilustración 9)	
Precio	3.499,00 €
Potencia del tractor	Mínimo 30 hp
Enganche	Tres puntos categoría 2
PTO (toma de fuerza)	Incluido
RPM	540
Número de cuchillas	4 cuchillas, 1 contracuchilla
Diámetro del volante	76 cm
Alimentador	Hidráulico
Dimensiones	127 cm x 132 cm x 95 cm
Peso	480 kg
Diámetro máximo de triturado	Madera dura 16,5 cm, madera blanda 25 cm



Ilustración 9: Biotrituradora astilladora JANSEN BX-62RS para tractores

Fuente: <https://www.jansen-maquinaria.com/producto/biotrituradora-jansen-bx-62rs/>

Tabla 9: Astilladora

Fuente: <https://www.jansen-maquinaria.com/producto/biotrituradora-jansen-bx-62rs/>

8.2.3. Camión con grúa

El camión se utiliza para varias tareas, en primer lugar, para cargar en su remolque las astillas trituradas por la astilladora, que después se llevan a la planta, también se usa para cargar las big bags de producto terminado con la grúa y llevarlo hasta el consumidor. Sus características están resumidas en la tabla 10.

Nissan Atleon 35.13 (ilustración 10)	
Precio	27.800,00 €
Dimensiones	1987 cm x 6800 cm
PMA (peso máximo autorizado)	3500 kg
TARA	2030 kg
Potencia	150 cv
Cilindrada	2953 cc



Ilustración 10: Nissan Atleon 35.13

Fuente: <https://autoline.es/-/venta/camiones-volquetes/NISSAN-ATLEON-35-13--18022415250639024600>

Tabla 10: Características del camión con grúa

Fuente: <https://autoline.es/-/venta/camiones-volquetes/NISSAN-ATLEON-35-13--18022415250639024600>

8.2.4. Báscula puente

La báscula puente sirve para pesar el camión cuando llega cargado con la materia prima, para saber la cantidad de materia prima que entra en la planta. También se usa para pesar el camión cuando sale cargado con las big bags de producto terminado, para saber su peso exacto. Sus características se muestran en la tabla 11.

Bascula para Furgonetas EP-42 (ilustración 11)	
Precio	9.970,00 €
Capacidad	10 toneladas
Dimensiones	8 m x 2,5 m
N.º de células	6
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  <p style="text-align: center;">SOBRESUELO</p> <p style="text-align: center;">EMPOTRADA</p> </div> <div style="width: 50%;"> <p style="text-align: center;">Características Generales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pesaje totalmente electrónico, sin mecanismos que requieran mantenimiento. • La plataforma de pesaje se apoya directamente en las células de carga y soportes. • Con topes de seguridad regulables • Mínima obra civil y de fácil construcción. • Células en acero inox (Sin mantenimiento). • Plataformas metálicas tipo modular, ensambladas por tornillos de rápido y fácil montaje y desmontaje para su traslado, chapa lagrimada de 6/8 de espesor. • Visor alfanumérico Mod EP-SC20I acabado en inox, con teclado PC y programa Pesa camiones, impresora incorporada de 40 columnas. <p style="color: orange;">Fabricación de básculas a medida tanto capacidad como en dimensiones</p> </div> </div>	
INCLUIDO EN EL PRECIO	NO INCLUIDO EN EL PRECIO
Una bascula puente metálica pintada sobresuelo o empotrada. Transporte, montaje, y puesta en marcha. Soportes de células con pies articulados Placas de anclaje. Células de carga en inox. Tortillería zincada completa Visor modelo EP-SC20I en acero inox Cable de la bascula al visor.	Tomas eléctricas Obra civil completa. Rampas de entrada y salida. Marco perimetral en versión empotrada. Grúa para el descargue y montaje Verificación primitiva (Si fuese necesario) I.V.A

Ilustración 11: Bascula para Furgonetas EP-42

Fuente: http://www.europesaje.com/Tarifa/TARIFA_ACTUAL.pdf

Tabla 11: Características de la báscula

Fuente: http://www.europesaje.com/Tarifa/TARIFA_ACTUAL.pdf

8.2.5. Carretilla elevadora + pala elevadora con cilindro hidráulico

La carretilla elevadora, con las características que se muestran en la tabla 12, tiene la función de cargar la materia prima en la tolva extractora de biomasa, también se utiliza para transportar las big bags llenas de pellets desde la ensacadora de big bags hasta el almacén de producto terminado. Para cargar la materia prima en la tolva se acopla una pala elevadora con cilindro hidráulico en la carretilla.

RX50-13 Carretilla E Still (3 ruedas) (ilustración 12)	
Precio	9.790,00 €
Accionamiento	Eléctrico
Capacidad	1250 kg
Año de fabricación	2015
Tipo mástil	Mástil simple
Altura construcción	2310 mm
Elevación nominal	3530 mm
Elevación libre	150 mm
Batería	24 V, 920 Ah
Cargador	Sí



Ilustración 12: RX50-13 Carretilla E Still (3 ruedas)

Fuente:

https://www.still.es/es_usedswitch.0.0.html?&no_cache=1&tx_stillusedtruckssearch_pi1%5Bcountry%5D=65&tx_stillusedtruckssearch_pi1%5Bmid%5D=4791523&tx_stillusedtruckssearch_pi1%5Btypes%5D=7%2C13&tx_stillusedtruckssearch_pi1%5BorderBy%5D=defaultOrder&tx_stillusedtruckssearch_pi1%5BorderByDir%5D=desc&tx_stillusedtruckssearch_pi1%5Blimit%5D=25

Tabla 12: Características de la carretilla elevadora

Fuente: Still

La pala o tolva de recogida a granel lleva un cilindro hidráulico incorporado, como se muestra en la ilustración 13, que facilita el volcado de la pala dándole estabilidad y evitando brusquedad en el volcado.

Tymbia

Handling & Warehouse Equipment

EQUIPAMIENTO
INDUSTRIAL A
PRECIO ONLINE

www.tymbia.com



Tolva recogida granel

ref. M103040010

Tolva o pala de carga para carretilla. Ideal para carga y descarga de materiales a granel. Tiene una capacidad de 750L y una carga máxima de 1500 Kg. El volteo se realiza desde la cabina a través de una palanca con cable.

953,00 € IVA no incluido

Características principales

Descripción	Tolva recogida granel
Dimensiones (mm) largo x ancho x alto	1840 x 1120 x 550
Carga (kg)	1.500
Litros	750
Peso (kg)	90
Normativa	CE

Características ampliadas

Tolva o pala de carga para carretilla. Ideal para carga y descarga de materiales a granel. Tiene una capacidad de 750L y una carga máxima de 1500 Kg. El volteo se realiza desde la cabina a través de una palanca con cable.

FUNCIONAMIENTO DE LA TOLVA



Cilindro hidráulico (accesorio tolva)

ref. M103040012

Cilindro hidráulico es un accesorio para incorporar a los modelos de tolvas y contenedores basculantes. Principalmente se utiliza para que el hidráulico vuelque la tolva sin hacer ningún tipo de esfuerzo

¿Cómo funciona?.

769,50 € IVA no incluido

Características principales

Dimensiones (mm) largo x ancho x alto	Accesorio
---------------------------------------	-----------

Características ampliadas

Compatible en la mayoría de modelos de tolva. Consultar posibilidad y modelos.

Ilustración 13: Tolva recogida granel + cilindro hidráulico

Fuente: <https://www.tymbia.com/es/producto/77-tolva-recogida-granel-tolvas-m103040010-8427982120571>

8.2.6. Tolva con tornillo sinfín

En esta tolva, descrita en la tabla 13, es donde la carretilla elevadora vacía su pala cargada con la materia prima, astillas de madera. Con una capacidad de diez metros cúbicos, dispone de un tornillo sinfín que va incorporando materia prima a la cadena de procesado de una manera constante.

Extractor de biomasa - ECP-3000 (ilustración 14)	
Precio	2.600,00 €
Alimentación	Eléctrica, trifásica
Eje giratorio	3 kW
Extractor de tornillo	2,2 kW
Capacidad	10 m ³
Diámetro del alimentador del tornillo	200 mm
Dimensiones (largo x ancho x alto)	420 cm x 220 cm x 320 cm



Ilustración 14: Extractor de biomasa - ECP-3000

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/estrattore-per-biomassa-ecp-3000/>

Tabla 13: Características de la tolva extractora

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/estrattore-per-biomassa-ecp-3000/>

8.2.7. Túnel de secado

La tolva va suministrando materia prima al túnel de secado de manera constante mediante el tornillo sinfín. En el túnel, cuyas características se resumen en la tabla 14, las astillas pierden gran parte de su contenido en humedad, gracias a la acción de las microondas que este emite. Cuando salen del túnel, las astillas caen a una cinta transportadora que las eleva hasta el molino de martillos.

Secador-microondas TL-45/304SS (ilustración 15)	
Precio	9.500,00 €
Alimentación	Eléctrica, trifásica
Potencia	40 kW
Velocidad	Ajustable
Dimensiones (largo x ancho x alto)	700 cm x 90 cm x 175 cm



Ilustración 15: Secador-microondas TL-45/304SS

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/conveyor-belt-corn-microwave-oven-corn-60777126576.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.95.59fb1607nbYVST>

Tabla 14: Características del túnel de secado

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/conveyor-belt-corn-microwave-oven-corn-60777126576.html?spm=a2700.galleryofferlist.normalList.95.59fb1607nbYVST>

8.2.8. Molino de martillos

Una vez secas las astillas, el molino de martillos, cuyas características se muestran en la tabla 15, se encarga de reducir su tamaño para hacerlas aptas para el pelletizado, consiguiendo un tamaño menor a un centímetro. Este tamaño se asegura gracias a una rejilla intercambiable. Tras el molido el serrín va cayendo al cargador, que se encuentra situado justo debajo del molino de martillos.

Refinador RC-400 (ilustración 16)	
Precio	3.400,00 €
Diámetro de la rejilla	Varios
Tamaño máximo del material	1 cm
Salida por hora	Depende del material utilizado
Fuente de alimentación	Eléctrica, trifásica
Potencia	11 kW
Sistema de molino	Cuchillas de rotor
N.º de cuchillas	96
Dimensiones (largo x ancho x alto)	147 cm x 117 cm x 147 cm
Peso	235 kg



Ilustración 16: Refinador RC-400

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/raffinatore-per-cippatocaricatore-rc-400crt-100/>

Tabla 15: Características del molino de martillos

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/raffinatore-per-cippatocaricatore-rc-400crt-100/>

8.2.9. Cargador

El cargador, cuyas características se muestran en la tabla 16, situado debajo del molino de martillos, tiene la función de ir suministrando materia prima a la peletizadora de una manera constante, gracias a un tornillo sinfín que lleva incorporado.

Cargador / dispensador de materias primas - CRT-100 (ilustración 17)	
Precio	1.800,00 €
Fuente de alimentación	Eléctrica, monofásica
Potencia	0,55 kW motor + 0,25 kW tornillo sinfín
Volumen de carga máximo	0,8 m ³
Dimensiones (largo x ancho x alto)	325 cm x 72 cm x 210 xm
Peso	145 kg



Ilustración 17: Cargador / dispensador de materias primas - CRT-100

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/caricatoredosatore-materia-prima-crt-100/>

Tabla 16: Características del cargador

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/caricatoredosatore-materia-prima-crt-100/>

8.2.10. Pelletizadora

La pelletizadora, cuyas características se muestran en la tabla 17, es la pieza fundamental de la cadena de procesado, en esta máquina es donde se producen los pellets, que van cayendo de manera constante a la cinta transportadora que tiene debajo.

Pelletizadora PLT-1000 - P008 (ilustración 18)	
Precio	16.500,00 €
Alimentación	Eléctrica, trifásica
Potencia	45 kW
Salida por hora	Depende del material utilizado
Diámetro del troquel	398 mm
Diámetro del rodillo	2 rodillos de 180 mm
Dimensiones (largo x ancho x alto)	181 cm x 96 cm x 152 cm
Peso	950 kg



Ilustración 18: Pelletizadora PLT-1000 - P008

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/plt-1000-p008/>

Tabla 17: Características de la pelletizadora

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/plt-1000-p008/>

8.2.11. Unidad de filtrado

La unidad de filtrado, cuyas características se muestran en la tabla 18, se encarga de recoger el polvo que desprenden tanto el molino de martillos, como la pelletizadora, a través de unos tubos.

Unidad de filtrado - RC-1000 (ilustración 19)	
Precio	1.600,00 €
Alimentación	Eléctrica, trifásica
Potencia	0,18 kW
Tamaño bolsa	Diámetro 200 mm, altura 180 cm
Dimensiones (largo x ancho x alto)	100 cm x 200 cm x 380 cm
Peso	250 kg



Ilustración 19: Unidad de filtrado - RC-1000

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/batteria-filtrante-rc-1000/>

Tabla 18: Características de la unidad de filtrado

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/batteria-filtrante-rc-1000/>

8.2.12. Enfriadora

La cinta transportadora eleva los pellets, que salen a una temperatura bastante elevada de la peletizadora, hasta el tanque de la enfriadora, cuyas características se muestran en la tabla 19, donde gracias a una corriente de aire provocada por un motor que lleva incorporada se reduce la temperatura de los pellets hasta hacerla apta para su ensacado. Cuando alcanzan la temperatura adecuada los pellets caen hasta la tamizadora, que está situada justo debajo de la enfriadora.

Enfriador de pellets - RPL-1000 (ilustración 20)	
Precio	2.800,00 €
Fuente de alimentación	Eléctrica, trifásica
Potencia	0,75 kW
Salida por hora	400 L/hora

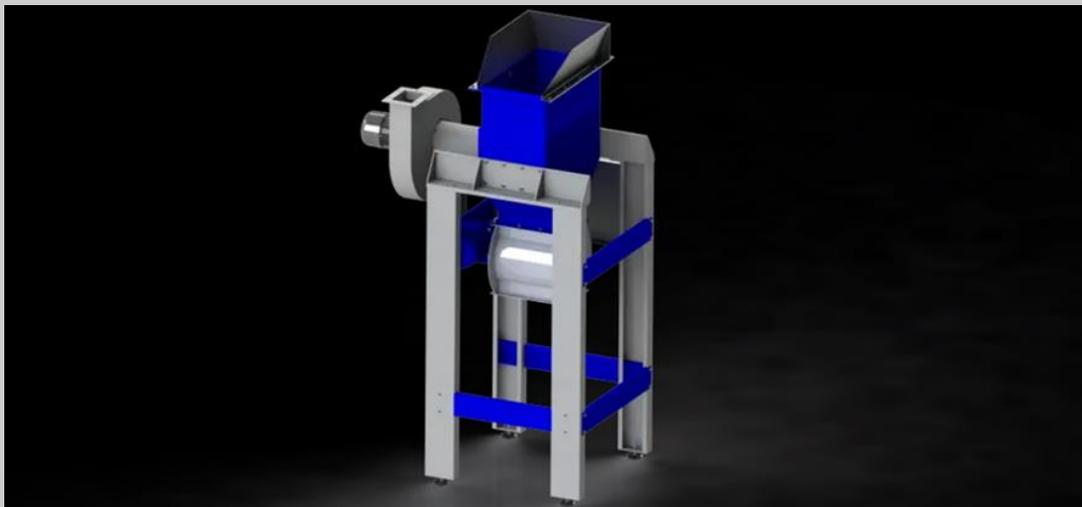


Ilustración 20: Enfriador de pellets - RPL-1000

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/raffreddatore-per-pellet-rpl-1000/>

Tabla 19: Características enfriadora

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/raffreddatore-per-pellet-rpl-1000/>

8.2.13. Tamizadora

En la tamizadora, cuyas características se muestran en la tabla 20, se separan los pellets bien formados de las partes finas que no se han pelletizado, para ello la tamizadora cuenta con dos motores vibratorios que mueven un tamiz intercambiable con varios diámetros. Al final del tamiz hay una válvula manual para dejar caer los pellets hasta la cinta transportadora situada debajo de la tamizadora.

Vibrador de 2 motores - VBR-30 (ilustración 21)	
Precio	4.000,00 €
Fuente de alimentación	Eléctrica, trifásica
Potencia	0,52 kW
Capacidad	0,1 m ³
Dimensiones (largo x ancho x alto)	175 cm x 80 cm x 110 cm
Peso	150 kg



Ilustración 21: Vibrador de 2 motores - VBR-30

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/vibrotaglio-completo-di-n-2-motovibratori-vbr-30/>

Tabla 20: Características tamizadora

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/vibrotaglio-completo-di-n-2-motovibratori-vbr-30/>

8.2.14. Envasadora de big bags

La cinta transportadora eleva los pellets hasta la envasadora de big bags, cuyas características se muestran en la tabla 21, donde se llenan los big bags de una manera semiautomática hasta alcanzar el peso establecido. El peso la maquina lo determina gracias a una báscula situada en la parte inferior de esta, donde el operario sitúa el palet y la big bag, tara, y da comienzo el llenado. Una vez llena la big bag la carretilla elevadora se encarga de transportarlo hasta el almacén de producto terminado.

Envasadora de big bags DCS-1000-ZL-DG (ilustración 22)	
Precio	9.000,00 €
Rango de embalaje	500 kg - 1000 kg
Desviación	<= +- 0,1%
Fuente de alimentación	Eléctrica, trifásica
Potencia	1,25 kW
Peso	800 kg
Dimensiones (largo x ancho x alto)	172 cm x 172 cm x 385 cm



Ilustración 22: Envasadora de big bags DCS-1000-ZL-DG

Fuente: https://www.alibaba.com/product-detail/Fertilizer-big-bag-filling-packing-machine_60541208701.html?spm=a2700.details.maylikeexp.8.225a11b5cUvXAu

Tabla 21: Características de la envasadora de big bags

Fuente: https://www.alibaba.com/product-detail/Fertilizer-big-bag-filling-packing-machine_60541208701.html?spm=a2700.details.maylikeexp.8.225a11b5cUvXAu

8.2.15. Cintas transportadoras

Las tres cintas transportadoras, cuyas características se muestran en la tabla 22, se utilizan para transportar la materia prima de una máquina a otra por la cadena de montaje, lo hacen gracias a un motor que llevan incorporado.

Cinta transportadora - NT4X300 ET (ilustración 23)	
Precio	2.100,00 €
Fuente de alimentación	Eléctrica, trifásica
Potencia	0,75 kW
Dimensiones (largo x ancho x alto)	400 cm x 30 cm x 400 cm
Velocidad	Ajustable

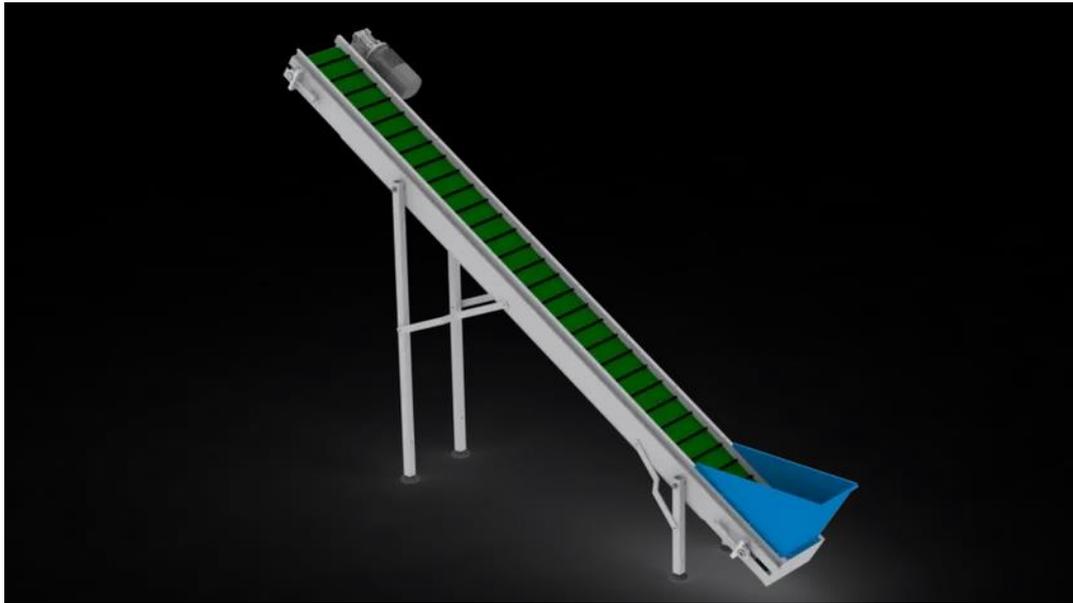


Ilustración 23: Cinta transportadora - NT4X300 ET

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/nastro-transportatore-per-big-bag-nt4x300-et/>

Tabla 22: Características de la cinta transportadora

Fuente: <https://www.smartwoodsrl.com/en/nastro-transportatore-per-big-bag-nt4x300-et/>

8.3. Personal

8.3.1. Organigrama de la fábrica

Un organigrama es una representación en un gráfico de la estructura de una empresa. En él se detallan los diferentes departamentos en los que está dividida la empresa y se muestra la jerarquía entre los mismos, así como las distintas relaciones entre ellos. Disponer de un organigrama bien representado facilita a los empleados su trabajo diario, ya que en él se definen los diferentes roles y las diferentes responsabilidades de cada miembro de la plantilla.

El organigrama de la empresa de producción de pellets es el que se muestra en la ilustración 24. En él podemos ver la jerarquía que sigue la empresa.

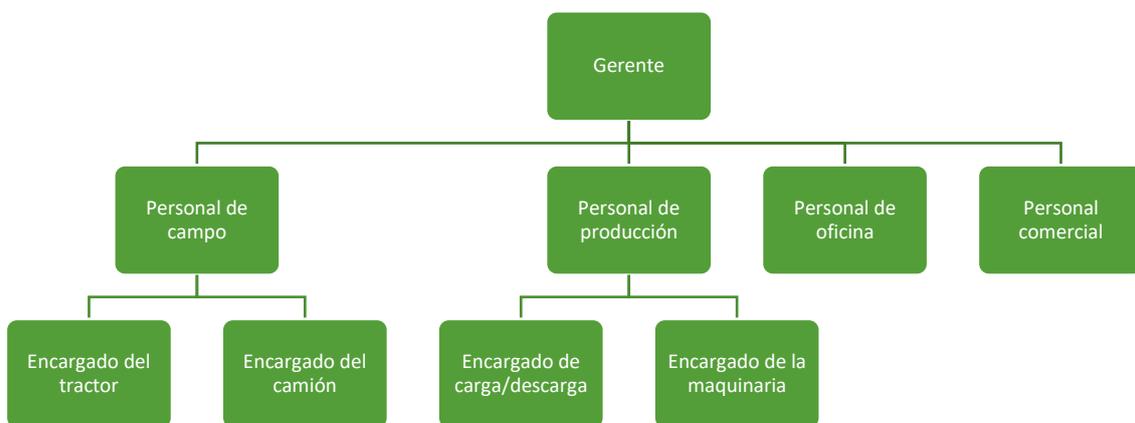


Ilustración 24: Organigrama de la fábrica

Fuente: Propia

8.3.2. Personal empleado

En la empresa serán necesarias varias personas para poder realizar la producción correctamente. Como explicamos en el punto anterior se dividen en personal de campo, personal de planta, personal de oficina y personal comercial.

El departamento de personal de campo está formado por dos personas, una responsable del tractor y otra responsable de la camioneta, ellas son las responsables de traer la materia prima a la planta, para ello deben ir al campo correspondiente y triturar in situ la madera, para traerla a la planta y abocarla en la zona de almacenamiento de materia prima, previo pesado. El responsable de la camioneta también es el responsable de llevar los pedidos de producto terminado allí donde se requiera.

En cuanto al departamento de producción, está formado por dos personas, la responsable de la carretilla elevadora y la responsable de la maquinaria. La responsable de la maquinaria es la que debe encender y apagar las maquinas al inicio y al final de la jornada laboral, debe controlar que funcionen correctamente, también debe estar pendiente de que la tolva de entrada de biomasa no se vacíe del todo, ni de que la envasadora de pellets se llene, para ello debe estar en contacto con el encargado de la carretilla elevadora, que es el que debe llenar la tolva de entrada de biomasa con la materia prima traída de campo y el que debe transportar las big bags de la máquina de llenado de big bags al almacén de producto terminado.

El departamento de personal de oficina está formado por una persona, que se encarga de la coordinación del personal de campo, para ello debe recibir las llamadas de los agricultores que deseen triturar sus restos de poda para enviar a la parcela correspondiente al tractor y a la camioneta para que procedan. También es la persona responsable de apuntar el peso de todo el producto que llega o sale de la planta y que se pesa en la báscula puente.

El departamento comercial está formado por una sola persona contratada a tiempo parcial que se encarga de dar a conocer el producto, ya sea vía llamadas, conferencias, ferias...

Finalmente, el gerente es el encargado de controlar a todos los empleados y de garantizar que el proceso de producción sea el correcto.

8.3.3. Horarios y turnos de trabajo

Tanto los trabajadores de campo, como los de la planta tendrán una jornada laboral de 8 horas diarias, de lunes a viernes. La jornada empezará a las ocho de la mañana y terminará a las seis de la tarde, con una pausa de dos horas para comer, de una a tres de la tarde, como se explica en la tabla 23.

HORARIO SEMANAL DE LOS EMPLEADOS DE LA PLANTA							
Hora \ Dia	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
07:00-08:00							
08:00-09:00							
09:00-10:00							
10:00-11:00							
11:00-12:00							
12:00-13:00							
13:00-14:00							
14:00-15:00							
15:00-16:00							
16:00-17:00							
17:00-18:00							
18:00-19:00							

Tabla 23: Horarios y turnos de trabajo
Fuente: Propia

8.3.4. Salarios

En la tabla 24 se muestran los salarios, en bruto, que cobran los empleados de la empresa. Los sueldos varían en función de la formación necesaria para realizar su trabajo satisfactoriamente, así como de la importancia de su función dentro de la planta.

Personal	Sueldo bruto (€/mes)	Num. Personas	Total año
Campo	1.400,00 €	2	39.200,00 €
Producción	1.400,00 €	2	39.200,00 €
Oficina	1.800,00 €	1	25.200,00 €
Comercial	1.000,00 €	1	14.000,00 €
Gerente	2.400,00 €	1	33.600,00 €
TOTAL		7	151.200,00 €

Tabla 24: Salarios
Fuente: Propia

9. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Nuestra parcela tiene una superficie de exactamente 1.296 m², con una nave de 500 m² y una superficie sin construir de 796 m². Distribuida tal y como se muestra en la ilustración 25.

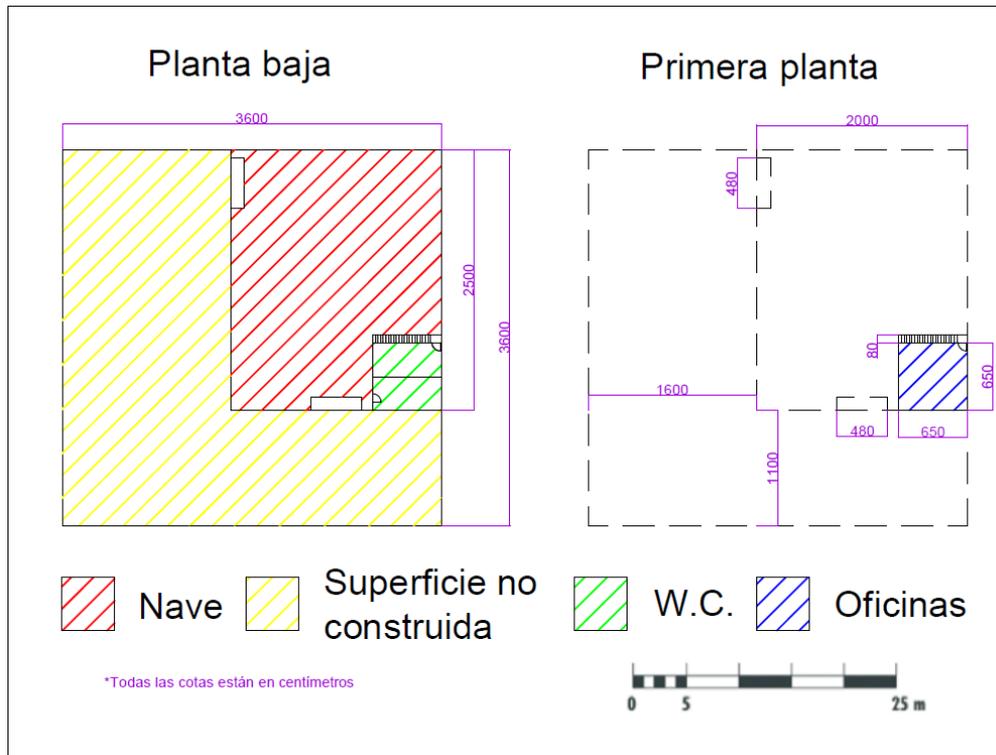


Ilustración 25: Distribución de la parcela.

Fuente: Propia

Para distribuir la planta correctamente hemos tenido en cuenta las áreas funcionales que queremos que tenga nuestra planta, que son las siguientes:

- Zona de almacenaje de materia prima
 - Báscula
 - Almacén materia prima
- Zona de procesado
 - Tolva extractora de biomasa
 - Túnel de secado
 - Molino de martillos y cargador
 - Peletizadora
 - Enfriadora y tamizadora
 - Envasadora de big bags
- Zona de almacenaje del producto terminado
- Zona de oficinas
 - Oficinas
 - W.C.

También hemos tenido en cuenta la superficie ocupada por las oficinas y los aseos, que son 42,25 m², la superficie ocupada por la maquinaria, que son 202,17 m², tal y como se muestra en la imagen 25, la superficie ocupada por la materia prima, que son 200 m² y la superficie ocupada por el producto terminado, que son 255,58 m².

CÁLCULO SUPERFICIE NECESARIA MAQUINARIA CON HOLGURA DE 1,5 METROS			
Máquina	Largo con holgura (m)	Ancho con holgura (m)	Superficie con holgura (m2)
Tolva con tornillo sinfín	7,2	5,2	37,44
Túnel de secado	10	3,9	39,00
Molino de martillos	Va encima cargador		0,00
Cargador	6,25	3,72	23,25
Peletizadora	4,81	3,96	19,05
Unidad de filtrado	5	4	20,00
Enfriadora	Va encima tamizadora		0,00
Tamizadora	4,75	3,8	18,05
Envasadora de big bags	4,72	4,72	22,28
Cintas transportadoras (3)	7	3,3	23,10
TOTAL			202,17

Tabla 25: Cálculo de la superficie ocupada por las máquinas más holgura de 1,5 m

Fuente: Propia

Para la elección de la mejor distribución de nuestra planta nos hemos basado en el Systematic Layout Planning, o SLP. Este sistema consta de un análisis de las áreas existentes, una tabla relacional de actividades y un diagrama relacional de actividades. Con esta información se logra optimizar el espacio y distribuir la planta de la manera más eficiente para realizar el trabajo adecuadamente. El desarrollo del SLP se encuentra ampliamente detallado en el Anexo IV.

Teniendo en cuenta toda la información obtenida con el SLP, hemos decidido que la mejor distribución para la planta de procesado de pellets es la que se muestra en la ilustración 26.

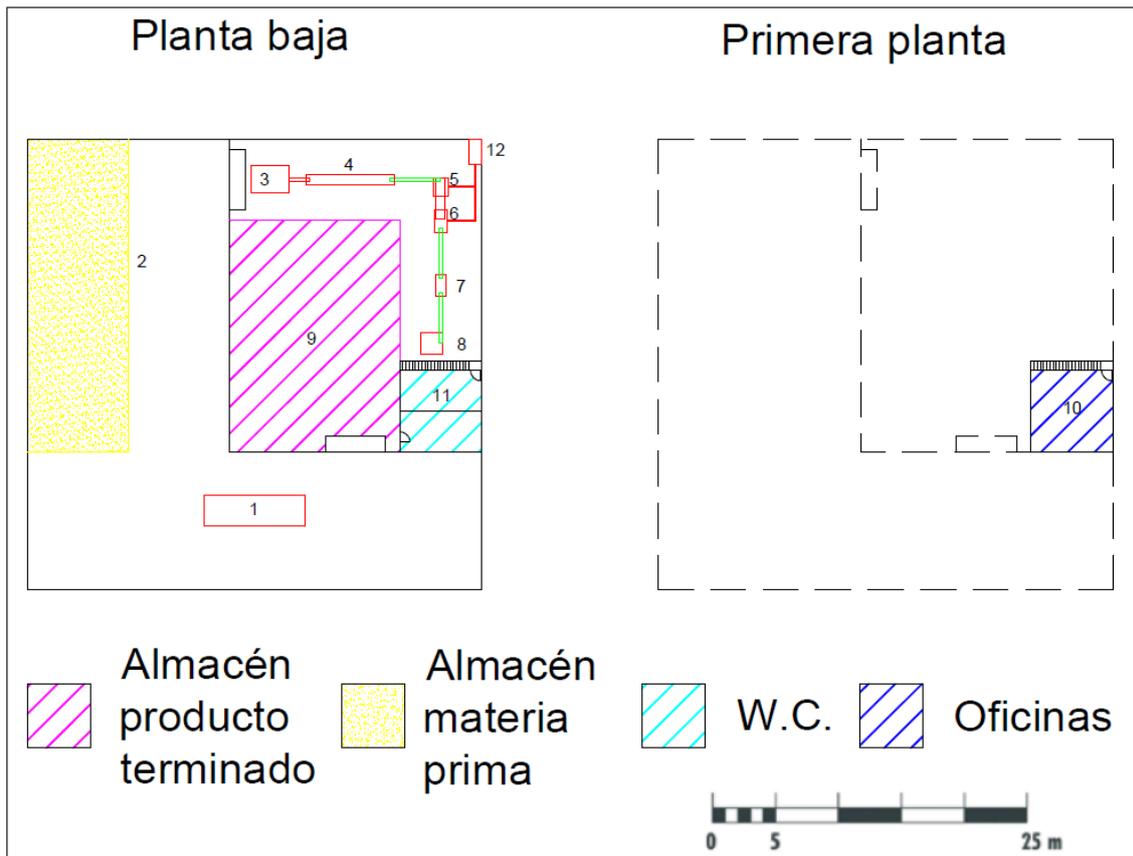


Ilustración 26: Distribución final de la planta

Fuente: Propia

Leyenda de actividades:

1. Pesado en la báscula.
2. Almacenado de la materia prima.
3. Llenado de la tolva extractora.
4. Secado.
5. Molido.
6. Pelletizado.
7. Enfriado y tamizado.
8. Envasado.
9. Almacenado de producto final.
10. Actividades de oficina.
11. Actividades de aseo.
12. Aspirado.

10. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

En el Anexo V se explica cómo se han realizado las operaciones necesarias para dotar a nuestra instalación de una iluminación adecuada, tal y como marca la norma UNE 12464_1.

Hemos dividido la parcela en 4 zonas, con requerimientos de iluminación diferente.

10.1. Iluminación de la nave

Según la norma UNE 12464_1 la iluminación necesaria para nuestra nave es de 200 lux y de una uniformidad de 0,4, ya que se trata de una actividad de tipo industrial que no requiere la percepción de los detalles.

Para la iluminación de la nave se ha escogido escogido una lampara integrada en una luminaria, es la que vemos en la ilustración 27, la BY120P G3 LED105S/840 PSU WB GR Generation 3 - LED module, system flux 10500 lm - 840 blanco neutro - Fuente de alimentación - Haz ancho - GR.



Ilustración 27: Lámpara escogida para el interior de la nave

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/campanas-industriales-y-campanas-decorativas/campanas-industriales/coreline-campana>

Estarán distribuidas tal y como se muestra en la ilustración 28, necesitaremos 11 luminarias, como cada una tiene una potencia de 85 W, se requerirán 935 W de potencia para iluminar la nave.

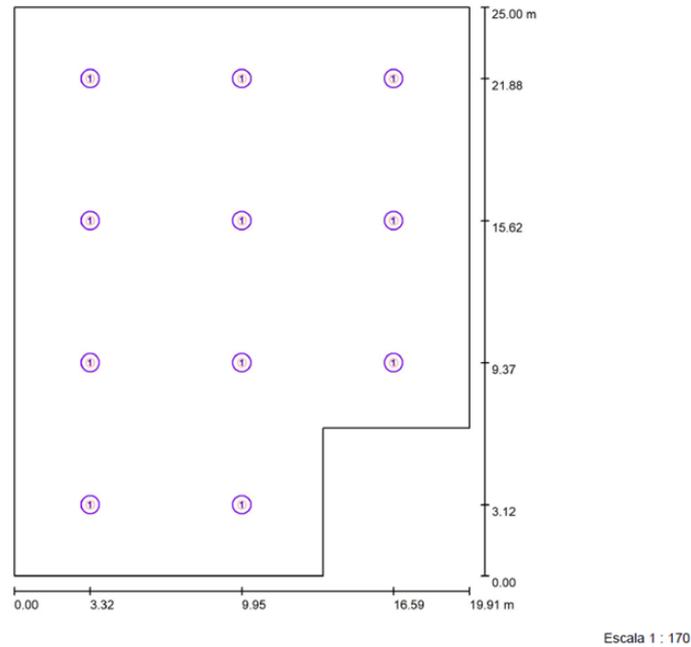


Ilustración 28: Distribución de las luminarias en la nave
Fuente: Propia (DIALux)

A partir de esta distribución hemos obtenido un diagrama isolux con el programa DIALux, que se muestra en la ilustración 29.

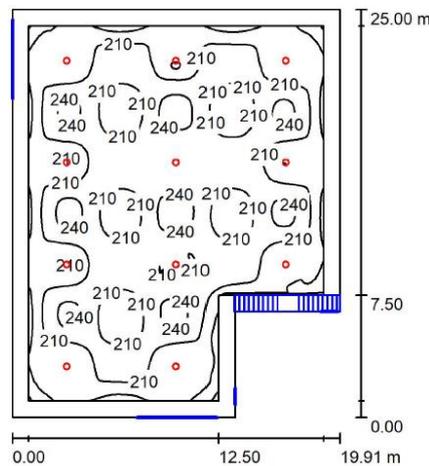


Ilustración 29: Diagrama isolux de la nave
Fuente: Propia (DIALux)

Con esta distribución el programa nos proporcionó los datos mostrados en la tabla 26. Como podemos ver la iluminancia media es de 211 lux, superior al valor de 200 lux que marca la norma. Además, la uniformidad es de 0,652, superior a los 0,2 que pide la norma.

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	211	137	256	0.652
Suelo	20	187	23	237	0.124
Techo	70	33	22	45	0.661
Paredes (6)	50	57	18	151	/

Tabla 26: Datos de Iluminación de la nave
Fuente: Propia (DIALux)

10.2. Iluminación de las oficinas

Según la norma UNE 12464_1 la iluminación necesaria para nuestra zona de oficinas es de 300 lux y de una uniformidad de 0,8, ya que se trata de una actividad que requiere una correcta visión del plano sobre el que se trabaja.

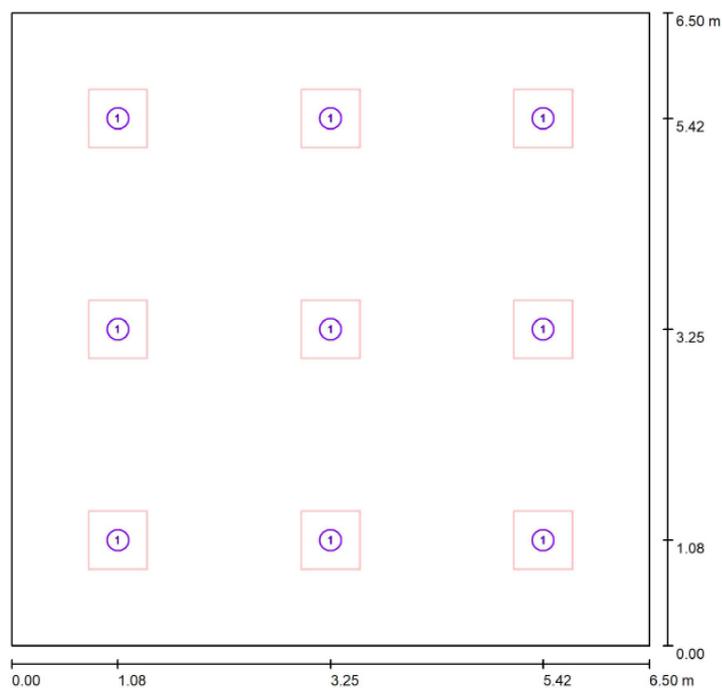
Hemos escogido una lámpara integrada en una luminaria, es la que vemos en la ilustración 30, la RC132V LED34S/830 PSU W60L60 OC, 830 blanco cálido - Fuente de alimentación.



Ilustración 30: Lámpara escogida para la oficina

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/luminarias-empotrables/coreline-panel>

Las luminarias estarán distribuidas tal y como vemos en la ilustración 31, necesitaremos 9 luminarias, como cada una tiene una potencia de 33 W, se requerirán 297 W de potencia para iluminar las oficinas.



Escala 1 : 47

Ilustración 31: Distribución de las luminarias en la oficina

Fuente: Propia (DIALux)

A partir de esta distribución hemos obtenido un diagrama isolux con el programa DIALux, que se muestra en la ilustración 32.

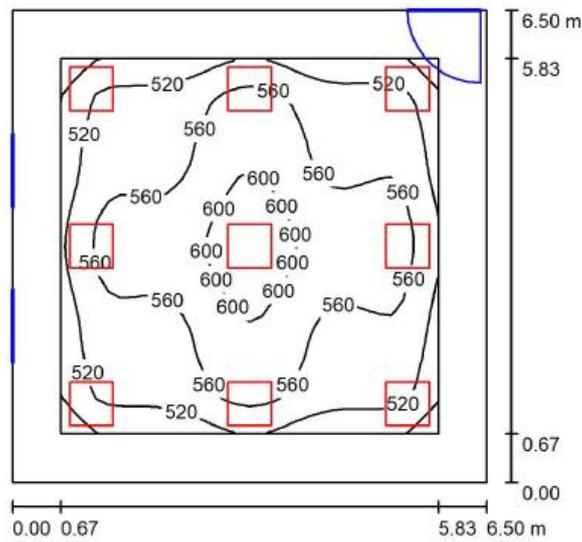


Ilustración 32: Diagrama isolux de la oficina
Fuente: Propia (DIALux)

Con esta distribución el programa nos proporcionó los datos mostrados en la tabla 27. Como podemos ver la iluminancia media es de 551 lux, superior al valor de 300 lux que marca la norma. Además, la uniformidad es de 0,802, superior a los 0,8 que pide la norma.

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Piano útil	/	551	442	624	0.802
Suelo	20	431	261	540	0.606
Techo	70	98	71	112	0.727
Paredes (4)	50	228	89	344	/

Tabla 27: Datos de iluminación de la oficina
Fuente: Propia (DIALux)

10.3. Iluminación de los W.C.

Según la norma UNE 12464_1 la iluminación necesaria para nuestra zona de W.C. es de 200 lux y de una uniformidad de 0,4, ya que se trata de una actividad que no requiere de unas altas exigencias lumínicas

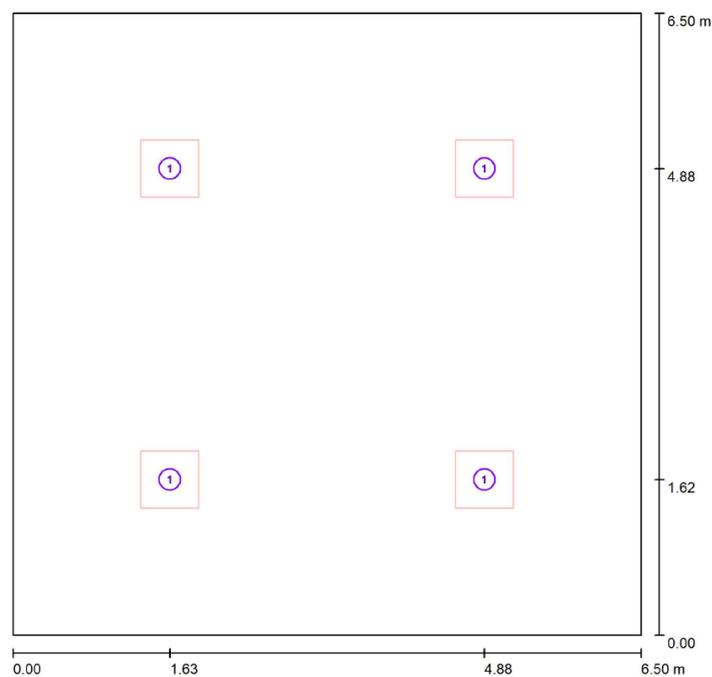
Hemos escogido una lámpara integrada en una luminaria, es la que vemos en la ilustración 33, la RC132V LED34S/830 PSU W60L60 OC, 830 blanco cálido - Fuente de alimentación.



Ilustración 33: Lámpara escogida para el W.C.

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/luminarias-empotrables/coreline-panel>

Las luminarias estarán distribuidas tal y como vemos en la ilustración 34, necesitaremos 4 luminarias, como cada una tiene una potencia de 33 W, se requerirán 132 W de potencia para iluminar la zona de W.C.



Escala 1 : 47

Ilustración 34: Distribución de las luminarias en el W.C.

Fuente: Propia (DIALux)

A partir de esta distribución hemos obtenido un diagrama isolux con el programa DIALux, que se muestra en la ilustración 35.

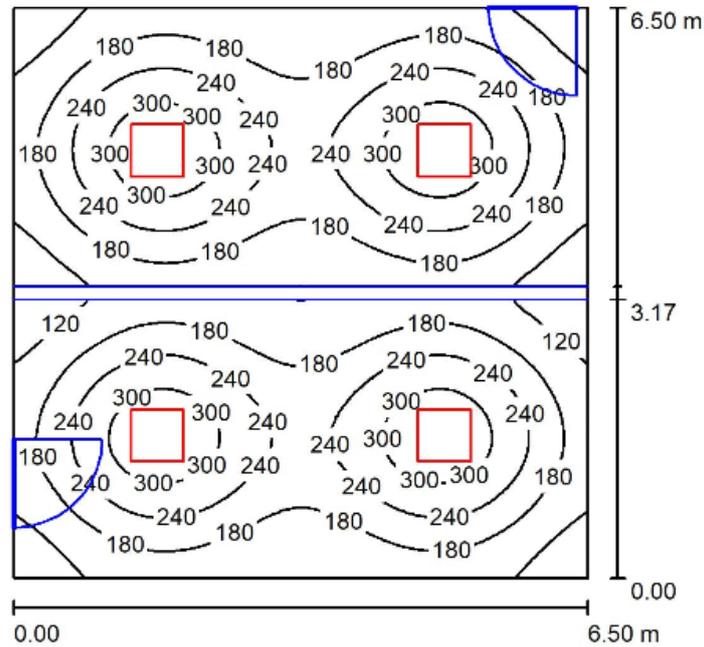


Ilustración 35: Diagrama isolux del W.C.
Fuente: Propia (DIALux)

Con esta distribución el programa nos proporcionó los datos mostrados en la tabla 28. Como podemos ver la iluminancia media es de 207 lux, superior al valor de 200 lux que marca la norma. Además, la uniformidad es de 0,392, casi igual a los 0,4 que pide la norma.

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	207	81	341	0.392
Suelo	20	158	40	206	0.256
Techo	70	31	19	37	0.605
Paredes (4)	50	79	19	132	/

Tabla 28: Datos de iluminación del W.C.
Fuente: Propia (DIALux)

10.4. Iluminación de la zona exterior

Según la norma UNE 12464_1 la iluminación necesaria para nuestra zona exterior es de 100 lux y de una uniformidad de 0,4, ya que se trata de una actividad que no requiere de unas altas exigencias lumínicas.

Hemos escogido una lámpara integrada en una luminaria, es la que vemos en la ilustración 36. Es la ClearWay gen2 BGP307 LED120-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48 ClearWay gen2 - LED module, system flux 12000 lm – 740 blanco neutro - Seguridad clase I - Distribución media 50 - Universal para diámetro de 48-60 mm ajustable.



Ilustración 36: Lámpara escogida para el exterior

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-exterior/alumbrado-publico-y-residencial/luminarias-publico-y-residencial/clearway-gen2>

Las luminarias estarán distribuidas tal y como vemos en la ilustración 37, necesitaremos 14 luminarias, como cada una tiene una potencia de 82 W, se requerirán 1.148 W de potencia para iluminar la zona exterior.

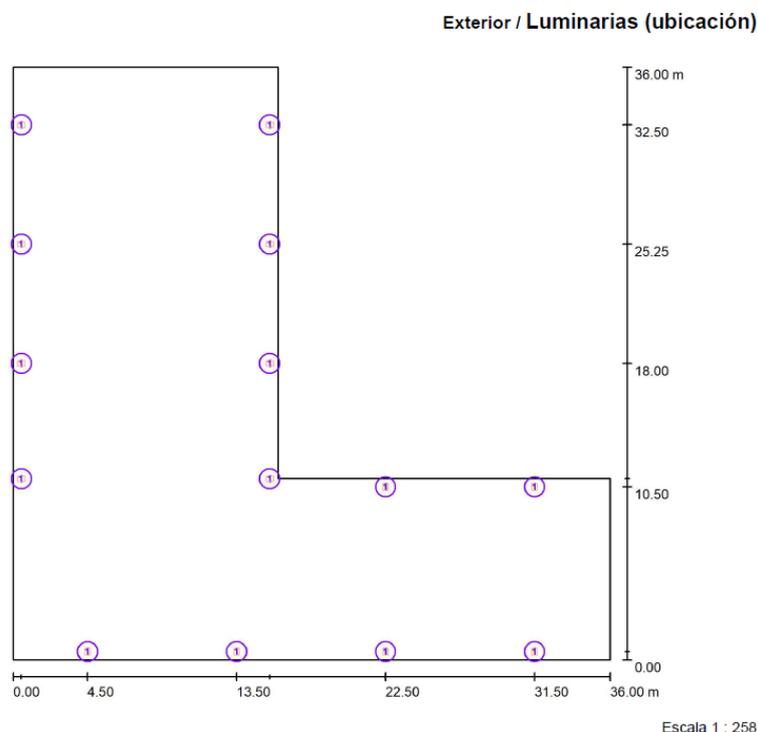


Ilustración 37: Distribución de las luminarias en el exterior

Fuente: Propia (DIALux)

A partir de esta distribución hemos obtenido un diagrama isolux con el programa DIALux, que se muestra en la ilustración 38.

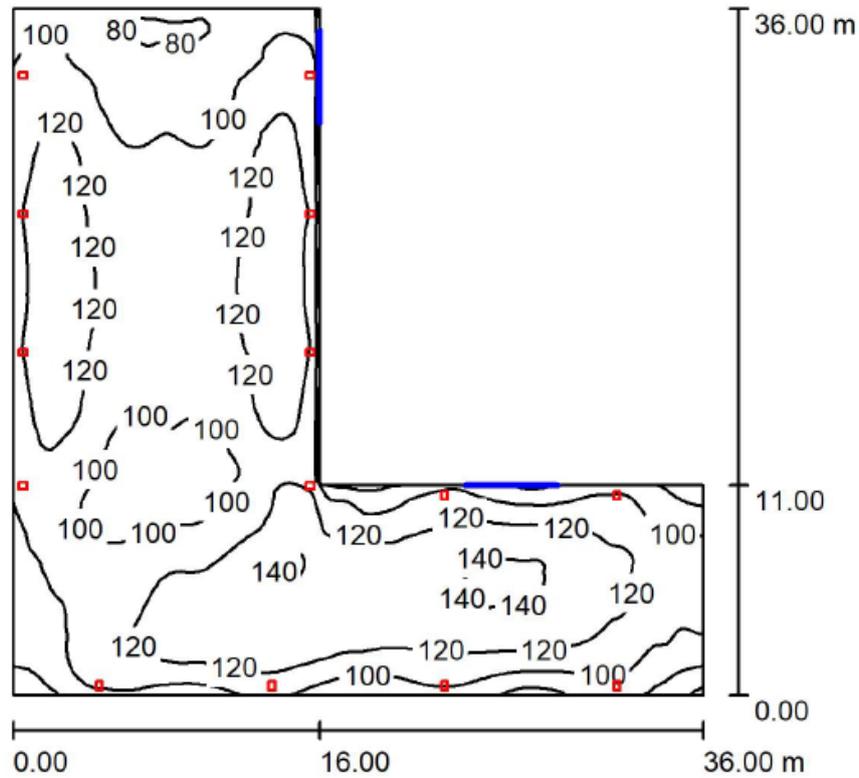


Ilustración 38: Diagrama isolux del exterior
Fuente: Propia (DIALux)

Con esta distribución el programa nos proporcionó los datos mostrados en la tabla 29. Como podemos ver la iluminancia media es de 112 lux, superior al valor de 100 lux que marca la norma. Además, la uniformidad es de 0,489, superior a los 0,4 que pide la norma.

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Piano útil	/	112	55	144	0.489
Suelo	20	108	60	134	0.554
Techo	0	21	12	35	0.551
Paredes (6)	38	59	7.82	1479	/

Tabla 29: Datos de iluminación del exterior
Fuente: Propia (DIALux)

11. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

A la hora de diseñar la instalación eléctrica de la nave debemos basarnos en el reglamento eléctrico de baja tensión.

En el Anexo VI se explican los cálculos realizados para obtener la sección del cable y las protecciones necesarias contra sobrecargas según la intensidad de corriente que circule por cada uno de los cables. Finalmente, se comprueba que las protecciones escogidas protegen también contra cortocircuitos.

En la ilustración 39 podemos ver un boceto simplificado, ya que no constan las protecciones ni la sección, del esquema unifilar de la instalación eléctrica de la nave.

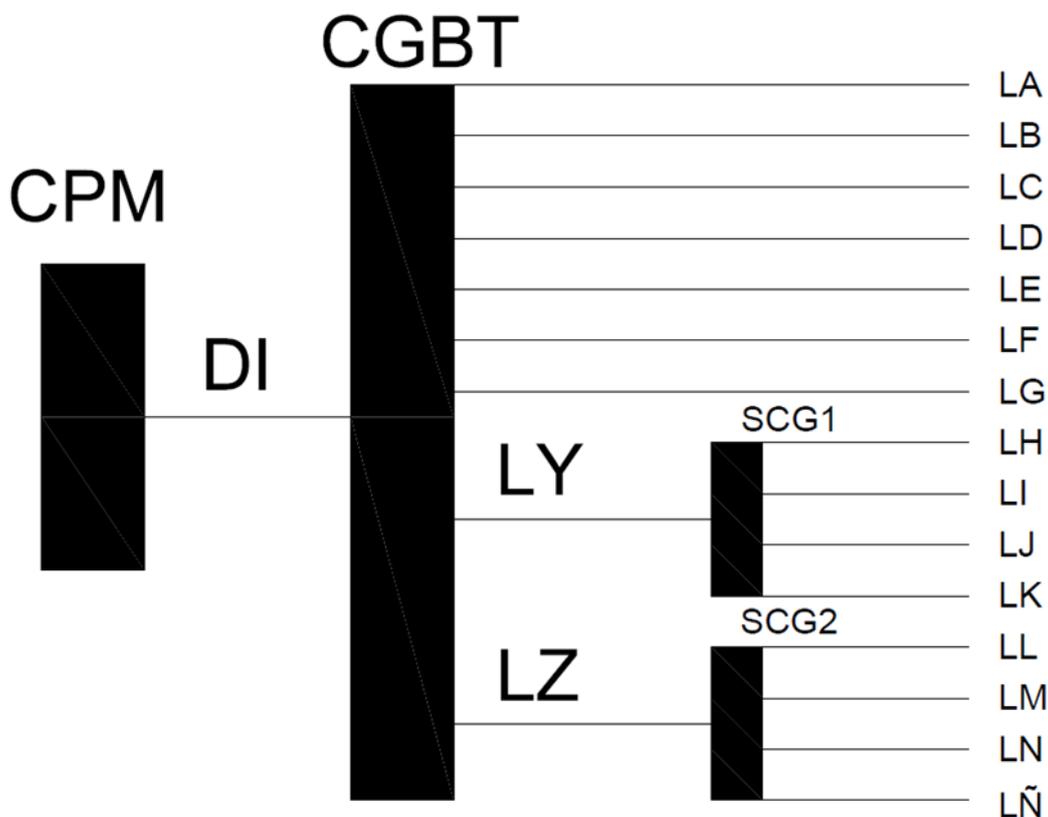


Ilustración 39: Boceto del esquema unifilar de la planta
Fuente: Propia

En la tabla 30 se resumen los datos obtenidos en los cálculos realizados.

Se ha escogido en la mayoría de los casos como aislante el polietileno reticulado (XLPE) debido a las buenas prestaciones, tanto eléctricas como térmicas, que ofrece este material. Un ejemplo es el aumento de la temperatura de servicio máximo, que es de 90 °C. Gracias a esta característica es posible el transporte de una mayor intensidad de corriente en una sección igual que si es en PVC.

Denominación	Potencia de cálculo (W)	Distancia de cálculo (m)	Sección (mm ²)	Material	Intensidad de cálculo (A)	Intensidad admisible (A)	Protección	Caída de tensión (%)	Caída de tensión total (%)
Derivación individual	150.974,37	19,25	4 x 70 mm ² + 1 x 35 mm ²	XLPE	272,39	280	Fusible 250 A	0,59	0,59
Línea Y	19.350	24,5	3 x 4 mm ² + 1 x 4 mm ²	XLPE	34,91	36	In=32 A (PC 50 kA)	1,69	2,28
Línea Z	5.421,87	16,6	3 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	XLPE	9,78	20	In=10 A (PC 50 kA)	0,86	1,45
Línea A	935	67,13	4 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	XLPE	1,35	20	In=10 A (PC 50 kA)	0,6	1,19
Línea B	297	3,25	2 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	PVC	1,29	19	In=10 A (PC 50 kA)	0,4	0,99
Línea C	1.448	122,57	4 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	XLPE	1,65	16,5	In=10 A (PC 50 kA)	1,34	1,93
Línea D	132	3,25	2 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	PVC	0,57	19	In=10 A (PC 50 kA)	0,05	0,64
Línea E	2.200	46,65	3 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	XLPE	6,2	20	In=10 A (PC 50 kA)	1,54	2,13
Línea F	40.000	40,69	4 x 25 mm ² + 1 x 16 mm ²	XLPE	90,21	110	In=100 A (PC 50 kA)	1,17	1,76
Línea G	45.000	23,23	3 x 50 mm ² + 1 x 25 mm ²	XLPE	126,86	175	In=160 A	0,47	1,06
Línea H	180	1,25	3 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	XLPE	0,61	20	In=10 A	0,004	2,2804
Línea I	750	3,06	3 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	XLPE	2,11	20	In=10 A	0,034	2,314
Línea J	11.000	2,5	3 x 4 mm ² + 1 x 4 mm ²	XLPE	31,01	36	In=32 A	0,15	2,43
Línea K	800	2,7	3 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	XLPE	2,25	20	In=10 A	0,03	2,31
Línea L	750	3,06	3 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	XLPE	2,11	20	In=10 A	0,034	1,484
Línea M	1.270	2,5	3 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	XLPE	3,58	20	In=10 A	0,047	1,497
Línea N	750	3,06	3 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	XLPE	2,11	20	In=10 A	0,034	1,484
Línea Ñ	1.250	2,7	3 x 1,5 mm ² + 1 x 1,5 mm ²	XLPE	3,52	20	In=10 A	0,05	1,5

Tabla 30: Resumen de los cálculos de la instalación eléctrica

Fuente: Propia

12. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS

En el Anexo VII se establecen y definen los requerimientos y obligaciones que ha de satisfacer la nave situada en nuestra parcela, en la cual se desarrollara nuestro proyecto. Estos requerimientos y obligaciones vienen marcados por el reglamento de seguridad contra incendios en espacios industriales (Real Decreto 2267/2004).

Para realizar un correcto proyecto de protección contra incendios es necesario caracterizar el lugar donde se desarrolla la actividad de manera adecuada. Los establecimientos industriales se caracterizan por su configuración y ubicación con relación a su entorno y por su nivel de riesgo intrínseco.

Según el real decreto nuestro establecimiento es de tipo C: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o más de uno, que están a una distancia mayor a tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos- Esta distancia ha de estar libre de productos combustibles o elementos que puedan propagar el incendio (ilustración 40).

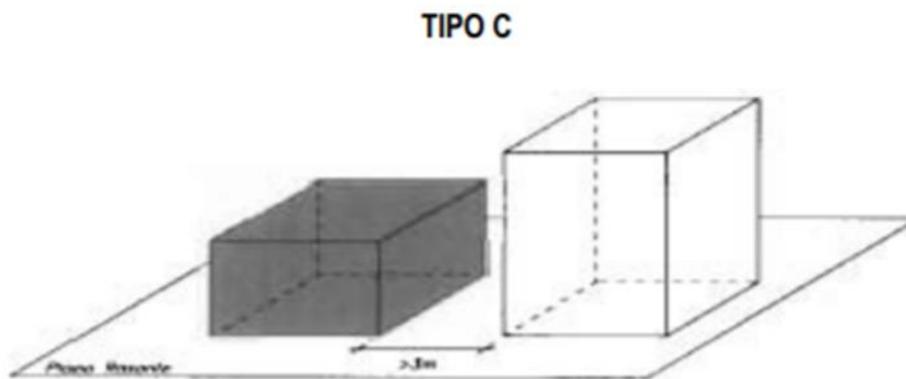


Ilustración 40: Tipo de establecimiento: C

Fuente: <https://www.boe.es/boe/dias/2004/12/17/pdfs/A41194-41255.pdf>

Tras caracterizar el edificio este se divide en sectores, como se muestra en la ilustración 41. El sector uno es la zona exterior, el sector dos el interior de la nave, el sector 3 el W.C. y el sector cuatro las oficinas.

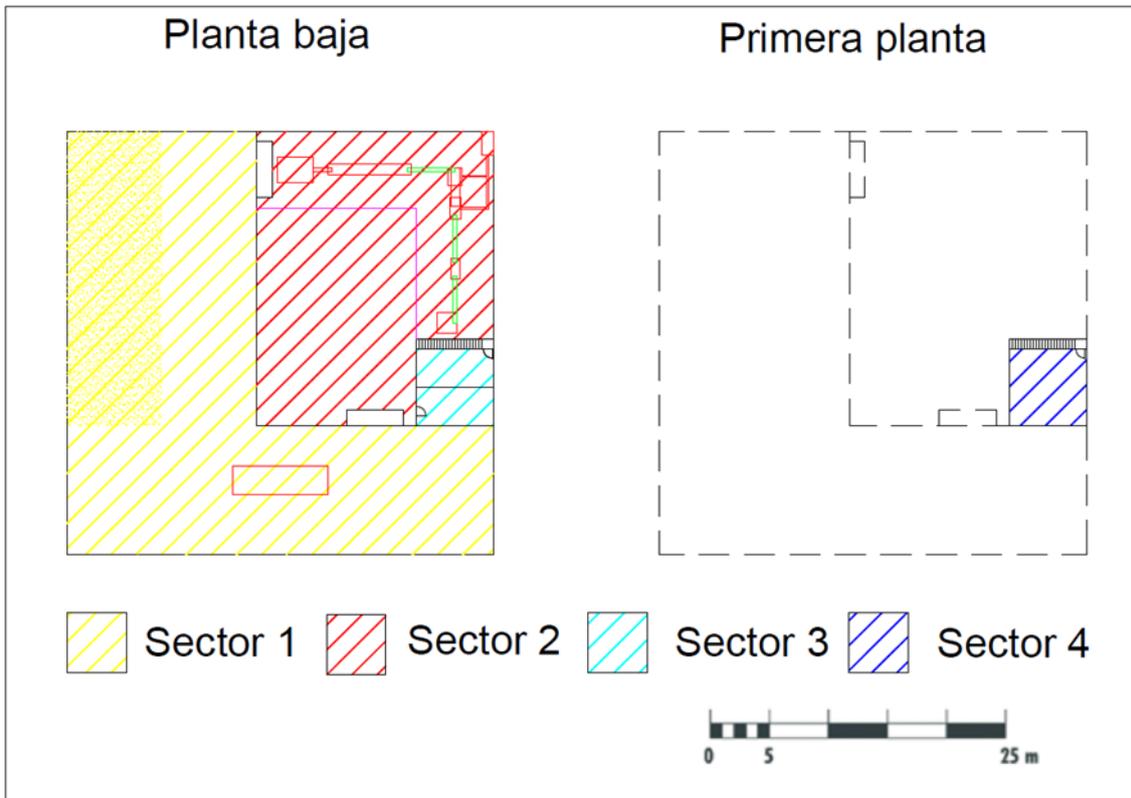


Ilustración 41: Sectorización de la planta
Fuente: Propia

En la tabla 31 se resumen los resultados del cálculo de la carga de fuego y del cálculo del nivel de riesgo intrínseco.

Sector	Densidad de carga	Nivel de riesgo intrínseco
Sector 1	5.295 MJ/m ³	Alto nivel 6
Sector 2	2.500 MJ/m ³	Medio nivel 5
Sector 3	No procede	-
Sector 4	1.200 MJ/m ³	Medio nivel 3

Tabla 31: Resumen de los resultados del cálculo de carga de fuego y del nivel de riesgo intrínseco
Fuente: Propia

Cabe decir que la planta cumple con la superficie máxima admisible marcada por el real decreto.

En cuanto a los dispositivos de seguridad, en nuestra planta son necesarios, además de la señalización adecuada, siete extintores, tres del tipo 34A en el sector 1 y cuatro del tipo 21A para el resto de sectores, tal y como se muestra en la ilustración 42 junto a las rutas de evacuación.

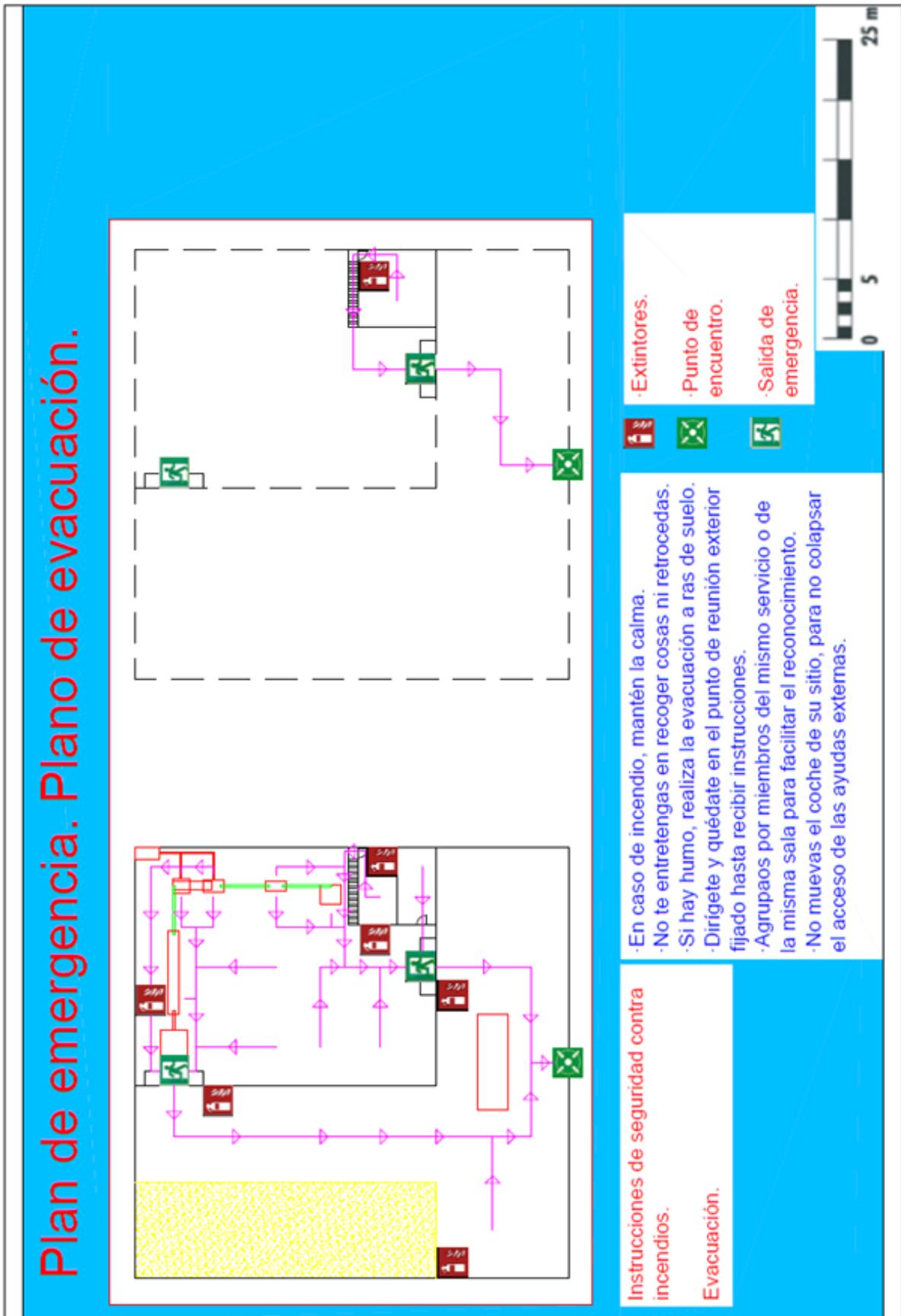


Ilustración 42: Plan de emergencia. Plano de evacuación

Fuente: Propia

13. RESUMEN DE PRESUPUESTO

13.1. Presupuesto de ejecución material (PEM)

CAPÍTULO 1: MAQUINARIA 141.781,50 €

CAPÍTULO 2: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN 5.108,36 €

CAPÍTULO 3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA 12.762,64 €

CAPÍTULO 4: PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS 498,84 €

TOTAL 160.151,34 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CIENTO SESENTA MIL CIENTO CINCUENTA Y UN EUROS Y TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

13.2. Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM) 160.151,34 €

12% GASTOS GENERALES 19.218,16 €

6% BENEFICIO INDUSTRIAL 9.609,08 €

TOTAL 188.978.58 €

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CIENTO OCHENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS Y CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

13.3. Presupuesto final

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC) 188.978,58 €

5% PROYECTO Y DIRECCIÓN DE OBRA 9.448,93 €

TOTAL 198.427,51 €

TOTAL + 21% IVA 240.097,29 €

El presupuesto total asciende a DOSCIENTOS CUARENTA MIL NOVENTA Y SIETE EUROS Y VEINTINUEVE CÉNTIMOS.

14. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

A la hora de realizar el estudio de viabilidad económica de una empresa debemos tener en cuenta la inversión inicial, los gastos, tanto directos como indirectos, y los ingresos. Estos factores son los que se van a analizar a continuación.

14.1 Inversión inicial

La inversión inicial que se necesita para poner en marcha la empresa es la que se resume en el apartado “13.2. Presupuesto de ejecución por contrata”, en este apartado se tiene en cuenta la compra de la parcela, la maquinaria necesaria, la instalación de iluminación, la instalación eléctrica y la instalación de protección contra incendios, en esta operación descontamos el gasto de adquisición de la parcela con la nave, ya que esa operación solo se tendrá que realizar una vez durante la vida del proyecto y se puede vender recuperando la inversión fácilmente. El presupuesto final sin IVA asciende a un total de 198.427,51€.

14.2. Gastos

En este apartado debemos diferenciar entre gastos directos y gastos indirectos.

14.2.1. Gastos directos

Los gastos directos son aquellos que dependen proporcionalmente de la cantidad de producto fabricado, ya que de la fabricación del producto depende su utilización.

Los gastos directos que tenemos en nuestra planta son:

- **Consumo de combustible:** Tanto el tractor como el camino necesitan combustible para funcionar, y el gasto de combustible depende directamente de las horas que estén en funcionamiento. Durante esas horas están incorporando materia prima al proceso de producción, por tanto, se considera un gasto directo. El gasto de combustible para el tractor se estima en unos 400 €/mes y el de la camioneta en unos 200 €/mes, por tanto, el gasto en combustible anual será de unos 7.200,00 €.
- **Consumo energético de la maquinaria:** La maquinaria solo consumirá energía en el caso de que la cadena de producción esté en marcha, por tanto, es un gasto directo. En la tabla 32 podemos ver el consumo de las maquinas en una jornada de trabajo.

CÁLCULO CONSUMO MAQUINARIA			
Máquina	Potencia (kW)	Horas de funcionamiento al día	kWh
Tolva con tornillo sinfín	2,2	7	15,40
Túnel de secado	40	7	280,00
Molino de martillos	11	7	77,00
Cargador	0,8	7	5,60
Pelletizadora	45	7	315,00
Unidad de filtrado	0,18	7	1,26
Enfriadora	0,75	7	5,25
Tamizadora	0,52	7	3,64
Envasadora de big bags	1,25	7	8,75
Cintas transportadoras(x3)	2,25	7	15,75
TOTAL	103,95		727,65

Tabla 32: Cálculo del consumo de la maquinaria
Fuente: Propia

Pero para realizar el estudio de la viabilidad económica necesitamos el consumo de energía anual, que se resume en la tabla 33. Podemos ver como el gasto directo de luz será de 16.372,13 €.

CÁLCULO GASTOS DE LUZ MAQUINARIA			
Tiempo	kWh	€/kWh	Precio
Hora	103,95	0,09 €	9,36 €
Día	727,65		65,49 €
Semana	3.638,25		327,44 €
Mes	15.159,38		1.364,34 €
Año	181.912,50		16.372,13 €

Tabla 33: Calculo de los gastos de luz de la maquinaria
Fuente: Propia

- **Compra de big bags:** Como son reutilizables solo necesitaremos unas 150 big bags al año para el reparto de los pellets. Las big bags son como las que vemos en la ilustración 43, por tanto, tendremos un gasto en big bags de 373,5 €.

SoloStocks



Big bag de áridos 85x85x90cm. Para 1000 kg. Asas de 40cm.

2,49 € /ud

✔ Vryzac

Contactar

Big bags de rafia, color blanco, para cargar hasta 1000 kg de áridos o alrededor de 400kg de cereales y pellets. El precio indicado es para un palet completo con 530 uds. Incluye entrega en la...

Ilustración 43: Precio big bag

Fuente: https://www.solostocks.com/venta-productos/big-bag_b

14.2.2. Gastos indirectos

Los gastos indirectos son aquellos que tienes que afrontar, aunque no haya producción, ya que se pagan de forma fija independientemente del volumen de producción.

Los gastos indirectos que tenemos en nuestra planta son:

- **Mantenimiento:** Para conocer el gasto en mantenimiento debemos sumar el gasto en mantenimiento de todas las partidas del presupuesto especificadas en el apartado presupuesto de este documento. En total suma 12.082,4 €, pero como este cálculo está hecho para diez años, debemos dividir entre diez, por tanto, necesitaremos 1.208,24 € al año para mantenimiento.
- **Internet y telefonía:** Aproximadamente 100 €/mes, en total 1.200 €/año.
- **Sueldos:** Tal y como se explica en el punto “8.3.4. Salarios” de este documento el gasto en sueldos anual es de 151.200 €.
- **Consumo eléctrico restante:** se incluyen en este apartado el consumo de la iluminación y de los ordenadores, y la parte fija de la factura de la luz. En total el gasto anual en esta partida asciende a 4.158,98 €.

Resumiendo, los gastos totales de la planta son 181.712,85 € al año, tal y como se muestra en la tabla 34.

GASTOS TOTALES	
Gastos directos	
Concepto	Importe
Combustible	7.200,00 €
Energia maquinaria	16.372,13 €
Big bags	373,50 €
Total	23.945,63 €
Gastos indirectos	
Mantenimiento	1.208,24 €
Internet y telefonía	1.200,00 €
Sueldos	151.200,00 €
Consumo electrico	4.158,98 €
Total	157.767,22 €
GASTOS TOTALES:	181.712,85 €

Tabla 34: Cálculo de los gastos totales
Fuente: Propia

14.3. Ingresos

En la tabla 35 se muestran los ingresos por unidad de tiempo, para ello hemos puesto un precio de venta de 150€ la tonelada de pellets. Hemos considerado que este precio es bastante competitivo dentro del mercado del pellet.

CÁLCULO DE INGRESOS			
Tiempo	Toneladas	Precio tonelada	Ingresos
Hora	0,87	150,00 €	130,50 €
Día	6,09		913,50 €
Semana	30,45		4.567,50 €
Mes	126,88		19.031,25 €
Año	1.522,50		228.375,00 €

Tabla 35: Cálculo de ingresos
Fuente: Propia

14.4. Estudio de viabilidad económica

Con los datos de inversión inicial, gastos e ingresos claros podemos proceder a realizar el estudio de viabilidad económica, ahora solo nos falta determinar el periodo de retorno de la inversión, que lo situaremos en diez años.

La inflación la situaremos en un 2,00% y el tipo de interés nominal en un 3,00%, con esto el interés real queda en un 1,50%.

En la tabla 36 se muestran todos los datos explicados anteriormente.

DATOS	
Inversión inicial	198.427,51 €
Gastos	181.712,85 €
Tiempo de amortización (años)	10
Ingresos	228.375,00 €
Inflación	2,00%
Interés nominal	3,00%
Interés real	1,50%
Impuesto sociedades	25,00%

Tabla 36: Datos necesarios para el estudio de la viabilidad económica
Fuente: Propia

Con estos datos procedemos a realizar el estudio de viabilidad económica a diez años, que se muestra en la tabla 37.

ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA							
AÑO	GASTOS	AMORTIZACIONES	INGRESOS PREVISTOS	INGRESOS REALES	BENEFICIO NETO	FLUJO DE CAJA	FC/(1+Ir) ⁿ
1	181.712,85 €	19.842,75 €	228.375,00 €	91.350,00 €	- 110.205,60 €	-90.362,85 €	- 89.028,44 €
2	185.347,11 €	20.239,61 €	232.942,50 €	186.354,00 €	- 19.232,71 €	1.006,89 €	976,35 €
3	189.054,05 €	20.644,40 €	237.601,35 €	237.601,35 €	27.902,90 €	48.547,30 €	46.425,61 €
4	192.835,13 €	21.057,29 €	242.353,38 €	242.353,38 €	28.460,96 €	49.518,25 €	46.654,31 €
5	196.691,83 €	21.478,43 €	247.200,44 €	247.200,44 €	29.030,18 €	50.508,61 €	46.884,14 €
6	200.625,67 €	21.908,00 €	252.144,45 €	252.144,45 €	29.610,78 €	51.518,78 €	47.115,10 €
7	204.638,18 €	22.346,16 €	257.187,34 €	257.187,34 €	30.203,00 €	52.549,16 €	47.347,20 €
8	208.730,95 €	22.793,08 €	262.331,09 €	262.331,09 €	30.807,06 €	53.600,14 €	47.580,44 €
9	212.905,57 €	23.248,95 €	267.577,71 €	267.577,71 €	31.423,20 €	54.672,15 €	47.814,83 €
10	217.163,68 €	23.713,92 €	272.929,27 €	272.929,27 €	32.051,66 €	55.765,59 €	48.050,38 €
FLUJO CAJA MEDIO:						32.732,40 €	289.819,94 €

Tabla 37: Estudio de viabilidad económica

Fuente: Propia

De los datos que ofrece este estudio podemos determinar el periodo de retorno de la inversión, el VAN y el TIR.

14.4.1. Periodo de retorno (PR)

El periodo de retorno es el tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial.

Para obtener el periodo de retorno hemos de dividir la inversión inicial entre el flujo de caja medio, en nuestro caso quedaría:

$$PR = \frac{\text{Flujo Caja Medio}}{\text{Inversión inicial}} = \frac{32.732,40 \text{ €}}{198.427,51 \text{ €}} = 6,06 \text{ años}$$

Por tanto, en 6,06 años la inversión inicial estaría retornada.

14.4.2. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto es un criterio que se usa para las inversiones, en el van se actualiza el flujo de caja para conocer cuánto se va a ganar, o perder, en una inversión.

Para el cálculo del valor actual neto recurriremos a su fórmula, que es:

$$VAN = -\text{Inversión inicial} + \sum_{j=1}^n \frac{\text{Flujo Caja } j}{(1 + \text{Interés real})^j} = 91.392,43 \text{ €}$$

Por tanto, el VAN de nuestro proyecto es de 91.392,43 €, por lo que se recomienda la inversión en este proyecto.

14.4.3. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno o TIR es un porcentaje que determina la viabilidad de una empresa o de un proyecto, ya que indica la rentabilidad de los pagos y cobros generados por cualquier inversión.

Para el cálculo de la tasa interna de retorno recurriremos a su fórmula, que es:

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{\text{Beneficio neto}}{(1 + \text{interes real})^n} = 0$$

Otra manera de calcular el TIR es gráficamente, cuando la fórmula del VAN dé cero será porque el valor del interés real es el TIR.

En nuestro caso nos da un TIR = 12,69%, que como es mayor al valor del interés real se recomienda la inversión en este proyecto.

A continuación, en la tabla 38.1 se muestra un cuadro resumen de los valores del periodo de retorno (PR), del valor actual neto (VAN) y de la tasa interna de retorno (TIR).

CRITERIOS DE INVERSIÓN	
VAN=	91.392,43 €
TIR=	12,69%
PR (años)=	6,06

Tabla 38.1: Tabla resumen de los criterios de inversión

Fuente: Propia

En este punto hay que tener en cuenta que el IVACE (Institut VALencià de Competitivitat Empresarial) ofrece una subvención a fondo perdido de hasta el 45% de la inversión inicial para empresas que trabajen con energías renovables. En el caso de que a nuestra empresa se le concediera esa subvención los criterios de inversión anteriormente descritos pasarían a ser los que se muestran en la tabla 38.2.

CRITERIOS DE INVERSIÓN	
VAN=	180.684,80 €
TIR=	23,57%
PR (años)=	3,33

Tabla 38.2: Tabla resumen de los criterios de inversión con la subvención

Fuente: Propia

15. ESTUDIO DE VIABILIDAD AMBIENTAL

En nuestra planta se producen anualmente 1.522,5 toneladas de pellets, esto supone que, con un poder calorífico medio del pellet producido de 3.908,9 Kcal/kg, al año se produce una energía de 5.949.340.727 kcal. Esta energía equivale a 6.919.083 kWh de electricidad.

Introduciendo este valor en la “Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero” (<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>) de la EPA (United States Environmental Protection Agency), la agencia de protección ambiental de los estados unidos, obtenemos que con el pellet producido por nuestra planta se evitaría la emisión a la atmósfera de 4.893 toneladas métricas de CO₂, o lo que es lo mismo::

- Las emisiones de la combustión de 550.561 galones de gasolina (2.084.098,93 litros) o de la combustión de 480.632 galones de diésel (1.819.389,02 litros), como vemos en la ilustración 44.



Ilustración 44: Equivalencia de CO₂ evitado en emisiones de gasolina (izquierda) y diésel (derecha).

Fuente: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>

- Las emisiones de la combustión de 5.348.976 libras de carbón (2.426.254,7 kg), como vemos en la ilustración 45.



Ilustración 45: Equivalencia de CO₂ evitado en combustión de carbón

Fuente: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>

- Las emisiones de la gasolina transportada por 64,8 camiones cisterna, como vemos en la ilustración 46.



Ilustración 46: Equivalencia de CO² evitado en camiones cisterna de gasolina
Fuente: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>

A su vez la energía producida por nuestra planta sería capaz de abastecer a 586 hogares, como vemos en la ilustración 47.



Ilustración 47: Cantidad de hogares capaces de ser abastecidos por la planta
Fuente: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>

Finalmente, decir que las emisiones evitadas por nuestra planta serían las mismas que las que evita un aerogenerador funcionando durante un año, como vemos en la ilustración 48.



Ilustración 48: Equivalencia de la producción de la planta en aerogeneradores
Fuente: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>

16. CONCLUSIONES

Finalmente, tras todo el trabajo realizado podemos concluir que la construcción de una planta de producción de pellets en el término municipal de Sant Mateu es viable tanto técnicamente, como económicamente, (con un PR de 6,06 años, un VAR de 91.392,43 € y un TIR de 12,69% se recomienda la inversión en este proyecto), como medioambientalmente.

Es decir, que con la puesta en marcha de este proyecto sería posible el aprovechamiento de los restos de poda, una biomasa que hoy en día o bien se quema, con el consiguiente riesgo de incendios que ello supone, además de suponer el desaprovechamiento de una materia prima, o bien son triturados, con el riesgo de transmisión de enfermedades y patologías que ello puede suponer. Por ello con la valorización de estos restos se evitaría el riesgo de incendios que supone la quema de restos de poda y la posible transmisión de enfermedades que origina el triturado de los restos de poda en campo.

También se aprovecharía la biomasa producida por la *Arundo donax* L., de esta manera se controlaría a una especie invasora que abunda en los ríos y barrancos del término municipal de Sant Mateu por el abandono de su uso como materia prima, ya sea para usos tradicionales como la elaboración de los típicos “canyisos”, como guía para vegetales como las tomateras o como material de construcción.

Además, una parte importante del término municipal está cubierto por bosque de *Pinus halepensis* Mill., actualmente debido al abandono de la agricultura extensiva y de la falta de mantenimiento de los bosques por parte de las administraciones, en el sotobosque hay una extrema abundancia de material vegetal que es el combustible ideal para los incendios forestales. Con la eliminación de este material vegetal y su puesta en valor se evitaría la propagación de los incendios forestales desgraciadamente tan abundantes en nuestro país, así como se podría lograr reducir su intensidad y virulencia, facilitando las labores de extinción a los equipos de bomberos.

Finalmente, con la puesta en valor de los restos vegetales convirtiéndolos en pellets se pondría en marcha una industria que generaría empleo en una zona rural con riesgo de despoblación, que además sería sostenible, debido al carácter renovable de la biomasa.

BIBLIOGRAFÍA

- Agroambient. (2019). <http://www.agroambient.gva.es/documents/162218839/163253055/Superficies+por+municipios+2018Val.xls/3984d517-c031-4279-82fc-65f29f4d07a7>.
- Burdí Orduña, A. (2016). *Estimación del potencial energético de la biomasa residual agrícola y análisis de aprovechamiento en los municipios de la comarca del Alto Palancia en Castellón*. Universitat Jaume I.
- Cerdá, E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa. *Cuadernos económicos de ICE*, 117-140.
- Cerdá, E., Alejandro, C., & Ovando, P. (2008). *Bioenergía en la Unión Europea*. FEDEA.
- Colomer Mendoza, F. J. (2018). *AG1031 - PROYECTOS DE INGENIERÍA*. Castelló: Universitat Jaume I.
- Consell. (2009). *DECRETO 213/2009, de 20 de noviembre, del Consell, por el que se aprueban medidas para el control de especies exóticas invasoras en la Comunitat Valenciana. [2009/13396]*. València.
- de Vicente López, J. (2014). *Bases para una ESTRATÉGIA PROVINCIAL DE BIOMASA*. Diputació de Castelló: VAERSA.
- EL PARLAMENTO EUROPEO Y EL CONSEJO DE LA UNIÓN EUROPEA. (2008). *DIRECTIVA 2008/98/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO*.
- Elías Castells, X. (2005). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Díaz de Santos.
- ENplus. (2015). *Esquema de certificación de calidad. Parte 3: Requisitos de calidad de los pellets*. España.
- EurObserv'ER Barometer. (s.f.).
- European Council. (2008). *Plans for 20 20 by 2020. Europe's climate change opportunity*. Bruselas: 3 final.
- Fernández, P., García, F., & Fernández, J. (2014). *Estudio preliminar sobre la modelización en la absorción de nutrientes en el cultivo de cerezo en la Región de Murcia*. Vitoria-Gasteiz: XI Congreso de SEAE: «Agricultura ecológica familiar».
- Generalitat Valenciana. (s.f.). *PLAN DE GESTIÓN DE RESIDUOS AGROPECUARIOS*. https://www.cma.gva.es/areas/residuos/res/pir/directiva_general/revpir8.html.
- IDAE. (2006). *Biocarburantes para el transporte*. Madrid.
- IDAE. (2007). *Biomasa. Digestores anaerobios*. Madrid.
- IDAE. (2007). *Energía de la biomasa*. Madrid: A.
- Parlamento Europeo y del Consejo. (2006). *Directiva 2006/12/CE*.

- Real Academia Española. (2019). *Diccionario de la lengua española*. <http://www.rae.es/rae.html>.
- Real Decreto 2267/2004. (s.f.). *Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Real Decreto 2267/2004. (s.f.). *Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales*.
- UNE-EN 12464-1. (2012). *Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores*.
- UNE-EN 13183-1/AC. (2004).
- UNE-EN 14961-2. (2012). *Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 2: Pélets de madera para uso no industrial*.
- UNE-EN 14961-3. (2012). *Biocombustibles sólidos*.
- UNE-EN ISO 17225-1:2014. (2014). *Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 1: Requisitos generales. (ISO 17225-1:2014)*.
- UNE-EN ISO 17225-2:2014. (2014). *Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustibles. Parte 2: Clases de pélets de madera. (ISO 17225-2:2014)*.

ANEXOS

ÍNDICE ANEXOS

ANEXO I: Selección de la ubicación de la planta	83
ANEXO II: Cálculo de la biomasa disponible para la planta.....	97
ANEXO III: Análisis y caracterización de la biomasa	111
ANEXO VI: Distribución en planta	159
ANEXO V: Instalación de iluminación.....	171
ANEXO VI: Instalación eléctrica.....	195
ANEXO VII: Instalación contra incendios.....	223

ANEXO I: Selección de la ubicación de la planta

ÍNDICE ANEXO I: Selección de la ubicación de la planta

1. Objetivos y justificación	85
2. Introducción	86
2.1. Área mínima necesaria	86
2.2. Criterios mínimos.....	90
3. Alternativas	91
4. Criterios para la selección	93
5. Método de jerarquías analíticas.....	94
6. Ubicación final	95

1. Objetivos y justificación

El objetivo principal es encontrar la mejor parcela para ubicar nuestra nave de producción de pellets, por ello en este anexo se detallan los pasos seguidos para escoger la mejor parcela siguiendo el método de jerarquías analíticas.

En primer lugar, se establecen una serie de criterios mínimos que deben cumplir todas las opciones a valorar. Después se buscan todas las posibles opciones que encajen con esa serie de criterios mínimos.

Una vez encontradas todas las posibles alternativas que encajen con esos criterios mínimos se fijan una serie de criterios decisivos, que son los que se usaran para la selección. Dentro de estos criterios decisivos se establece un rango de prioridad, desde el más importante al menos importante.

Finalmente se procede a realizar el cálculo con el método de jerarquías analíticas del que al final se obtiene una clasificación de las opciones iniciales.

2. Introducción

En este punto vamos a establecer una serie de criterios mínimos que debe cumplir la parcela que estamos buscando, para ello en primer lugar vamos a calcular la superficie mínima necesaria y después estableceremos una serie de puntos arbitrarios que queremos que cumpla la parcela en la que esté ubicada nuestra empresa.

2.1. Área mínima necesaria

El primer paso para buscar una ubicación adecuada es calcular la superficie que vas a necesitar para desarrollar tu actividad.

Para realizar el cálculo del área mínima necesaria tendremos en cuenta el espacio ocupado por las máquinas más una cierta holgura para facilitar el trabajo, el espacio ocupado por la materia prima, el espacio ocupado por el producto terminado y el espacio para oficinas y W.C.

Hemos de tener en cuenta que la materia prima se almacena fuera de la nave, mientras que la maquinaria con su holgura, el producto terminado y las oficinas y W.C. van dentro de la nave.

- **2.1.1. Área ocupada por la maquinaria**

Para calcular esta área solo necesitamos sumar el espacio que ocupan las diferentes máquinas que hemos determinado que van a ser necesarias para el desarrollo de la actividad de la empresa, como se muestra en la tabla 39.

CÁLCULO SUPERFICIE NECESARIA MAQUINARIA			
Máquina	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m²)
Tolva con tornillo sinfín	4,2	2,2	9,24
Túnel de secado	7	0,9	6,30
Molino de martillos	Va encima cargador		0,00
Cargador	3,25	0,72	2,34
Peletizadora	1,81	0,96	1,74
Unidad de filtrado	2	1	2,00
Enfriadora	Va encima tamizadora		0,00
Tamizadora	1,75	0,8	1,40
Envasadora de big bags	1,72	1,72	2,96
Cintas transportadoras (3)	4	0,3	3,60
TOTAL			29,58

Tabla 39: Cálculo de la superficie ocupada por la maquinaria

Fuente: Propia

- **2.1.2. Área ocupada por la maquinaria más holgura**

En este punto calcularemos el área ocupada por la maquinaria más una holgura de 1,5 metros por cada lado de las diferentes máquinas. Este espacio será fundamental para facilitar el trabajo de los empleados. El cálculo se muestra en la tabla 40.

CÁLCULO SUPERFICIE NECESARIA MAQUINARIA CON HOLGURA DE 1,5 METROS			
Máquina	Largo con holgura (m)	Ancho con holgura (m)	Superficie con holgura (m2)
Tolva con tornillo sinfín	7,2	5,2	37,44
Túnel de secado	10	3,9	39,00
Molino de martillos	Va encima cargador		0,00
Cargador	6,25	3,72	23,25
Peletizadora	4,81	3,96	19,05
Unidad de filtrado	5	4	20,00
Enfriadora	Va encima tamizadora		0,00
Tamizadora	4,75	3,8	18,05
Envasadora de big bags	4,72	4,72	22,28
Cintas transportadoras (3)	7	3,3	23,10
TOTAL			202,17

Tabla 40: Cálculo de la superficie ocupada por la maquinaria más holgura
Fuente: Propia

- **2.1.3. Área ocupada por la materia prima**

El almacén de materia prima va a estar ubicado en el exterior de la nave, por tanto, para calcular el área ocupada por la materia prima vamos a suponer que necesitamos un espacio suficiente como para almacenar la materia prima que entra en una semana, que como vemos en la tabla 41 es de 45,23 toneladas. Sabiendo que la densidad de la madera triturada es de unos 250 kg por metro cúbico, obtenemos que necesitamos 180,92 m³ para almacenar la materia prima.

CÁLCULO DE ENTRADA DE MATERIA PRIMA	
Toneladas/Año	2261,53
Toneladas/Mes	188,46
Toneladas/Semana	45,23
Toneladas/Día	9,05
Kilogramos/Hora	1292,30

Tabla 41: Cálculo de la entrada de materia prima
Fuente: Propia

La materia prima estará almacenada en forma de montón, como la altura máxima de trabajo de la carretilla elevadora es de 3,5 metros, la altura del montón será inferior a esta altura, suponemos unos tres metros. Entonces la superficie que ocuparía un montón con una altura de tres metros capaz de albergar 180,92 metros cúbicos de madera astillada sería, según la calculadora de volumen de montones "http://www.zhitov.ru/es/volume_gravel/", aproximadamente 170 m², tal y como vemos en la ilustración 49.

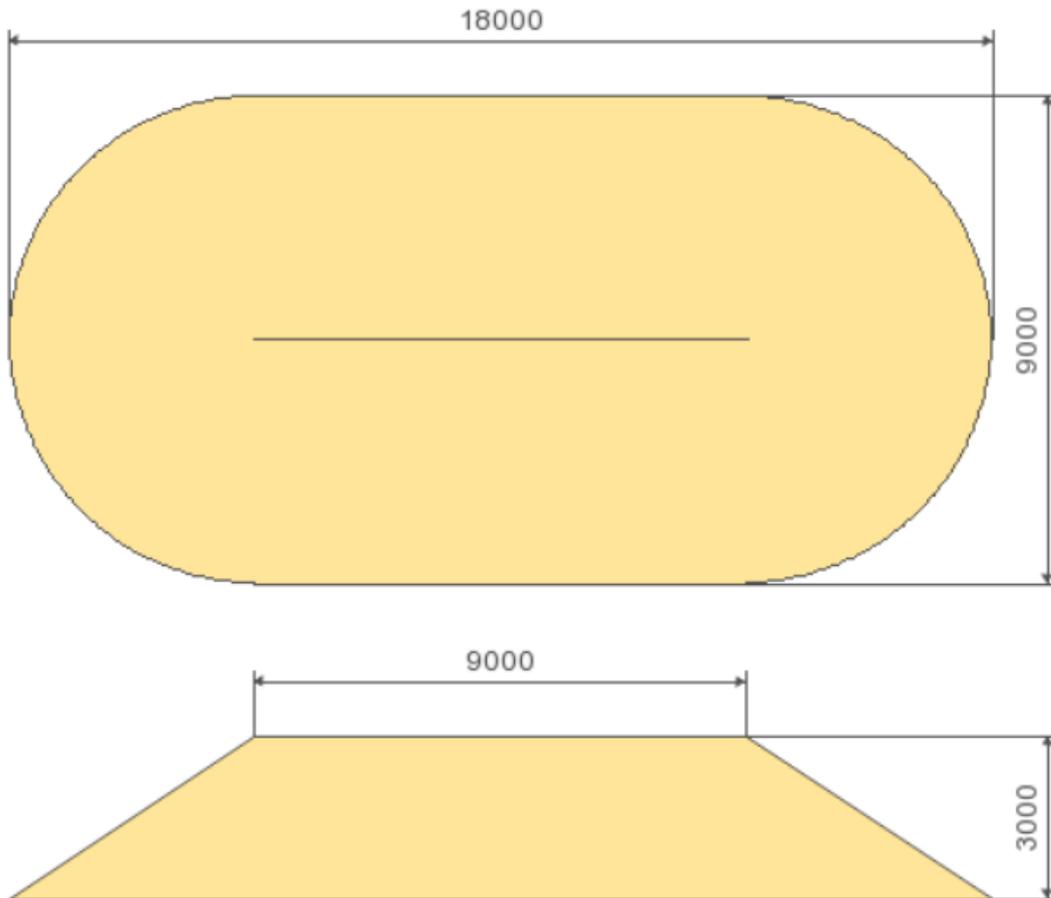


Ilustración 49: Dimensiones del montón de materia prima

Fuente: http://www.zhitov.ru/es/volume_gravel/

- **2.1.4. Área ocupada por el producto terminado**

Sabemos que un palet europeo mide aproximadamente un metro cuadrado y que la cantidad producida en una semana puede ser la misma cantidad de materia prima que entra, restándole la humedad, que según hemos analizado de media es de un 33%.

Por tanto, la producción de una semana será:

$$\begin{aligned} \text{Producción} &= \text{Entrada materia prima} \times (1 - \% \text{ Humedad}) \\ &= 45,23 \text{ toneladas} \times 66\% = 29,85 \text{ toneladas} \end{aligned}$$

Como en cada palet habrá una big bag, y en cada big bag habrá aproximadamente un cuarto tonelada de producto, en total necesitaremos 120 m² para almacenar el producto terminado. A esto debemos sumarle una proporción de pasillos, que será de un 50%. Con lo que al final necesitaremos 180 m² para almacenar el producto terminado.

- **2.1.5. Área oficinas y W.C.**

Suponemos que en total estas dos áreas no van a ocupar más de 20 m².

- **2.1.6. Área total**

Como el almacén de materia prima va a estar ubicado en el exterior de la nave, sabemos que la parcela donde va a estar ubicada la nave necesita como mínimo una superficie de 170 m² sin construir.

Además, necesitamos una nave con espacio suficiente para la maquinaria con su holgura, el producto terminado y las oficinas y W.C. Con lo que en total necesitaremos una nave con una superficie mínima de:

$$\text{Área total} = 202,17 + 180 + 20 = 402,17 \text{ m}^2$$

Por lo que en total la parcela a buscar deberá ser mayor de 573 m².

2.2. Criterios mínimos

En este punto vamos a establecer una serie de criterios mínimos que deben cumplir todas las opciones a valorar en el método de jerarquías analíticas.

Nuestra intención es comprar una parcela con una nave construida en el polígono industrial de Sant Mateu (ilustración 50), por ello los criterios arbitrarios que imponemos son:

- Se descartan todas las parcelas que estén fuera del polígono industrial.
- Dentro del polígono industrial se descartan todas las parcelas que no dispongan de nave construida.
- Se descartan también las parcelas con nave que no estén en venta o que se alquilen, ya que nuestra intención es comprar la parcela con la nave.

Además, deben cumplir con las superficies calculadas anteriormente:

- Una superficie sin construir de, como mínimo, 170 m².
- Una nave de, como mínimo, 403 m².
- Parcela en total de, como mínimo, 573 m².

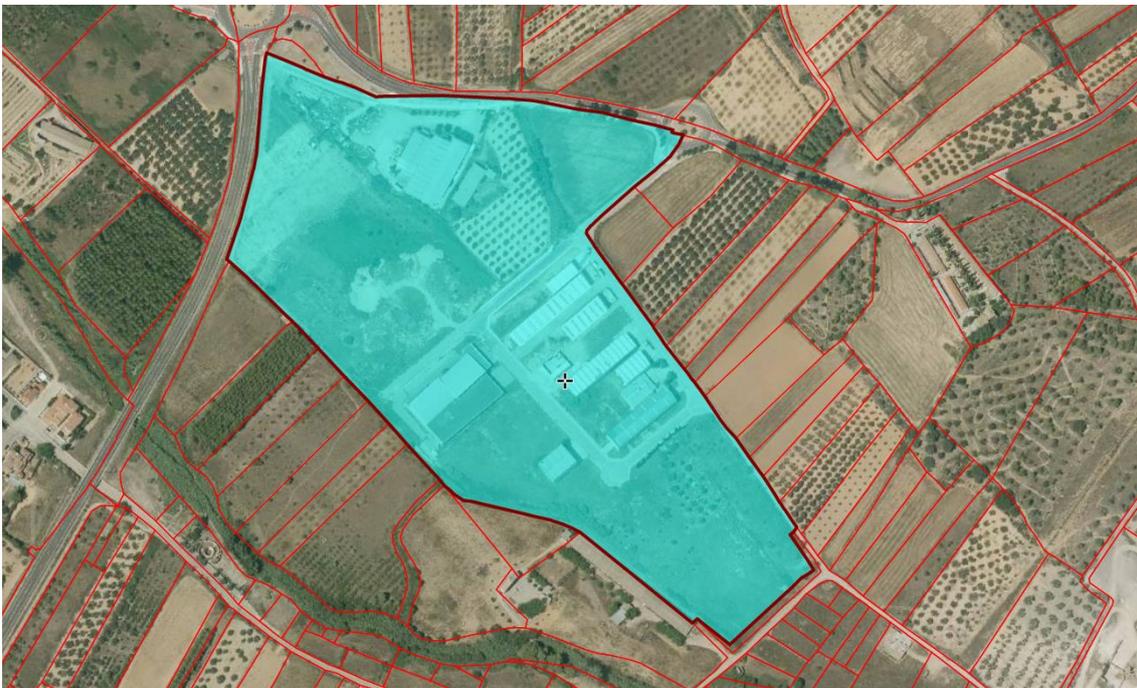


Ilustración 50: Polígono industrial de Sant Mateu

Fuente: SigPac

Con todos estos descartes nos quedamos con cuatro opciones, que son las que se describen en el siguiente punto.

3. Alternativas

Para seleccionar la ubicación de nuestra empresa vamos a valorar distintas parcelas dentro del polígono industrial de Sant Mateu, que son las que se detallan a continuación:

1. La primera parcela a valorar es la que se muestra en la ilustración 51, es una parcela cuadrada con una superficie de aproximadamente 1.300 m², con 545 m² construidos, ubicada en la calle 2 del polígono industrial de Sant Mateu, y que está a la venta por 98.000 €.



Ilustración 51: Parcela 1
Fuente: SigPac

2. Otra parcela a valorar es la que se muestra en la ilustración 52, es una parcela de 5.940 m², con una nave de 3.500 m², situada en la calle 2 del polígono industrial, y que está a la venta por 495.000 €.



Ilustración 52: Parcela 2
Fuente: SigPac

3. También tendremos en cuenta a la hora de valorar una parcela situada en la calle 1 del polígono, como se muestra en la ilustración 53, con una superficie de 2.000 m² y una superficie construida de 1.000 m², a la venta por 210.000 €.



Ilustración 53: Parcela 3
Fuente: SigPac

4. La última parcela a valorar es una que se encuentra en la calle 1 del polígono industrial, como se muestra en la ilustración 54, tiene una superficie de 1.110 m², con una nave de 900 m², está a la venta por 145.000 €



Ilustración 54: Parcela 4
Fuente: SigPac

4. Criterios para la selección

El método que seguiremos a la hora de escoger el mejor lugar para situar nuestra planta será el método de las jerarquías analíticas. Para ello debemos establecer unos criterios que serán los que valoraremos a la hora de comparar las distintas opciones, asimismo debemos establecer un rango de prioridad entre los mismos criterios, clasificándolos de más importante a menos importante.

Los criterios que nosotros valoraremos ordenados por orden de importancia son:

- 1. Precio:** como nuestra intención es comprar el terreno, cuando más bajo sea el precio de la parcela mejor para nosotros, ya que disminuirá considerablemente la inversión inicial.
- 2. Superficie total:** el tamaño de la planta debería ser el más acorde con nuestras necesidades, mayor, pero lo más cercano a 573 m².
- 3. Superficie nave:** La superficie de la nave debe ser de como mínimo 403 m², debido a que en la nave ira toda la maquinaria, el almacén de producto terminado, las oficinas y el W.C.
- 4. Superficie no construida:** nos interesa una parcela con una superficie de terreno no construida lo más cercana, pero mayor, a 170 m², debido a que en esa zona se depositará la materia prima.
- 5. Espacio de parking propio:** debido a que nuestra empresa dispone de vehículos propios sería interesante que la parcela tuviera un espacio reservado para aparcarlos.

5. Método de jerarquías analíticas

Este método consiste en un procedimiento de comparación por pares, lo que se compara son los criterios que se han establecido con anterioridad. Parte de una matriz cuadrada donde el número de filas y columnas viene definido por el número de criterios a valorar.

En la tabla 42 se muestra el procedimiento seguido y los cálculos realizados.

MÉTODO DE LAS JERARQUÍAS ANALÍTICAS					
Localización	Precio	Superficie total (m ²)	Superficie nave (m ²)	Superficie no construida (m ²)	Espacio de parking propio (m ²)
Parcela 1	98.000,00 €	1.300	545,00	755,00	170,00
Parcela 2	495.000,00 €	5.940	3.500,00	2440,00	655,00
Parcela 3	210.000,00 €	2.000	1.000,00	1000,00	-
Parcela 4	145.000,00 €	1.110	900,00	210,00	140,00
Buscamos:	El más bajo	>=573 m ²	>=403 m ²	>=170 m ²	El más grande
ORDENACIÓN POR PAREJAS					
	Precio	Tamaño	Forma	% no construida	Párquing
Precio	1	3	5	7	9
Tamaño	1/3	1	3	5	7
Forma	1/5	1/3	1	3	5
% no construida	1/7	1/5	1/3	1	3
Párquing	1/9	1/7	1/5	1/3	1
	Normalizado				
W Precio	3,9363	0,5100			
W Tamaño	2,0362	0,2638			
W Forma	1,0000	0,1296			
W % no construida	0,4911	0,0636			
W Párquing	0,2540	0,0329			
W Total	7,7176	1,0000			
MATRIZ NORMALIZADA					
Localización	Precio	Superficie total (m ²)	Superficie nave (m ²)	Superficie no construida	Espacio de parking propio (m ²)
Parcela 1	1	0,9	1	0,7	0,3
Parcela 2	0	0	0	0	1
Parcela 3	0,33	0,6	0,7	0,5	0
Parcela 4	0,66	1	0,8	1	0,2
Media ponderada					
Parcela 1	0,9315				
Parcela 2	0,0329				
Parcela 3	0,4491				
Parcela 4	0,7743				
Clasificación	Localización	Resultado			
1º	Parcela 1	0,9315			
2º	Parcela 4	0,7743			
3º	Parcela 3	0,4491			
4º	Parcela 2	0,0329			
Por lo que según nuestros cálculos la mejor parcela es la Parcela 1.					

Tabla 42: Método de las jerarquías analíticas

Fuente: Propia

6. Ubicación final

Una vez realizado el método de selección de emplazamiento por jerarquías analíticas concluimos que la mejor parcela es la parcela 1, que se muestra en la ilustración 55.

Como ya se ha explicado antes esta es una parcela cuadrada con una superficie de 1.300 m², con 545 m² construidos y 755 m² sin construir, ubicada en la calle 2 del polígono industrial de Sant Mateu, y que está a la venta por 98.000 €.

El factor que ha hecho de esta parcela la mejor opción ha sido su bajo precio, aunque también han influido su superficie total, su superficie de nave y superficie no construida.



Ilustración 55: Ubicación final

Fuente: SigPac

ANEXO II: Cálculo de la biomasa disponible para la planta

ÍNDICE ANEXO II: Cálculo de la biomasa disponible para la planta

1. Introducción	99
2. Biomasa procedente de restos agrícolas	100
3. Biomasa procedente de cañas de río	102
4. Biomasa procedente de restos forestales.....	106
5. Cálculo ponderado de la biomasa disponible para la planta	107
6. Cálculo de la entrada de materia prima.....	109

1. Introducción

En este anexo se explica el procedimiento de cálculo de la biomasa disponible para la planta. Este cálculo se divide en tres partes, cálculo de la biomasa procedente de restos agrícolas, cálculo de la biomasa procedente de cañas de río y cálculo de la biomasa procedente de restos forestales.

Tras ello se calcula la biomasa total, y se procede al cálculo de la biomasa total accesible, ya que suponemos que no podremos acceder al 100% de la biomasa presente en el término municipal.

Finalmente se realiza un cálculo de la entrada de biomasa a la planta por unidad de tiempo

2. Biomasa procedente de restos agrícolas

Aunque la planta estará situada en el término municipal de Sant Mateu, se calculará la biomasa disponible en un radio de 10 km partiendo de la nave, ya que esta es la distancia aproximada desde la nave hasta el extremo más alejado del término municipal, como se muestra en la ilustración 56. De esta manera se aumentará la biomasa disponible sin aumentar el coste del transporte.

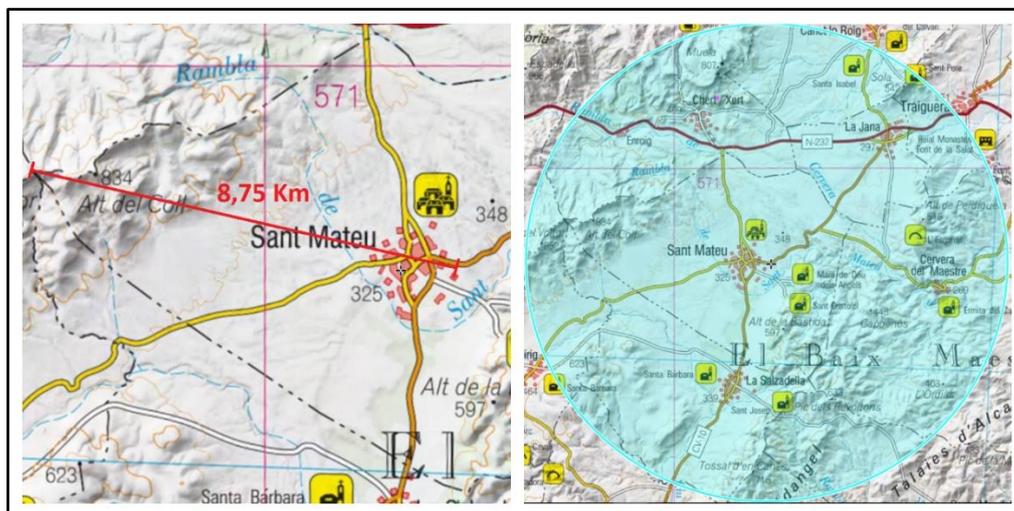


Ilustración 56: Distancia de la nave al extremo del término municipal (izquierda) y radio de 10 km desde la nave (derecha)

Fuente: SigPac

El radio de 10 km cubre otros términos municipales adyacentes al de Sant Mateu, en los distintos porcentajes que se muestran en la tabla 43:

Término municipal	Porcentaje dentro del radio de 10 km
Sant Mateu	100%
Salsadella	100%
Xert	50%
La Jana	100%
Tírig	25%
Cervera	50%
Canet lo Roig	20%
Traiguera	10%

Tabla 43: Porcentaje de términos municipales dentro del radio de 10 km

Fuente: Propia

El primer paso para calcular la biomasa de residuos agrícolas es conocer cuáles son los cultivos presentes en cada municipio y el número de hectáreas que ocupan. Esta información la podemos encontrar en la página web de la Conselleria de Agricultura, que publica cada año una hoja de Excel con la superficie de cultivos por municipios. Nosotros nos basaremos en la de 2018.

Otro dato que necesitamos es la ratio de poda, esta ratio nos indica las toneladas de poda por hectárea que se pueden obtener de cada cultivo en un año. En nuestro caso utilizaremos una ratio de 1,45 T/ha·año para olivo y almendro (Burdí Orduña, 2016). Para la ratio del cerezo nos basaremos en 6,38 T/ha·año (Fernández, García, & Fernández, 2014), aunque este dato corresponde a una densidad de plantación de 800 árboles por hectárea, densidad común en regadío, por tanto nosotros lo vamos a calcular para la densidad común en secano, que es de unos 400 árboles por hectárea. Éste cálculo nos da una ratio de 3,19 T/ha·año.

Descartamos calcular los datos de vid y algarrobo, ya que son cultivos muy minoritarios.

Los ratios de poda se resumen en la tabla 44.

Cultivo	Ratio poda (T/ha·año)
Olivo	1,45
Almendro	1,45
Cerezo	3,19

Tabla 44: Ratios de poda de cultivos

Fuente: Propia

Con todos los datos anteriores procedemos a calcular la biomasa agrícola procedente de restos de poda presente en un radio de 10 km desde la planta. El cálculo se resume en la tabla 45:

Término municipal	Cultivo	Número de hectáreas	Ratio poda (T/ha·año)	Biomasa potencial (T/año)	Total asequible (10 Km)
Sant Mateu	Olivar	2169	1,45	3145,05	100%
	Almendro	451	1,45	653,95	
	Cerezo	20	3,19	63,80	
Total:				3862,80	3862,80
Salsadella	Olivar	1158	1,45	1679,10	100%
	Almendro	331	1,45	479,95	
	Cerezo	265	3,19	845,35	
Total:				3004,40	3004,40
Xert	Olivar	744	1,45	1078,80	50%
	Almendro	359	1,45	520,55	
Total:				1599,35	799,68
La Jana	Olivar	1149	1,45	1666,05	100%
	Almendro	115	1,45	166,75	
Total:				1832,80	1832,80
Tírig	Olivar	683	1,45	990,35	25%
	Almendro	382	1,45	553,90	
	Cerezo	14	3,19	44,66	
Total:				1588,91	397,23
Cervera	Olivar	937	1,45	1358,65	50%
	Almendro	772	1,45	1119,40	
Total:				2478,05	1239,03
Canet lo Roig	Olivar	2741	1,45	3974,45	20%
	Almendro	177	1,45	256,65	
Total:				4231,10	846,22
Traiguera	Olivar	2385	1,45	3458,25	10%
	Almendro	483	1,45	700,35	
Total:				4158,60	415,86
TOTAL:				22756,01	12401,56

Tabla 45: Cálculo de la biomasa agrícola

Fuente: Propia

Con el este cálculo obtenemos un total de 12.401,56 toneladas de residuos de poda en un radio de 10 Km desde la planta.

3. Biomasa procedente de cañas de río

Otra fuente importante de biomasa son las cañas de río (*Arundo donax* L.), en este caso calcularemos solo la biomasa presente en el término de Sant Mateu.

Para calcular la biomasa de cañas en primer lugar realizamos una medición del número de cañas presentes en un metro cuadrado (Ilustración 57 A), ésta medición se realizó en seis puntos diferentes con presencia de cañas (Ilustración 57 B).

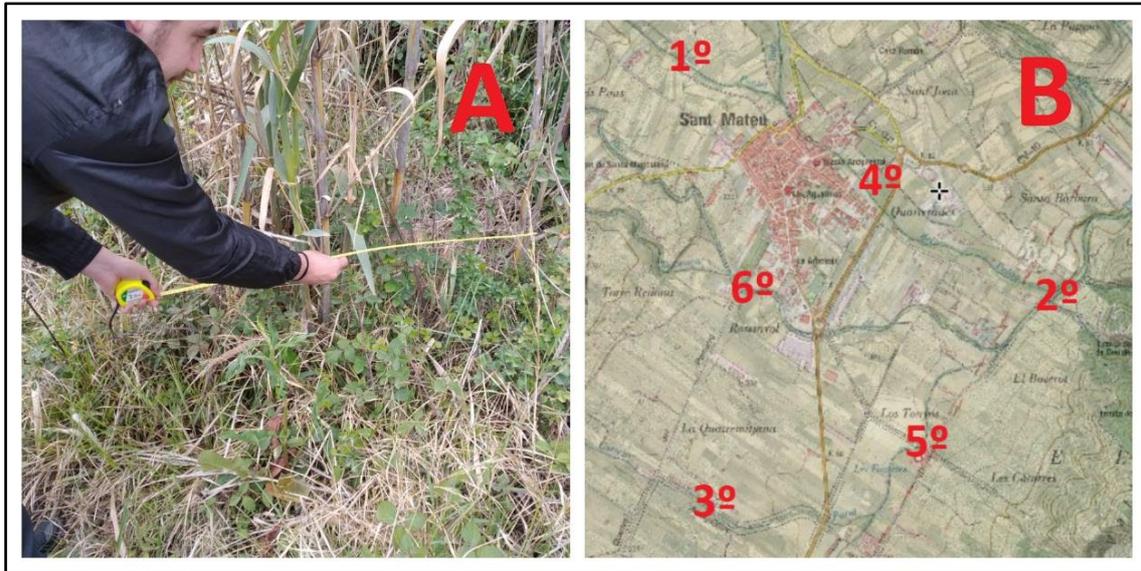


Ilustración 57: Medición del número de cañas por metro cuadrado (A) y puntos de medición (B)

Fuente: Propia

Después se hizo la media de los diferentes puntos y se obtuvo el número de cañas por metro cuadrado promedio, este cálculo se resume en la tabla 46.

Determinación del número de cañas por metro cuadrado	
Lugar de muestreo	Número de cañas por m2
1º	61
2º	74
3º	36
4º	68
5º	43
6º	49
Media:	55,17
Desviación típica:	14,88

Tabla 46: Determinación del número de cañas por metro cuadrado

Fuente: Propia

Con este cálculo obtenemos que el número promedio de cañas en un metro cuadrado es 55,17.

El segundo paso es calcular el peso promedio de las cañas, para ello se cortaron y se pesaron 4 cañas recogidas al azar (ilustración 58).



Ilustración 58: Cortado (izquierda) y pesado (derecha) de cañas
Fuente: Propia

Calculando la media de pesos, se obtiene el peso promedio (tabla 47).

Determinación del peso de una caña	
Muestra	Peso (g)
1ª	552,82
2ª	573,02
3ª	468,48
4ª	441,64
Media	508,99
Desviación típica:	63,77

Tabla 47: Determinación del peso de una caña
Fuente: Propia

Con este cálculo determinamos que el peso medio de una caña es de 508,99 gramos.

Con estos datos ya tenemos la base para calcular la biomasa procedente de cañas de río, el siguiente paso es calcular la superficie ocupada por esta especie en el término municipal. Para ello utilizamos la herramienta del SigPac que nos permite medir superficies, con esta herramienta medimos la superficie de todos los ríos y barrancos del término municipal de Sant Mateu con presencia de *A. donax* L. (Ilustración 59)

Cálculo de toneladas de cañas en el término municipal de Sant Mateu					
Nombre río o barranco	Superficie (m2 según sigpac)	Porcentaje ocupado por cañas (aprox.)*	Superficie de cañas (m2)	Número de cañas totales	Toneladas de cañas en total
Séquia de les llecunes	6837,42	10%	683,74	37719,77	19,20
Séquia del Parat	6915,38	10%	691,54	38149,85	19,42
Riu de Bonança	53014	1%	530,14	29246,06	14,89
Barranc de Salt	12844	1%	128,44	7085,607	3,61
Barranc del Povet	21906	1%	219,06	12084,81	6,15
Barranc de Na Ferreres	22710	1%	227,10	12528,35	6,38
Barranc del Calderó	8094	1%	80,94	4465,19	2,27
Riu de Benifarguell	198320	1%	1983,20	109406,5	55,69
Barranc del Pontet	11591	30%	3477,30	191831,1	97,64
Barranc del Esterador	9915	20%	1983,00	109395,5	55,68
Riu del Palau	16723,75	30%	5017,13	276778,1	140,88
Barranc de la Coma	44730,96	30%	13419,29	740297,4	376,80
Barranc de les Pageses	8213,13	20%	1642,63	90618,2	46,12
Barranc del Bassot	18884	10%	1888,40	104176,7	53,02
Barranc de les Piques	5304,24	10%	530,42	29261,72	14,89
Total:	446002,88	-	32502,32	1793045	912,64
*Densidad establecida según criterio visual y por satélite: 1% escasa, 10% poco abundante, 20% abundante y 30% muy abundante.					

Tabla 48: Cálculo de las toneladas de cañas presentes en el término municipal de Sant Mateu
Fuente: Propia

Con este cálculo podemos decir que la cantidad estimada de biomasa procedente de *Arundo donax* L. presente en el término municipal de Sant Mateu es de 912,64 toneladas.

4. Biomasa procedente de restos forestales

El último cálculo que nos queda realizar es el de biomasa procedente de restos forestales, este cálculo no será necesario ya que según se recoge en el documento “*Bases para una ESTRATÉGIA PROVINCIAL DE BIOMASA*” (de Vicente López, 2014) de la Diputació de Castelló, en el término municipal de Sant Mateu se pueden sacar hasta 500 toneladas al año de biomasa residual en terreno forestal tal y como vemos en la ilustración 60.

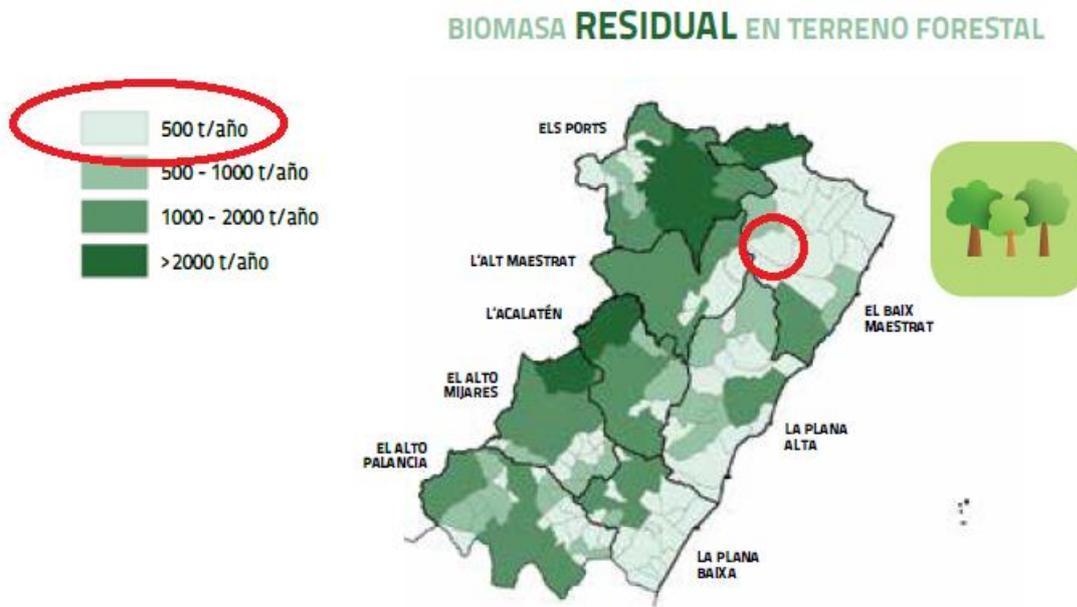


Ilustración 60: Biomasa residual forestal en el término municipal de Sant Mateu
Fuente: https://www1.dipcas.es/wp-content/uploads/2014/06/BIOMASA_CS_baja.pdf

5. Cálculo ponderado de la biomasa disponible para la planta

En la tabla 49 se resume la cantidad de biomasa que hemos calculado en los apartados anteriores.

CÁLCULO DE BIOMASA TOTAL	
Tipo	Cantidad (Toneladas)
Agrícola	12401,56
Cañas	912,64
Forestal	500,00
TOTAL:	13814,20

Tabla 49: Cálculo de biomasa total

Fuente: Propia

La cantidad de biomasa total asciende a 13.814,2 toneladas, aunque para ser realistas se debería tener en cuenta que no se podrá acceder fácilmente a toda la biomasa, por ejemplo, en cuanto a la biomasa agrícola debemos tener en cuenta que a la hora de recoger los restos de poda existe la posibilidad de que muchos agricultores no colaboren, ya sea por desconocimiento, por falta de incentivo o por otras razones. Otra razón que puede influir en la cantidad disponible es que muchas de las parcelas que se cuentan como cultivadas en el documento de la Generalitat en realidad no lo estén debido al abandono de los cultivos. Por estos motivos estimamos que la cantidad de biomasa agrícola a la que podremos acceder realmente será una décima parte de la total.

En cuanto a la biomasa de cañas, teniendo en cuenta que la superficie sobre la cual hemos calculado la biomasa es toda de dominio público. Quitando un 10% debido a que en algunas zonas las cañas pueden ser inaccesibles, estimamos que podremos acceder al 90% de ésta sin ningún problema, tan solo se deberán hacer las gestiones oportunas en el ayuntamiento.

Y en cuanto a la biomasa procedente de restos forestales hemos de tener en cuenta que, como promedio, en la provincia de Castelló tan solo el 20% del monte es de propiedad pública (de Vicente López, 2014), mientras que el 80% restante es privado (ilustración 61). Por tanto, se debería hablar con los propietarios para que faciliten el acceso al bosque y que la empresa pueda recoger la biomasa. Teniendo en cuenta los mismos factores que en la biomasa agrícola y que en este caso los propietarios seguramente facilitarían más el acceso estimamos que podremos acceder a un 25% del bosque privado. En resumen, la biomasa procedente de restos forestales a la que podemos acceder será un 40% del total.



Ilustración 61: Biomasa forestal según propiedad

Fuente: https://www1.dipcas.es/wp-content/uploads/2014/06/BIOMASA_CS_baja.pdf

El cálculo de la biomasa total accesible se resume en la tabla 50.

CÁLCULO DE BIOMASA TOTAL ACCESIBLE			
Tipo	Cantidad (Toneladas)	Porcentaje accesible	Total (Toneladas)
Agrícola	12401,56	10,00%	1240,16
Cañas	912,64	90%	821,38
Forestal	500,00	40%	200,00
TOTAL:	13814,20	-	2261,53

Tabla 50: Cálculo de la biomasa total accesible

Fuente: Propia

En conclusión, el total de biomasa que puede llegar a entrar en la planta durante un año son 2.261,53 toneladas.

6. Cálculo de la entrada de materia prima

En base al dato obtenido anteriormente procedemos a calcular la entrada de materia prima en la planta.

En primer lugar, tenemos que tener en cuenta cuando se producirá la entrada de materia prima a la planta, para ello, nos hemos fijado en la época de poda de las especies agrícolas presentes de una manera abundante en el término municipal de Sant Mateu.

Además, tenemos que tener en cuenta que tanto el pino como la caña son susceptibles de ser recogidos durante todo el año. Aunque el pino sería conveniente recogerlo antes de la llegada del verano, para evitar incendios forestales. La caña sin embargo debería ser recogida antes de los episodios de fuertes lluvias que suelen tener lugar en otoño.

Con todo esto presente hemos elaborado un calendario de podas, del cual dependerá la entrada de biomasa en la planta, que se resume en la tabla 51. Como se muestra en la tabla 51 la empresa podrá producir durante todo el año. De septiembre a abril se producirán pellets con almendro, cerezo y olivo. Mientras que durante los meses de mayo a agosto se trabajará con cañas y pino.

CALENDARIO DE PODAS												
MES	E	F	M	Ab	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
Almendro												
Caña												
Cerezo												
Olivo												
Pino												

Tabla 51: Calendario de podas
Fuente: Propia

Sabiendo que la planta podrá estar abierta todo el año vamos a proceder a calcular el volumen de entrada de materia prima en la planta. Como se muestra en la tabla 52, sabiendo que al año entrarán en planta unas 2.261,53 toneladas de materia prima y que durante el año se trabajarán 50 semanas, nos da un total de 45,23 toneladas por semana. Si dividimos esas 45,23 toneladas por los 5 días laborables que tiene una semana tendremos un total de 9,05 toneladas diarias. Finalmente, si dividimos las 9,05 toneladas diarias por las siete horas que estarán funcionando las máquinas nos da un total de 1.292,3 kilos la hora.

CÁLCULO DE ENTRADA DE MATERIA PRIMA	
Toneladas/Año	2261,53
Toneladas/Mes	188,46
Toneladas/Semana	45,23
Toneladas/Día	9,05
Kilogramos/Hora	1292,30

Tabla 52: Cálculo de entrada de materia prima
Fuente: Propia

ANEXO III: Análisis y caracterización de la biomasa

ÍNDICE ANEXO III: Análisis y caracterización de la biomasa

1. Objetivos y justificación	113
2. Introducción	114
3. Procedimiento	115
3.1. Recogida de muestras.....	115
3.2. Determinación de humedad.....	121
3.3. Triturado	129
3.4. Determinación de cenizas.....	130
3.5. Determinación del poder calorífico	136
3.6. Determinación de sólidos volátiles.....	145
3.7. Determinación del carbono, del hidrógeno, del nitrógeno y del azufre	151
4. Resultados y discusión	158

1. Objetivos y justificación

En este anexo se detallan los pasos seguidos para determinar las características fisicoquímicas de la biomasa presente en el término municipal de Sant Mateu. La determinación de estas características servirá para valorar la calidad de esta biomasa y su grado de aptitud para la fabricación de pellets, asimismo a partir de este estudio se podrá determinar la calidad final que tendrán los pellets que se fabriquen con esta biomasa.

2. Introducción

Para empezar a caracterizar los restos de biomasa presentes en el término municipal de Sant Mateu teníamos que, en primer paso, concretar que especies vegetales eran las idóneas para realizar este estudio. Por ello se recopiló información sobre cuáles eran los cultivos más abundantes en la zona de estudio.

Del análisis de esta información se obtuvo que las especies agronómicas más representativas de la zona de estudio eran el olivo (*Olea europaea* L.), el almendro (*Prunus dulcis* Mill.) y el cerezo (*Prunus avium* L.) (Agroambient, 2019).

Otra opción que se evaluó fue incluir en el estudio restos del procesado de los productos que se obtienen con los cultivos anteriores, es decir, hueso de aceituna, en el caso del olivo y cáscara de almendra en el caso del almendro. Por motivos ajenos al autor solo se pudo incluir en este estudio la cáscara de almendra.

Además, se valoró incluir en este estudio la especie forestal más abundante en el término municipal, que resultó ser el pino blanco o pino carrasco (*Pinus halepensis* Mill.).

También se decidió incluir en este estudio la caña de río (*Arundo donax* L.) por su condición de especie exótica invasora, tal y como se recoge en el DECRETO 213/2009, de 20 de noviembre, del Consell, por el que se aprueban medidas para el control de especies exóticas invasoras en la Comunitat Valenciana. [2009/13396] (Consell, 2009), por su abundancia en los ríos y barrancos del término municipal de Sant Mateu y por el abandono de su uso como materia prima, ya sea para usos tradicionales como la elaboración de los típicos “canyisos”, como guía para vegetales como las tomateras o como material de construcción.

Finalmente se decidió estudiar de manera separada las hojas de la parte leñosa en el caso de las especies perennes (pino y olivo), con el objetivo de conocer si existe alguna diferencia en cuanto a sus características.

3. Procedimiento

El proceso de caracterización se realizó en el campo, en el Grupo de INGeniería de RESiduos (INGRES), del Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción de la UJI, bajo la supervisión de Antonio Gallardo Izquierdo y con la tutorización de Francisco José Colomer Mendoza. Consta de las fases que vamos a explicar a continuación.

3.1. Recogida de muestras

El objetivo de la recogida era obtener aproximadamente un kilo de cada especie seleccionada para su posterior análisis y caracterización. Este material se tendría que obtener de una zona que fuera representativa de todo el término municipal para poder después extrapolar los datos obtenidos.

- **3.1.1. Olivo**

La recogida de muestras de olivo en campo se realizó el 14 de abril de 2019. Para ello se seleccionó una parcela representativa, propiedad de la familia del autor, situada en el centro del término municipal, cerca del núcleo de población, como se muestra en la ilustración 62 resaltada en azul claro.



Ilustración 62: Situación de la finca de olivos donde se recogieron las muestras respecto a la localidad de Sant Mateu
Fuente: SigPac

Se seleccionó esta parcela debido a que en ella se cultiva olivo de la variedad Farga, que es la más cultivada en el término municipal de Sant Mateu con más del 90% de olivos.

Para la recogida de muestras se decidió cortar un par de ramas de diferentes árboles hasta llenar tres bolsas con una capacidad de 5 litros. Las ramas seleccionadas eran de pequeño tamaño, susceptibles de ser podadas por el agricultor en la época de poda. En total se recogieron 1,25 kg.

Podemos ver fotos de la parcela y del proceso en la ilustración 63, respectivamente.



Ilustración 63: Foto de la parcela (izquierda) y de la recogida de muestras (derecha)

Fuente: Úrsula

- **3.1.2. Caña**

La recogida de caña se realizó el día 25 de abril de 2019. Para ello se seleccionó un cauce de agua representativo, con abundancia de cañas en sus márgenes. El cauce más idóneo para la recogida de muestras fue la “séquia del Parat”, debido a su facilidad de acceso. La localización de esta “séquia” la podemos ver en la ilustración 64 resaltada en azul claro.

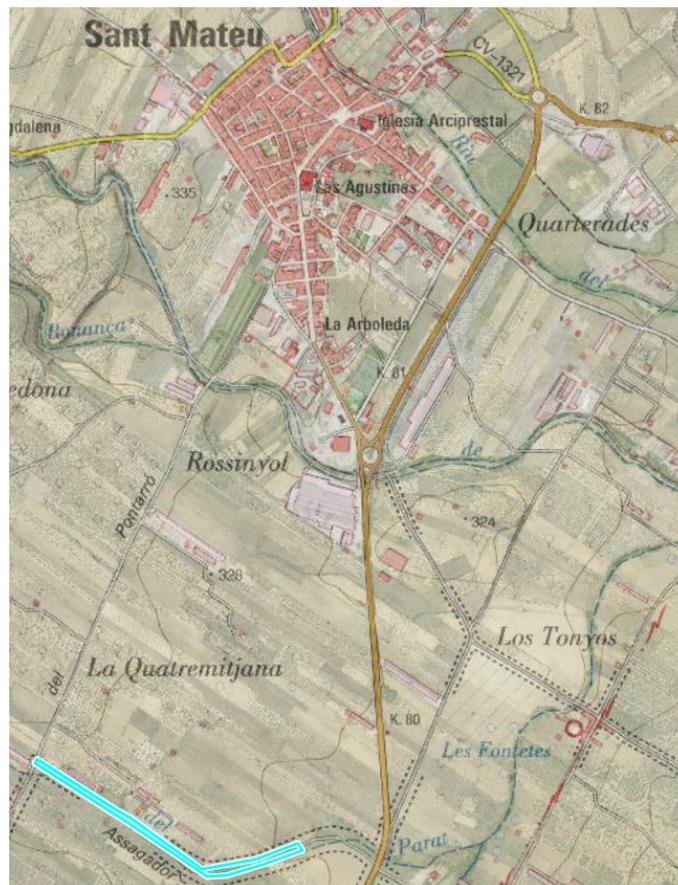


Ilustración 64: Localización de la “séquia del Parat” respecto a la localidad de Sant Mateu

Fuente: Sigpac

Para la recogida de muestras se seleccionaron dos cañas representativas de lugares escogidos al azar. Estas cañas se encontraban ya en plena madurez, es decir ya habían alcanzado un tamaño considerable y eran susceptibles de ser arrancadas para su uso. Se recogió aproximadamente un kilo de esta especie.

En la ilustración 65 se muestra el lugar de recogida de las muestras y el proceso de recogida respectivamente.



Ilustración 65: Lugar de recogida de muestras (izquierda) y proceso de recogida (derecha)

Fuente: Úrsula

- **3.1.3. Cerezo**

La recogida de muestras de poda de cerezo tuvo lugar el día tres de mayo de 2019. Para ello se habló con un agricultor local que recientemente había podado un cerezo y se le pidió que guardara la madera. La madera de cerezo estuvo a la intemperie durante dos o tres semanas hasta su recogida, por ello puede presentar diferencias en cuanto al contenido en humedad respecto a la madera de cerezo recién podada. Se recogió aproximadamente 1,5 kg de muestra.

El proceso de recogida se muestra en la ilustración 66.



Ilustración 66: Proceso de recogida de las muestras de cerezo

Fuente: Úrsula

- **3.1.4. Cáscara de almendra**

La cáscara de almendra se recogió el día cinco de mayo de 2019. Para su obtención se habló con un amigo, cuyo padre es agricultor, que tenía acceso a cáscaras de almendra procedentes del proceso de obtención de las almendras de la cosecha del año anterior. Este amigo nos proporcionó aproximadamente 1,5 kg de cáscaras de almendra. En la ilustración 67 podemos ver una foto del estado triturado de la cáscara.



Ilustración 67: Estado de la cáscara de almendra obtenida

Fuente: Josep

- **3.1.5. Almendro**

Las muestras de poda de almendro se recogieron el día 11 de mayo de 2019. Para ello se seleccionó una parcela con almendros, que, aunque se encontraba en estado de semiabandono, el estado de los almendros era bueno. Podemos ver su localización en la ilustración 68 resaltada en azul claro.

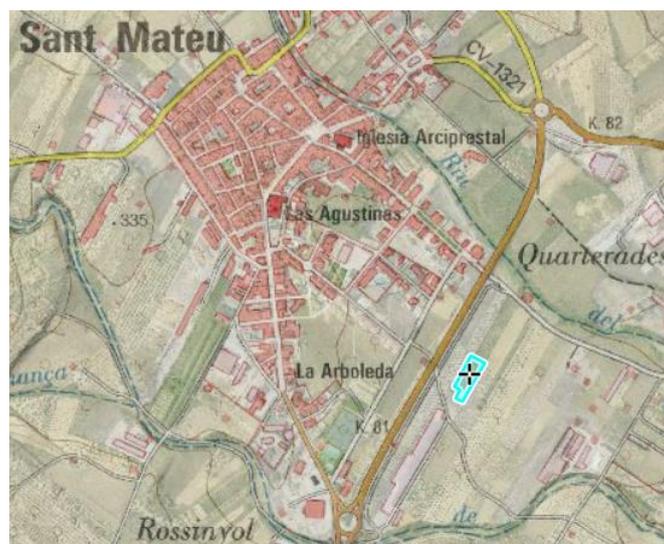


Ilustración 68: Situación de la finca de almendros respecto a la localidad de Sant Mateu

Fuente: SigPac

Una observación importante a tener en cuenta es que la recogida de muestras de almendro no se realizó durante la época en la cual se poda este árbol, por lo cual los resultados pueden variar respecto a otros estudios. Para intentar compensar esto se optó por escoger aquellas ramas que apenas presentaban hojas, y si presentaban se eliminaban, ya que el almendro es una especie caduca y se poda antes de la salida del reposo invernal.

Teniendo en cuenta esto para la obtención de las muestras se fueron cortando aleatoriamente ramas con las características anteriormente descritas hasta llenar una bolsa de 5 litros de capacidad. Se recogieron aproximadamente 700 gramos de muestra.

En la ilustración 69 se muestran el lugar y el proceso de recogida respectivamente.



Ilustración 69: Finca de almendros abandonada (izquierda) y proceso de recogida de muestras (derecha)

Fuente: Madre

- **3.1.6. Pino**

La recogida de muestras de pino se realizó el día 11 de mayo de 2019. El lugar escogido para la recolección de muestras fue una parcela con pinos plantados artificialmente, distribuidos en cuadrícula. Estas condiciones son similares a las que nos podemos encontrar en los montes de Sant Mateu, ya que en 1993 hubo un gran incendio forestal que destruyó el bosque virgen, entonces se decidió reforestar con esta especie y se siguió un marco de plantación similar al que nos encontramos en esta parcela. En la ilustración 70 podemos ver la situación de la parcela escogida resaltada en azul claro.



Ilustración 70: Localización de la parcela de pinos respecto a la localidad de Sant Mateu
Fuente: SigPac

Para la recogida de muestras se podaron varias ramas bajas de pinos escogidos al azar, en este caso se optó por separar la madera y las hojas en bolsas distintas, hasta obtener una bolsa de 5 litros de capacidad con madera y otra con hojas. En total se recogieron casi 800 gramos de muestra, repartidos en 680 gramos de madera y 120 de hojas.

En la ilustración 71 podemos ver el lugar de recogida y el proceso respectivamente.



Ilustración 71: Lugar de recogida de muestras (izquierda) y proceso de recogida (derecha)
Fuente: Madre

3.2. Determinación de humedad

• 3.2.1. Introducción.

La humedad se define como la cantidad de agua contenida en una muestra y se expresa en un porcentaje, que puede ir desde el 0% (muestra completamente seca) al 100% (todo el contenido de la muestra es agua).

La determinación de humedad es una práctica muy habitual, por ejemplo, en la industria alimentaria, ya que el contenido en humedad es determinante en el procesado, en el control de calidad y sobre todo en la adecuada conservación de los productos.

• 3.2.2. Objetivos y justificación

El objetivo de esta experiencia es determinar la cantidad de humedad que contienen las muestras anteriormente recogidas y expresarla en un porcentaje respecto a la masa.

Según las normas ENplus la humedad del pellet para todas las calidades posibles de pellet ha de ser menor al 10% (ENplus, 2015). Por tanto, este dato será muy importante a la hora de elaborar el proceso de producción del pellet, ya que si las muestras tienen un contenido en humedad mayor a esta cifra del 10% será necesaria la inclusión de un túnel de secado en el proceso para reducir el nivel de humedad.

• 3.2.3. Material utilizado

Para la realización de este experimento se necesita:

- Balanza, con una precisión de 0,01 gramos.
- Crisoles
- Cinta de carrozero
- Rotulador permanente
- Tijeras de podar.
- “CÁMARA DE ENSAYOS CLIMÁTICOS DICOMETAL, SERIE CCK” (ilustración 72).



Ilustración 72: “CÁMARA DE ENSAYOS CLIMÁTICOS DICOMETAL, SERIE CCK”

Fuente: Propia

- **3.2.4. Procedimiento seguido**

El procedimiento a seguir es el marcado por la norma (UNE-EN 13183-1/AC, 2004).

Por ello, en primer lugar, y solo en el caso del olivo, separamos las hojas de las ramas, ya que queremos saber si las hojas y la madera presentan diferencias en sus propiedades fisicoquímicas. En el resto de muestras no es necesario realizar este paso porque o bien la muestra no tiene hojas, o se trata de especies de hoja caduca o porque ya lo traíamos separado de campo, como en el caso del pino.

El segundo paso es el rotulado y el pesado de los crisoles, para su rotulación pegamos un trozo de cinta de carroceros al crisol y en ella apuntamos una identificación para cada crisol. Después pesamos todos los crisoles en la balanza y apuntamos su peso en una plantilla impresa en papel, como se muestra en la ilustración 73.

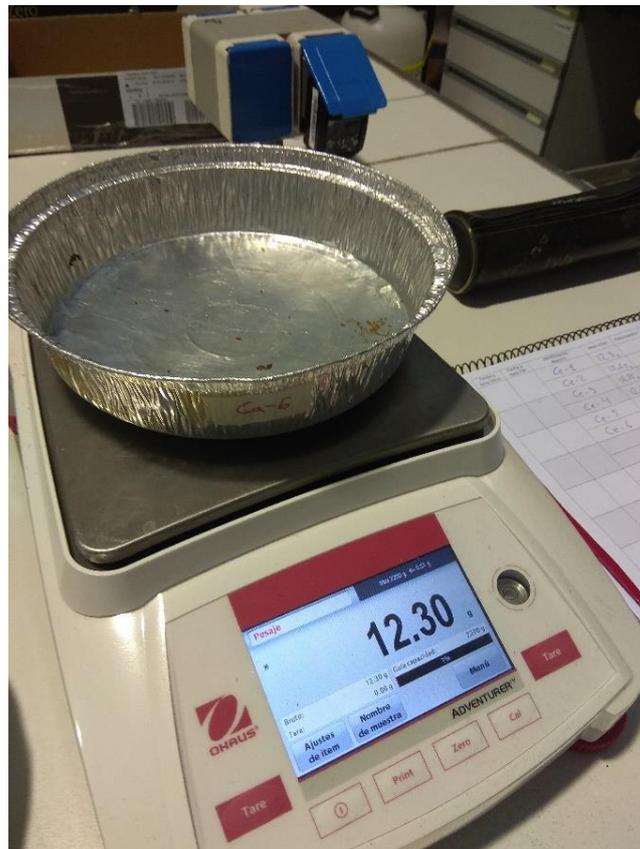


Ilustración 73: Pesado de los crisoles

Fuente: Propia

A continuación, procedemos a llenar los crisoles con las muestras traídas de campo, intentando repartir equitativamente el total de la muestra entre los crisoles disponibles como se muestra en la ilustración 74.



Ilustración 74: Llenado de los crisoles
Fuente: Propia

Con los crisoles llenos el siguiente paso es pesar los crisoles llenos en la balanza, el peso de la muestra se calcula restando el peso del crisol al peso que nos marca la balanza. El pesado de los crisoles llenos se muestra en la ilustración 75.



Ilustración 75: Pesado de los crisoles llenos
Fuente: Propia

Una vez pesados los crisoles llenos, se introducen en la estufa “CÁMARA DE ENSAYOS CLIMÁTICOS DICOMETAL, SERIE CCK”, a 105°C durante 24 horas. En la ilustración 76 podemos ver el antes y el después de una muestra, en concreto la de almendra, rama y hoja de pino, tras su paso por la estufa.



Ilustración 76: Antes y después del paso de los crisoles por la estufa
Fuente: Propia

En este punto ya tenemos las muestras secas, es decir, con un 0% de humedad. Ahora es necesario pesar la muestra seca para saber cuánto peso ha perdido, ese peso es el contenido de agua que tiene la muestra. El proceso de pesado de los crisoles llenos con las muestras secas se muestra en la ilustración 77.



Ilustración 77: Pesado de las muestras secas
Fuente: Propia

Cuando ya tenemos las muestras pesadas y los resultados apuntados en la plantilla, procedemos a guardar todas las muestras en bolsas herméticas para evitar que cojan humedad, estas bolsas

se rotulan con el nombre del autor, el nombre de la muestra, la fecha y la hora. Se muestra el embolsado en la ilustración 78.



Ilustración 78: Embolsado de las muestras secas
Fuente: Propia

Finalmente, solo nos queda calcular el porcentaje de humedad de la muestra, para ello utilizamos la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{masa húmeda} - \text{masa seca}}{\text{masa seca}} \times 100$$

Donde la masa húmeda es la que pesamos antes de meter en el horno, restando el peso del crisol, y la masa seca la que pesamos después, restando el peso del crisol. De esta manera obtenemos el porcentaje de humedad que tiene cada muestra.

Este procedimiento se realizó en días distintos dependiendo de la recogida de muestras. La determinación de humedad del olivo, tanto ramas como hojas tuvo lugar durante los días 15 y 16 de abril de 2019, la de cañas se realizó los días 29 y 30 de abril. La siguiente fue la determinación de humedad del cerezo y de la cascara de almendro, que se desarrolló durante los días seis y siete de mayo. Finalmente se efectuó la determinación de humedad del almendro y de las hojas y ramas de pino, que se realizó los días 13 y 14 de mayo.

- **3.2.5. Resultados y discusión**

A continuación, se desglosan los resultados obtenidos en tablas según la muestra y se analiza la necesidad de instalar un túnel de secado a partir de los datos obtenidos.

- **Olivo**

En primer lugar, lo que podemos observar en la tabla 53 es que sumando el peso de las ramas y las hojas por separado es que el porcentaje de rama es de un 60% respecto al total, mientras que el de hojas es de un 40%. Esto nos va a servir después a la hora de valorar los datos de los

siguientes experimentos, ya que a la hora de triturar las ramas y hojas de olivo en la planta se hará todo junto.

En cuanto a la humedad podemos observar en la tabla 53 que tanto la humedad de las ramas como la de las hojas es muy superior al 10% que marca la norma *ENplus*, por tanto, deberemos instalar un túnel de secado para reducir la humedad de los restos de olivo que vengan a la fábrica.

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE LAS RAMAS Y HOJAS DEL OLIVO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra húmeda + crisol (g)	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca+ crisol (g)	Peso muestra seca (g)	Resultado %
15/04/2019 a las 12:50	16/04/2019 a las 13:00	1-R	12,78	147,29	134,51	92,62	79,84	40,64
		2-R	12,43	150,68	138,25	95,99	83,56	39,56
		3-R	12,95	137,41	124,46	91,91	78,96	36,56
		4-R	12,31	171,39	159,08	110,41	98,1	38,33
		5-R	12,35	131,63	119,28	84,07	71,72	39,87
		6-R	12,51	100,14	87,63	70,46	57,95	33,87
		7-R	12,82	-	-	-	-	-
		1-H	12,68	94,87	82,19	56	43,32	47,29
		2-H	12,39	119,08	106,69	69,24	56,85	46,71
		3-H	12,37	112,64	100,27	67,45	55,08	45,07
		4-H	12,93	106,17	93,24	63,05	50,12	46,25
		5-H	12,53	73,7	61,17	45,03	32,5	46,87
		6-H	12,79	60,79	48	39,67	26,88	44,00
		7-H	12,64	-	-	-	-	-
Media humedad ramas:								38,14
Desviación típica:								2,53
Media humedad hojas:								46,03
Desviación típica:								1,25

Tabla 53: Determinación de la humedad de las hojas y ramas del olivo

Fuente: Propia

■ Caña

En la determinación de la humedad de las cañas también que podemos ver resumida en la tabla 54, podemos observar como la humedad también es superior al 10% que marca la norma, por tanto, también necesitaremos secar las cañas en un túnel de secado.

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE LAS CAÑAS								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra húmeda + crisol (g)	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca+ crisol (g)	Peso muestra seca (g)	Resultado %
29/04/2019 a las 11:30	30/04/2019 a las 12:30	Cañas 1ª/1	12,4	165,52	153,12	79,32	66,92	56,30
		Cañas 1ª/2	12,41	287,9	275,49	134,14	121,73	55,81
		Cañas 1ª/3	12,37	120,95	108,58	57,96	45,59	58,01
		Cañas 2ª/1	12,94	181,26	168,32	102,9	89,96	46,55
		Cañas 2ª/2	12,97	170,51	157,54	96,52	83,55	46,97
		Cañas 2ª/3	12,78	242,47	229,69	125,48	112,7	50,93
Media humedad caña:								52,43
Desviación típica:								4,98

Tabla 54: Determinación de la humedad de la caña

Fuente: Propia

■ Cerezo

En la tabla 55 podemos observar como también el cerezo supera el 10% de humedad, con lo que también será necesario el uso de un túnel de secado para reducir su humedad.

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DEL CEREZO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra húmeda + crisol (g)	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca + crisol (g)	Peso muestra seca (g)	Resultado %
06/05/2019 a las 11:30	07/05/2019 a las 12:15	Ce-1	12,3	216,27	203,97	153,79	141,49	30,63
		Ce-2	12,65	218,07	205,42	149,94	137,29	33,17
		Ce-3	12,26	246,5	234,24	169,28	157,02	32,97
		Ce-4	12,33	284,2	271,87	186,51	174,18	35,93
		Ce-5	12,49	327,79	315,3	219,43	206,94	34,37
		Ce-6	12,26	299,89	287,63	210,3	198,04	31,15
Media humedad cerezo:								33,04
Desviación típica:								1,98

Tabla 55: Determinación de la humedad del cerezo

Fuente: Propia

- Cáscara de almendra

En el caso de la cáscara de almendra podemos observar en la tabla 56 como la humedad está cerca del 10% que marca la norma, por tanto, no será necesario el uso del túnel de secado.

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE LA CÁSCARA DE ALMENDRA								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra húmeda + crisol (g)	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca+ crisol (g)	Peso muestra seca (g)	Resultado %
06/05/2019 a las 11:30	07/05/2019 a las 12:15	Ca-1	12,37	275,35	262,98	247,74	235,37	10,50
		Ca-2	12,3	281,59	269,29	253,8	241,5	10,32
		Ca-3	12,89	278,7	265,81	251,45	238,56	10,25
		Ca-4	12,78	278,17	265,39	250,52	237,74	10,42
		Ca-5	12,73	275,78	263,05	248,45	235,72	10,39
		Ca-6	12,3	229,6	217,3	208,01	195,71	9,94
Media humedad cáscara:								10,30
Desviación típica:								0,20

Tabla 56: Determinación de la humedad de la cáscara de almendra

Fuente: Propia

- Almendro

En el caso del almendro, como vemos en la tabla 57, la humedad también está cercana al 10% que marca la norma, por ello no será necesario su paso por el túnel de secado.

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DEL ALMENDRO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra húmeda + crisol (g)	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca+ crisol (g)	Peso muestra seca (g)	Resultado %
13/05/2019 a las 11:30	14/05/2019 a las 12:15	AL-1	12,33	137,3	124,97	124,63	112,3	10,14
		AL-2	12,48	141,33	128,85	128,12	115,64	10,25
		AL-3	12,74	128,31	115,57	116,65	103,91	10,09
		AL-4	12,63	119,1	106,47	108,3	95,67	10,14
		AL-5	12,38	130,69	118,31	118,74	106,36	10,10
		AL-6	12,6	138,61	126,01	125,89	113,29	10,09
Media humedad almendro:								10,14
Desviación típica:								0,06

Tabla 57: Determinación de la humedad del almendro

Fuente: Propia

- Pino

En primer lugar, lo que podemos observar en la tabla 58 es que el porcentaje de ramas de pino respecto a la masa total es del 85% mientras que el porcentaje de hojas es del 15%. Este dato será muy útil a la hora de valorar los datos de los siguientes experimentos, ya que tanto la hoja como la rama de pino se triturarán juntos en la planta de pellets.

En cuanto a la humedad podemos observar cómo es superior al 10% que marca la norma, por tanto, será necesario usar el túnel de secado para reducir su humedad.

DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD DE LAS RAMAS Y HOJAS DEL PINO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra húmeda + crisol (g)	Peso muestra húmeda (g)	Peso muestra seca+ crisol (g)	Peso muestra seca (g)	Resultado %
13/05/2019 a las 11:30	14/05/2019 a las 12:15	Pi-1	12,28	172,13	159,85	126,46	114,18	28,57
		Pi-2	12,99	129	116,01	99,99	87	25,01
		Pi-3	12,93	153,54	140,61	117,23	104,3	25,82
		Pi-4	12,29	147,85	135,56	111,59	99,3	26,75
		Pi-5	12,34	141,54	129,2	105,23	92,89	28,10
		Ho-1	12,25	75,21	62,96	46,05	33,8	46,32
		Ho-2	12,75	67,07	54,32	41,57	28,82	46,94
Media humedad ramas:								26,54
Desviación típica:								1,53
Media humedad hojas:								46,32
Desviación típica:								0,44

Tabla 58: Determinación de la humedad de las ramas y hojas del pino

Fuente: Propia

En resumen, será necesaria la instalación de un túnel de secado, ya que, a excepción del almendro y de la cáscara de almendra, todas las muestras superan el 10% de humedad marcado por las normas ENplus.

3.3. Triturado

- **3.3.1. Objetivos y material utilizado.**

Una vez determinada la humedad era necesario triturar las muestras hasta conseguir un tamaño adecuado para los siguientes experimentos, para ello se utilizó el molino de corte “Retsch SM 2000”, con una malla de 0,4 mm (ilustración 79).



Ilustración 79: “Retsch SM 2000”

Fuente: Propia

- **3.3.2. Procedimiento**

En primer lugar, debemos encender la máquina, seguidamente introducimos parte de la muestra sin poner el cubo de recogida, de esta manera se expulsan los restos de triturados anteriores que no se han limpiado correctamente. Una vez realizado este proceso se ancla el cubo de recogida y se sigue echando toda la muestra hasta conseguir su triturado. Finalmente, se recoge el cubo con la muestra triturada, se guarda el contenido en bolsas rotuladas adecuadamente y se limpia la máquina con una pistola de aire comprimido. En la ilustración 80 podemos ver fotos de este proceso.

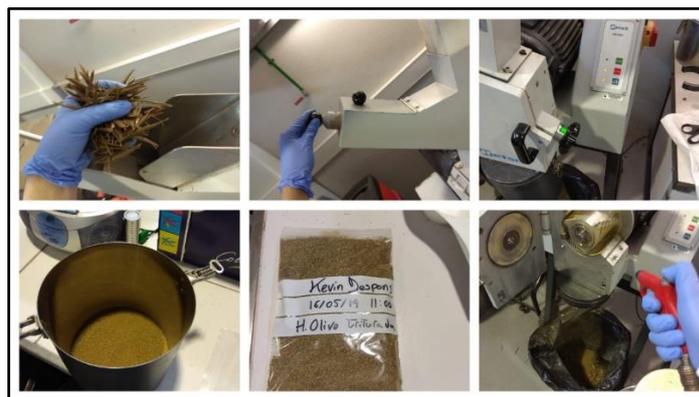


Ilustración 80: Proceso de triturado

Fuente: Propia

El triturado de caña, cáscara de almendra y cerezo tuvo lugar el día 15 de mayo, el almendro y las ramas y hojas de olivo se trituraron el día 16 de mayo, mientras que las ramas y hojas de pino se trituraron el día 20 de mayo.

3.4. Determinación de cenizas

• 3.4.1. Introducción

La RAE (Real Academia Española, 2019) define las cenizas como:

“Polvo de color gris claro que queda después de una combustión completa, y está formado, generalmente, por sales alcalinas y térreas, sílice y óxidos metálicos.”

La determinación de cenizas es un procedimiento muy común, por ejemplo, en la industria alimentaria el análisis de las cenizas se usa para conocer el contenido de minerales de un alimento, asimismo se puede usar para conocer el uso de algún adulterante inorgánico, ya que un contenido mayor en cenizas puede revelar este engaño.

• 3.4.2. Objetivos y justificación

El objetivo de esta experiencia es determinar la cantidad de cenizas de las muestras anteriormente trituradas y expresarla en un porcentaje respecto a la masa seca.

Según las normas ENplus (ENplus, 2015) los pellets de calidad A1 deben tener un contenido en cenizas inferior a un 0,7%, los pellets de calidad A2 inferior a un 1,2% y los de calidad B inferior a un 2%. Por tanto, el contenido de cenizas que presenten las muestras será determinante para saber la calidad de los pellets que podamos fabricar a partir de esta biomasa.

• 3.4.3. Material utilizado

Para la realización de este experimento necesitamos:

- Crisoles de cerámica
- Balanza analítica, con una precisión de 0,0001g
- Espátula-cuchara de laboratorio de acero inoxidable
- Horno mufla “NABERTHERM” (ilustración 81)
- Pinzas
- Guantes térmicos de protección al calor
- Tapas de cerámica de los crisoles



Ilustración 81: Horno mufla “NABERTHERM”

Fuente: Propia

- **3.4.4. Procedimiento seguido**

El procedimiento a seguir es el marcado por la norma (UNE-EN 14961-3, 2012)

Para ello en primer lugar pesamos tres crisoles de porcelana y apuntamos el resultado en una plantilla. Taramos la balanza e introducimos 2 gramos de la muestra previamente triturada en los crisoles. En este punto es importante recordar la disposición de los crisoles, ya que no se pueden rotular, debido a que la temperatura que alcanza el horno lo imposibilita (ilustración 82).



Ilustración 82: Proceso de pesado de crisoles
Fuente: Propia

Después debemos introducir los crisoles de porcelana con la muestra en el horno mufla, para ello nos protegemos las manos con los guantes térmicos de protección al calor y nos ayudamos con unas pinzas (ilustración 83). Siguiendo la norma la muestra debe permanecer en el horno una hora a 850°C.

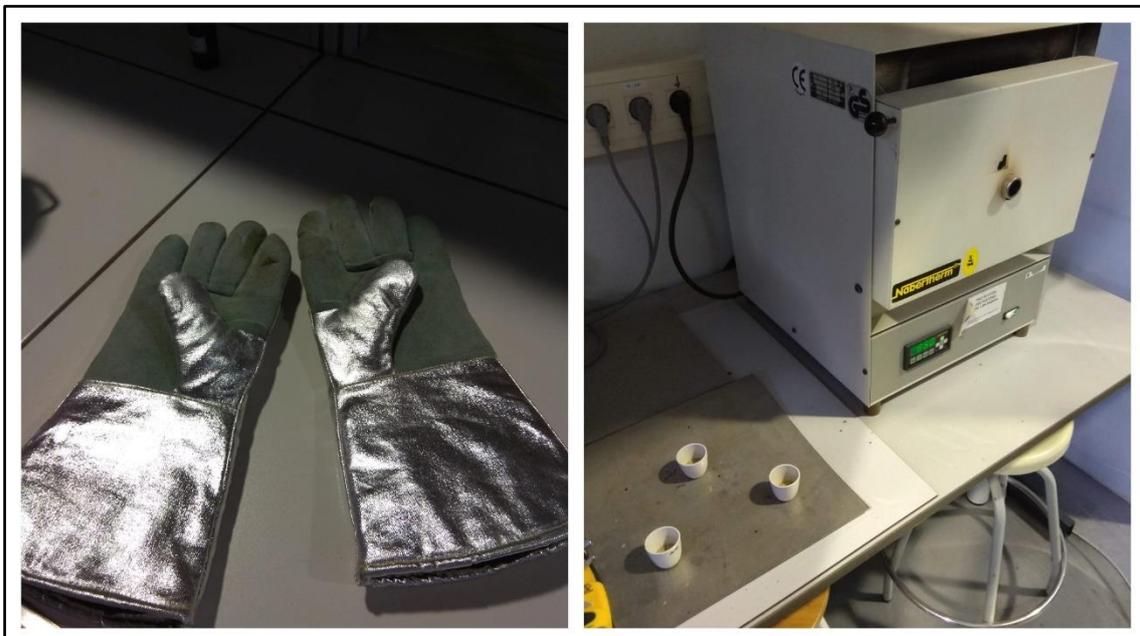


Ilustración 83: Guantes de protección térmica (izquierda) y horno mufla (derecha)
Fuente: Propia

Pasada una hora sacamos los crisoles del horno mufla con ayuda de las pinzas y protegidos con los guantes. Depositamos los crisoles encima de una placa de metal para no quemar la mesa y los tapamos con las tapas de cerámica para evitar que las cenizas que contienen cojan humedad como vemos en la ilustración 84. Dejamos reposar unos 15 minutos hasta que se hayan enfriado.



Ilustración 84: Crisoles enfriándose con la tapa puesta para evitar que cojan humedad
Fuente: Propia

Una vez enfriados los crisoles procedemos a pesarlos. Con ello obtenemos la masa de las cenizas, entonces podemos calcular el porcentaje de cenizas que produce la muestra con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{masa seca} - \text{masa cenizas}}{\text{masa cenizas}} \times 100$$

Donde la masa seca es la que introducimos en el crisol al principio del experimento y la masa de cenizas la que obtenemos tras sacar la muestra del horno mufla. De esta manera se obtiene el porcentaje de cenizas en masa seca que posee cada muestra.

La determinación de cenizas de cáscara de almendra tuvo lugar el día 15 de mayo, las cenizas de caña y cerezo se determinaron el 16, las de hoja de olivo el 20, las de rama de olivo y almendro el 22 y las de rama y hoja de pino el 23.

- **3.4.5. Resultados y discusión**

A continuación, se desglosan los resultados obtenidos en tablas según la muestra y se analiza la calidad de los pellets que se podrán obtener a partir de las diferentes materias primas en función de los resultados obtenidos.

- **Cáscara almendra**

Como podemos ver en la tabla 59 el contenido de cenizas de la cáscara de almendra es de un 0,77%, lo que es superior al 0,7% e inferior al 1,2%, por tanto, con esta materia prima se podrían hacer pellets de calidad A2.

DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS DE LA CÁSCARA DE ALMENDRA								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra + crisol (g)	Peso muestra (g)	Peso cenizas + crisol (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
15/05/2019 a las 10:30	15/05/2019 a las 11:30	1ª	34,0196	36,0605	2,0409	34,0378	0,0182	0,89
		2ª	38,5278	40,4786	1,9508	38,5411	0,0133	0,68
		3ª	40,5648	42,6039	2,0391	40,5796	0,0148	0,73
Media cenizas cáscara:								0,77
Desviación típica:								0,11

Tabla 59: Determinación de las cenizas de la cáscara de almendra

Fuente: Propia

- Caña

Como podemos ver en la tabla 60 el contenido de cenizas de la caña es de un 3,58%, lo que está por encima del 2%, por lo que no podemos elaborar pellets con sello de calidad a partir de cañas.

DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS DE CAÑA								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra + crisol (g)	Peso muestra (g)	Peso cenizas + crisol (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
16/05/2019 a las 10:20	16/05/2019 a las 11:20	1ª	22,3002	24,2551	1,9549	22,3641	0,0639	3,27
		2ª	23,7329	25,7197	1,9868	23,8143	0,0814	4,10
		3ª	21,2469	23,2664	2,0195	21,3148	0,0679	3,36
Media cenizas caña:								3,58
Desviación típica:								0,45

Tabla 60: Determinación de las cenizas de caña

Fuente: Propia

- Cerezo

Como podemos ver en la tabla 61 el contenido de cenizas del cerezo es de un 2,85%, lo que es superior al 2%, por lo que no podemos elaborar pellets con sello de calidad a partir de cerezo.

DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS DE CEREZO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra + crisol (g)	Peso muestra (g)	Peso cenizas + crisol (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
16/05/2019 a las 11:39	16/05/2019 a las 12:39	1ª	38,5278	40,5364	2,0086	38,5912	0,0634	3,16
		2ª	34,0196	36,0315	2,0119	34,0853	0,0657	3,27
		3ª	40,5648	42,5835	2,0187	40,6079	0,0431	2,14
Media cenizas cerezo:								2,85
Desviación típica:								0,62

Tabla 61: Determinación de las cenizas de cerezo

Fuente: Propia

- Hoja olivo

Como podemos ver en la tabla 62 el contenido de cenizas de la hoja de olivo es de un 3,51%, lo que es superior al 2%, por tanto, no podemos elaborar pellets con sello de calidad a partir de hojas de olivo.

DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS DE HOJA DE OLIVO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra + crisol (g)	Peso muestra (g)	Peso cenizas + crisol (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
20/05/2019 a las 11:35	20/05/2019 a las 12:35	1º	33,5851	35,5917	2,0066	33,6553	0,0702	3,50
		2º	37,4619	39,4681	2,0062	37,5322	0,0703	3,50
		3º	30,0861	32,0961	2,0100	30,1573	0,0712	3,54
Media cenizas hoja olivo:								3,51
Desviación típica:								0,02

Tabla 62: Determinación de las cenizas de hoja de olivo

Fuente: Propia

- Rama olivo

Como podemos ver en la tabla 63 el contenido de cenizas de la rama de olivo es de un 2,44%, lo que es superior al 2%, por lo que no podemos elaborar pellets de calidad a partir de rama de olivo.

DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS DE LA RAMA DE OLIVO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra + crisol (g)	Peso muestra (g)	Peso cenizas + crisol (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
22/05/2019 a las 10:15	22/05/2019 a las 11:15	1º	40,5470	42,5572	2,0102	40,5966	0,0496	2,47
		2º	33,5978	35,6035	2,0057	33,6458	0,0480	2,39
		3º	38,5250	40,5238	1,9988	38,5739	0,0489	2,45
Media cenizas rama olivo:								2,44
Desviación típica:								0,04

Tabla 63: Determinación de las cenizas de rama de olivo

Fuente: Propia

Como se explica en apartados anteriores los restos de poda de olivo están comprendidos por un 60% de rama y un 40% de hoja, por tanto, calculando los datos de ceniza del olivo en general obtenemos que el olivo tiene un contenido de cenizas de un 2,868%, superior al 2%, por lo que definitivamente, no se podrán fabricar pellets con sello de calidad a partir de restos de poda de olivo.

- Almendro

Como podemos ver en la tabla 64 el contenido de cenizas del almendro es de un 3,2%, lo que es superior al 2%, por lo que no se podrán fabricar pellets con sello de calidad a partir de almendro.

DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS DE ALMENDRO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra + crisol (g)	Peso muestra (g)	Peso cenizas + crisol (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
22/05/2019 a las 11:30	22/05/2019 a las 12:30	1º	37,8175	39,826	2,0085	37,8805	0,063	3,14
		2º	37,4735	39,4789	2,0054	37,5372	0,0637	3,18
		3º	30,0977	32,1001	2,0024	30,1637	0,066	3,30
Media cenizas almendro:								3,20
Desviación típica:								0,08

Tabla 64: Determinación de las cenizas de almendro

Fuente: Propia

- Rama pino

Como podemos ver en la tabla 65 el contenido de cenizas de la rama de pino es de un 2,91%, lo que es superior al 2%, por lo que no se podrán fabricar pellets con sello de calidad a partir de rama de pino.

DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS DE LA RAMA DE PINO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra + crisol (g)	Peso muestra (g)	Peso cenizas + crisol (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
23/05/2019 a las 10:10	23/05/2019 a las 11:10	1ª	37,8193	39,8250	2,0057	37,8763	0,0570	2,84
		2ª	37,4745	39,4688	1,9943	37,5339	0,0594	2,98
		3ª	30,0984	32,0967	1,9983	30,1566	0,0582	2,91
							Media cenizas rama pino:	2,91
							Desviación típica:	0,07

Tabla 65: Determinación de las cenizas de rama de pino

Fuente: Propia

- Hoja pino

Como vemos en la tabla 66 el contenido de cenizas de la hoja de pino es de un 3,49% lo que es superior al 2%, por tanto, no se podrán fabricar pellets de calidad a partir de hoja de pino.

DETERMINACIÓN DE LAS CENIZAS DE LA HOJA DE PINO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol (g)	Peso muestra + crisol (g)	Peso muestra (g)	Peso cenizas + crisol (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
23/05/2019 a las 11:30	23/05/2019 a las 12:30	1ª	40,5613	42,5735	2,0122	40,6270	0,0657	3,27
		2ª	33,6029	35,6058	2,0029	33,6760	0,0731	3,65
		3ª	38,5370	40,5499	2,0129	38,6086	0,0716	3,56
							Media cenizas hoja pino:	3,49
							Desviación típica:	0,20

Tabla 66: Determinación de las cenizas de la hoja de pino

Fuente: Propia

Como se explica en apartados anteriores, los restos de pino están comprendidos por un 85% de rama y un 15% de hoja, por tanto, calculando los datos de ceniza del olivo en general obtenemos que el olivo tiene un contenido de cenizas de un 2,997%, superior al 2%, por lo que definitivamente, no se podrán fabricar pellets con sello de calidad a partir de restos de pino.

En resumen, no se podrán obtener pellets con sello de calidad de ninguna de las materias primas analizadas debido a su alto contenido en cenizas, a excepción de la cáscara de almendra que obtendría el sello de calidad A2.

3.5. Determinación del poder calorífico

• 3.5.1. Introducción

El poder calorífico es la cantidad de energía que, por su masa total, emite una sustancia al estar sometida a un proceso de combustión. Se expresa en unidad de energía por unidad de masa o de volumen: caloría/gramo, kilojulio/kilogramo, kilocaloría/litro... Se mide con un calorímetro.

Se puede distinguir entre poder calorífico superior, que no tiene en cuenta la corrección por humedad, y el poder calorífico inferior que si la tiene en cuenta.

La determinación del poder calorífico es un aspecto fundamental en la industria de los combustibles, ya que la eficacia de un combustible depende de su poder calorífico. Por ejemplo, el gas natural tiene un poder calorífico de entre 8.500 y 10.200 kcal/m³, la gasolina 8.300 kcal/L, el gasoil 9.200 kcal/L y el carbón entre 6.700 y 8.400 kcal/kg.

• 3.5.2. Objetivos y justificación

El objetivo de este experimento es determinar el poder calorífico de las diferentes muestras y expresarla en kilocalorías por kilo.

Según las normas ENplus (ENplus, 2015) los pellets con certificado de calidad deben tener un poder calorífico superior a 16,5 MJ/kg, lo que es igual a 3.940,96 Kcal/kg. Por tanto, la determinación del poder calorífico de las muestras será imprescindible para saber si nuestros pellets podrán obtener el certificado de calidad.

• 3.5.3. Material utilizado

El material necesario para realizar este experimento es:

- Instrucciones calorímetro
- Peletizadora manual
- Cápsulas de gelatina
- Balanza analítica, con una precisión de 0,0001g
- Pinzas
- Hilo de ignición
- Bomba calorimétrica
- Pinzas de sujeción de la bomba
- Sistema de llenado de O₂
- Sistema de manejo de agua PARR 1563
- Lechera del calorímetro
- Calorímetro PARR 1261 (ilustración 85)



Ilustración 85: Calorímetro PARR 1261

Fuente: Propia

- 3.5.4. Procedimiento seguido

El primer paso es preparar la muestra, para ello en primer lugar pesamos entre 0,7 y 0,8 gramos de muestra triturada. Después con esa muestra procedemos a hacer un pellet. En nuestro caso solo hemos podido elaborar correctamente el pellet con las muestras de caña y pino, tanto hoja como rama. Con las muestras que no es posible elaborar un pellet se procede a introducir la muestra en una cápsula de gelatina previamente pesada. Después taramos la cápsula de combustión de la bomba calorimétrica en la balanza y pesamos el pellet o la pastilla llena y anotamos el peso con 4 cifras decimales, como se muestra en la ilustración 86.

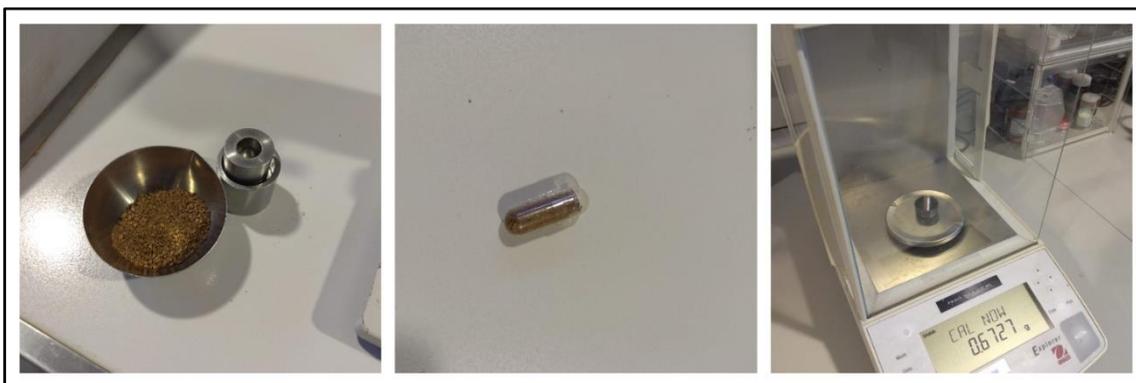


Ilustración 86: Proceso de encapsulado de la muestra

Fuente: Propia

A continuación, cortamos 10 cm de hilo de ignición y, con ayuda de las pinzas, lo colocamos en las ranuras de los electrodos de la bomba calorimétrica, de manera que el hilo toque la muestra como se muestra en la ilustración 87. Después abrimos la válvula de escape de la cabeza de la bomba y la colocamos, cerramos la brida y la válvula de escape y enganchamos las pinzas para su transporte.

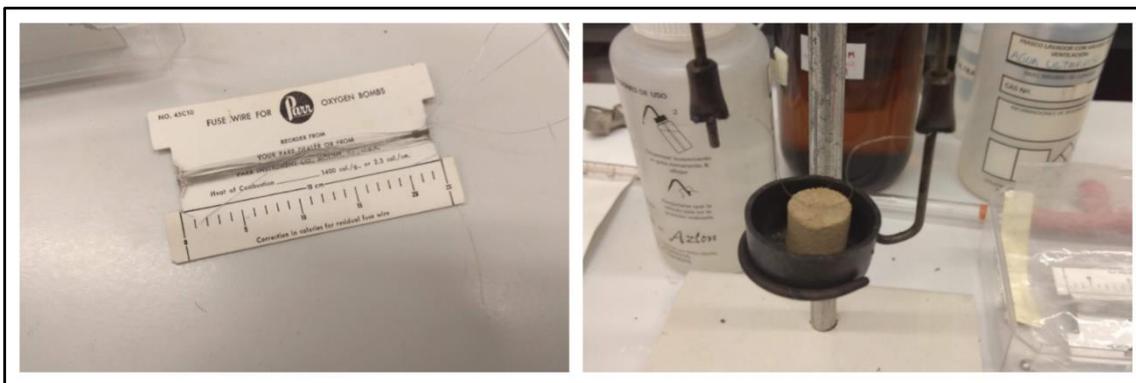


Ilustración 87: Colocación del hilo de ignición.

Fuente: Propia

El siguiente paso es el llenado de la bomba con oxígeno, para ello en primer lugar comprobamos que la válvula de escape de la bomba este cerrado, después conectamos el cable de llenado de oxígeno a la válvula de entrada de la bomba como, se muestra en la ilustración 88. Luego pulsamos la tecla "O2" del calorímetro PARR 1261, en este momento se inicia el llenado de la bomba, que durará unos 60 segundos, en la pantalla del calorímetro aparecerá la palabra FILL. Cuando finalice el llenado oiremos un ruido de escape y desaparecerá la palabra FILL de la pantalla, entonces procedemos a quitar el tubo de llenado.



Ilustración 88: Llenado de la bomba con O_2
Fuente: Propia

Durante los 60 segundos que tarda en llenarse la bomba con oxígeno procedemos al llenado de la lechera del calorímetro con dos litros de agua, para ello abrimos la llave del aforo del sistema de manejo de agua PARR 1563 y dejamos que se vacíe, ya que el aforo está medido (ilustración 89).



Ilustración 89: Llenado de la lechera con el aforo del sistema de manejo de agua PARR 1563
Fuente: Propia

Una vez se hayan llenado la lechera de agua y la bomba con oxígeno, abrimos la tapa del calorímetro e introducimos la lechera en su interior en sentido correcto, después cogemos la bomba con las pinzas y la introducimos en la lechera hasta la mitad. En este momento cogemos los electrodos, los introducimos en los conectores de la cabeza de la bomba y sumergimos la bomba totalmente procurando que no se desconecten los electrodos, cuando ya esté la bomba bien situada quitamos las pinzas, las sacudimos y cerramos la tapa del calorímetro (ilustración 90).



Ilustración 90: Colocación de la lechera en el calorímetro

Fuente: Propia

Ahora toca el procedimiento de análisis, para ello pulsamos la tecla START en el panel de control del calorímetro (ilustración 91), aparece entonces en la pantalla CAL ID, pulsamos la tecla 1 y ENTER. Seguidamente aparece en pantalla SAMPLE ID, entonces debemos identificar la muestra, nosotros apuntamos el número que viene por defecto y pulsamos ENTER. Después aparece en pantalla WEIGHT, debemos introducir el peso de la muestra que hemos apuntado previamente y pulsamos ENTER. Aparece ahora en pantalla PRE, en este momento se está realizando el análisis que dura unos cuatro minutos, hasta que se oye un pitido y aparece la palabra POST. Debemos esperar unos dos minutos hasta que se oye otro pitido y aparece el resultado en pantalla, expresado en cal/g, apuntamos.

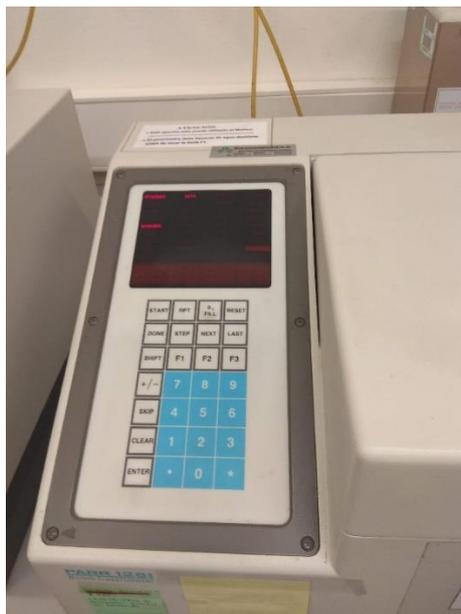


Ilustración 91: Panel de control del calorímetro

Fuente: Propia

Abrimos ahora la tapa del calorímetro, quitamos los electrodos y procedemos a sacar la bomba calorífica con las pinzas, la depositamos en la mesa y vaciamos la lechera en el sistema de manejo de agua PARR 1563. Después, con cuidado descomprimos la bomba abriendo la válvula de escape, en este momento ya podemos abrir la bomba y comprobar que la muestra se ha quemado completamente. Finalmente extraemos el alambre que no se ha quemado y lo medimos.

El siguiente paso es calcular el poder calorífico real de las muestras que hemos metido en el calorímetro en la capsula de gelatina, ya que el valor que nos ha dado el calorímetro contenía el poder calorífico de la cápsula de gelatina, para ello seguimos la siguiente fórmula:

$$\text{Poder calorífico muestra} =$$

$$\text{Poder calorífico calorímetro} - \text{Peso cápsula} \times \text{Poder calorífico cápsula} =$$

Donde el peso de la cápsula es el que hemos pesado al inicio del experimento con la balanza analítica y el poder calorífico de la capsula es 4600 cal/g según viene indicado en el recipiente de las cápsulas.

Después procedemos a calcular el poder calorífico superior (PCS), en este paso debemos sumar las calorías invertidas en quemar el alambre, para ello sumamos el trozo de alambre multiplicado por el poder calorífico necesario para fundir el alambre al dato obtenido anteriormente siguiendo esta fórmula:

$$PCS = \text{Poder calorífico muestra} + \text{Alambre quemado} \times \text{Poder calorífico alambre}$$

Donde el poder calorífico del alambre es 2,3 cal/cm.

Finalmente calculamos el poder calorífico inferior (PCI), en este paso tenemos en cuenta el poder calorífico empleado en condensar la humedad presente en la muestra, para ello debemos restar al poder calorífico superior el contenido de humedad multiplicado por una constante, siguiendo esta fórmula:

$$PCI = PCS - 49,28 \times \% \text{Hidrógeno}$$

El porcentaje de hidrógeno inicialmente se estima en un 5,5%, después, tras el análisis de hidrogeno de las muestras ya se modifica.

El cálculo del poder calorífico de cáscara de almendro se realizó el día 15 de mayo, el de la caña el día 16, el del almendro y cerezo el 23, el de rama y hoja de olivo el 27 y el de rama y hoja de pino el 28.

- **3.5.5. Resultados y discusión**

A continuación, se desglosan los resultados obtenidos en tablas según la muestra y se analiza la calidad de los pellets que se podrán obtener a partir de las diferentes materias primas en función de los resultados obtenidos.

- Cáscara de almendra

Como se muestra en la tabla 67, el poder calorífico de la cáscara de almendra es de 3.727,79 cal/g, dato menor a las 3.940,96 cal/g que marca la norma, por lo que no podremos obtener pellets con sello de calidad a partir de cáscara de almendra.

DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE LA CÁSCARA DE ALMENDRA										
Nº muestra	Peso cápsula gelatina (g)	Poder calorífico gelatina (cal/g)	Peso total (g)	Poder calorífico total (cal/g)	Peso muestra (g)	Poder calorífico muestra (cal/g)	Alambre quemado (cm)	Poder calorífico superior (cal/g)	% Hidrógeno*	Poder calorífico inferior (cal/g)
272	0,1231	566,26	0,6525	4441,14	0,5294	3874,88	6,5	3889,83	6,4	3574,44
273	0,1123	516,58	0,6729	4645,39	0,5606	4128,81	1,5	4132,26		3816,87
274	0,12	552	0,7485	4641,06	0,6285	4089,06	8	4107,46		3792,07
* Dato obtenido en la determinación de hidrógeno, proceso explicado en apartados posteriores.							Media poder calorífico cáscara:		3727,79	
							Desviación típica:		133,39	

Tabla 67: Determinación del poder calorífico de la cáscara de almendra

Fuente: Propia

- Caña

Como se muestra en la tabla 68, el poder calorífico de la caña es de 4.053,46 cal/g, dato mayor a las 3.940,96 cal/g que marca la norma, por lo que podremos obtener pellets con sello de calidad a partir de caña.

DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE LA CAÑA										
Nº muestra	Peso cápsula gelatina (g)	Poder calorífico gelatina (cal/g)	Peso total (g)	Poder calorífico total (cal/g)	Peso muestra (g)	Poder calorífico muestra (cal/g)	Alambre quemado (cm)	Poder calorífico superior (cal/g)	% Hidrógeno*	Poder calorífico inferior (cal/g)
275	0	0	0,7655	4302,44	0,7655	4302,44	9,5	4324,29	6,157	4020,87
276	0	0	0,7395	4348,66	0,7395	4348,66	7	4364,76		4061,34
277	0	0	0,7594	4360,88	0,7594	4360,88	9	4381,58		4078,16
* Dato obtenido en la determinación de hidrógeno, proceso explicado en apartados posteriores.							Media poder calorífico caña:		4053,46	
							Desviación típica:		29,45	

Tabla 68: Determinación del poder calorífico de la caña

Fuente: Propia

- Almendro

Como se muestra en la tabla 69, el poder calorífico del almendro es de 3.681,12 cal/g, dato menor a las 3.940,96 cal/g que marca la norma, por lo que no podremos obtener pellets con sello de calidad a partir de almendro.

DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DEL ALMENDRO										
Nº muestra	Peso cápsula gelatina (g)	Poder calorífico gelatina (cal/g)	Peso total (g)	Poder calorífico total (cal/g)	Peso muestra (g)	Poder calorífico muestra (cal/g)	Alambre quemado (cm)	Poder calorífico superior (cal/g)	% Hidrógeno*	Poder calorífico inferior (cal/g)
278	0,1141	524,86	0,5548	4474,84	0,4407	3949,98	8,5	3969,53	6,355	3656,36
279	0,1145	526,7	0,5947	4565,01	0,4802	4038,31	9,3	4059,7		3746,53
280	0,1134	521,64	0,614	4458,03	0,5006	3936,39	7,5	3953,64		3640,47
* Dato obtenido en la determinación de hidrógeno, proceso explicado en apartados posteriores.							Media poder calorífico almendro:		3681,12	
							Desviación típica:		57,20	

Tabla 69: Determinación del poder calorífico del almendro

Fuente: Propia

- Cerezo

Como se muestra en la tabla 70, el poder calorífico del cerezo es de 3.643,33 cal/g, dato menor a las 3.940,96 cal/g que marca la norma, por lo que no podremos obtener pellets con sello de calidad a partir de cerezo.

DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DEL CEREZO										
Nº muestra	Peso cápsula gelatina (g)	Poder calorífico gelatina (cal/g)	Peso total (g)	Poder calorífico total (cal/g)	Peso muestra (g)	Poder calorífico muestra (cal/g)	Alambre quemado (cm)	Poder calorífico superior (cal/g)	% Hidrógeno*	Poder calorífico inferior (cal/g)
281	0,1134	521,64	0,5221	4498,05	0,4087	3976,41	9	3997,11	6,475	3678,02
282	0,1139	523,94	0,5128	4473,59	0,3989	3949,65	4	3958,85		3639,76
283	0,1213	557,98	0,5637	4481,21	0,4424	3923,23	3,5	3931,28		3612,19
* Dato obtenido en la determinación de hidrógeno, proceso explicado en apartados posteriores.							Media poder calorífico cerezo:			3643,33
							Desviación típica:			33,06

Tabla 70: Determinación del poder calorífico del cerezo

Fuente: Propia

- Rama olivo

Como se muestra en la tabla 71, el poder calorífico de la rama de olivo es de 3.588,21 cal/g, dato menor a las 3.940,96 cal/g que marca la norma, por lo que no podremos obtener pellets con sello de calidad a partir de rama de olivo.

DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE LA RAMA DE OLIVO										
Nº muestra	Peso cápsula gelatina (g)	Poder calorífico gelatina (cal/g)	Peso total (g)	Poder calorífico total (cal/g)	Peso muestra (g)	Poder calorífico muestra (cal/g)	Alambre quemado (cm)	Poder calorífico superior (cal/g)	% Hidrógeno*	Poder calorífico inferior (cal/g)
1	0,1142	525,32	0,7409	4385,72	0,6267	3860,4	1	3862,7	6,557	3539,57
2	0,1189	546,94	0,6952	4505,12	0,5763	3958,18	6,5	3973,13		3650,00
3	0,1171	538,66	0,7497	4424,2	0,6326	3885,54	5,5	3898,19		3575,06
* Dato obtenido en la determinación de hidrógeno, proceso explicado en apartados posteriores.							Media poder calorífico rama olivo:			3588,21
							Desviación típica:			56,38

Tabla 71: Determinación del poder calorífico de la rama de olivo

Fuente: Propia

- Hoja olivo

Como se muestra en la tabla 72, el poder calorífico de la hoja de olivo es de 4.102,58 cal/g, dato mayor a las 3.940,96 cal/g que marca la norma, por lo que podremos obtener pellets con sello de calidad a partir de hoja de olivo.

DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE LA HOJA DE OLIVO										
Nº muestra	Peso cápsula gelatina (g)	Poder calorífico gelatina (cal/g)	Peso total (g)	Poder calorífico total (cal/g)	Peso muestra (g)	Poder calorífico muestra (cal/g)	Alambre quemado (cm)	Poder calorífico superior (cal/g)	% Hidrógeno*	Poder calorífico inferior (cal/g)
4	0,1194	549,24	0,6132	4935,05	0,4938	4385,81	8,5	4405,36	7,244	4048,38
5	0,1224	563,04	0,6374	5027,07	0,515	4464,03	7,5	4481,28		4124,30
6	0,1179	542,34	0,6146	5013,68	0,4967	4471,34	9	4492,04		4135,06
* Dato obtenido en la determinación de hidrógeno, proceso explicado en apartados posteriores.							Media poder calorífico hoja olivo:		4102,58	
							Desviación típica:		47,25	

Tabla 72: Determinación del poder calorífico de la hoja de olivo

Fuente: Propia

Como se explica en apartados anteriores los restos de poda de olivo están comprendidos por un 60% de rama y un 40% de hoja, por tanto, calculando los datos del poder calorífico del olivo en general obtenemos que el olivo tiene un poder calorífico de 3.793,958 cal/g, inferior a las 3.940,96 cal/g por lo que definitivamente, no se podrán fabricar pellets con sello de calidad a partir de restos de poda de olivo.

- Rama pino

Como se muestra en la tabla 73, el poder calorífico de la rama de pino es de 4.505,42 cal/g, dato mayor a las 3.940,96 cal/g que marca la norma, por lo que podremos obtener pellets con sello de calidad a partir de rama de pino.

DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE LA RAMA DE PINO										
Nº muestra	Peso cápsula gelatina (g)	Poder calorífico gelatina (cal/g)	Peso total (g)	Poder calorífico total (cal/g)	Peso muestra (g)	Poder calorífico muestra (cal/g)	Alambre quemado (cm)	Poder calorífico superior (cal/g)	% Hidrógeno*	Poder calorífico inferior (cal/g)
7	0	0	0,7712	4780,73	0,7712	4780,73	8,8	4800,97	6,586	4476,41
8	0	0	0,7464	4806,25	0,7464	4806,25	9	4826,95		4502,39
9	0	0	0,7846	4841,3	0,7846	4841,3	9	4862		4537,44
* Dato obtenido en la determinación de hidrógeno, proceso explicado en apartados posteriores.							Media poder calorífico rama pino:		4505,42	
							Desviación típica:		30,63	

Tabla 73: Determinación del poder calorífico de la rama de pino

Fuente: Propia

- Hoja pino

Como se muestra en la tabla 74, el poder calorífico de la hoja de pino es de 4.827,39 cal/g, dato mayor a las 3.940,96 cal/g que marca la norma, por lo que podremos obtener pellets con sello de calidad a partir de hoja de pino.

DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO DE LA HOJA DE PINO										
Nº muestra	Peso cápsula gelatina (g)	Poder calorífico gelatina (cal/g)	Peso total (g)	Poder calorífico total (cal/g)	Peso muestra (g)	Poder calorífico muestra (cal/g)	Alambre quemado (cm)	Poder calorífico superior (cal/g)	% Hidrógeno*	Poder calorífico inferior (cal/g)
10	0	0	0,7638	5169,36	0,7638	5169,36	9,5	5191,21	6,916	4850,39
11	0	0	0,7737	5143,15	0,7737	5143,15	8,8	5163,39		4822,57
12	0	0	0,7801	5130,93	0,7801	5130,93	8,3	5150,02		4809,20
* Dato obtenido en la determinación de hidrógeno, proceso explicado en apartados posteriores.							Media poder calorífico hoja pino:		4827,39	
							Desviación típica:		21,01	

Tabla 74: Determinación del poder calorífico de la hoja de pino

Fuente: Propia

Como se explica en apartados anteriores los restos de pino están comprendidos por un 85% de rama y un 15% de hoja, por tanto, calculando los datos del poder calorífico del pino en general obtenemos que el pino tiene un poder calorífico de 4.553,72 cal/g, superior a las 3.940,96 cal/g por lo que definitivamente, se podrán fabricar pellets con sello de calidad a partir de restos de pino.

En resumen, solo podremos fabricar pellets con sello de calidad a partir de caña, hoja de olivo y pino. Otra opción es mezclar al 50% pino con cualquier otra materia prima, de este modo obtendríamos pellets con un poder calorífico superior a las 3.940,96 cal/g que exige la norma.

3.6. Determinación de sólidos volátiles

• 3.6.1. Introducción

Se definen los sólidos volátiles como la proporción de materia orgánica que se elimina o volatiliza al someter a una muestra a una alta temperatura durante un tiempo determinado. En este proceso la materia orgánica se quema y forma CO_2 y agua, que se volatilizan.

Este procedimiento es muy importante, por ejemplo, en el proceso de tratamiento de aguas fecales, ya que sirve para estimar la proporción de materia orgánica que hay en la parte sólida de las aguas fecales y de los lodos activos.

• 3.6.2. Objetivos y justificación

La determinación de los sólidos volátiles sirve para conocer la cantidad de material combustible realmente aprovechable que hay en una muestra

• 3.6.3. Material utilizado

Para la realización de este experimento necesitamos:

- Crisoles de cuarzo
- Balanza analítica, con una precisión de 0,0001g
- Espátula-cuchara de laboratorio de acero inoxidable
- Horno mufla "NABERTHERM" (ilustración 92)
- Pinzas
- Guantes térmicos de protección al calor
- Tapas de cuarzo de los crisoles

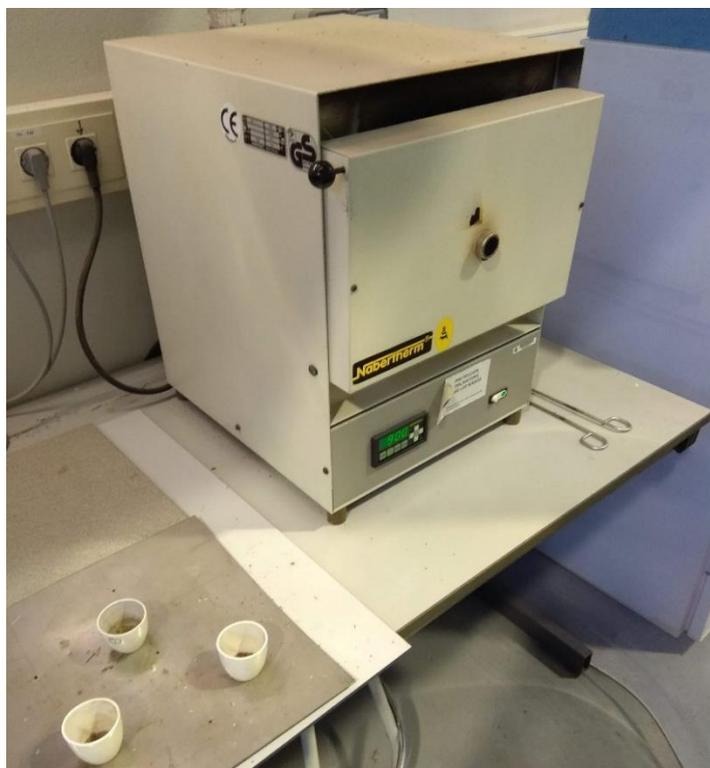


Ilustración 92: Horno mufla "NABERTHERM"

Fuente: Propia

- **3.6.4. Procedimiento seguido**

El procedimiento a seguir es el marcado por la norma (UNE-EN 14961-2, 2012).

Para ello en primer lugar pesamos tres crisoles de cuarzo con la tapa puesta y apuntamos el resultado en una plantilla. Taramos la balanza e introducimos un gramo de muestra en los crisoles. En este punto es importante recordar la disposición de los crisoles, ya que no se pueden rotular, debido a que la temperatura que alcanza el horno lo imposibilita (ilustración 93).



Ilustración 93: Pesado de crisoles
Fuente: Propia

Después debemos introducir los crisoles de cuarzo llenos y con la tapa puesta en el horno mufla, para ello nos protegemos las manos con los guantes térmicos de protección al calor y nos ayudamos con unas pinzas. Siguiendo la norma, la muestra debe permanecer en el horno siete minutos a 900°C (ilustración 94).

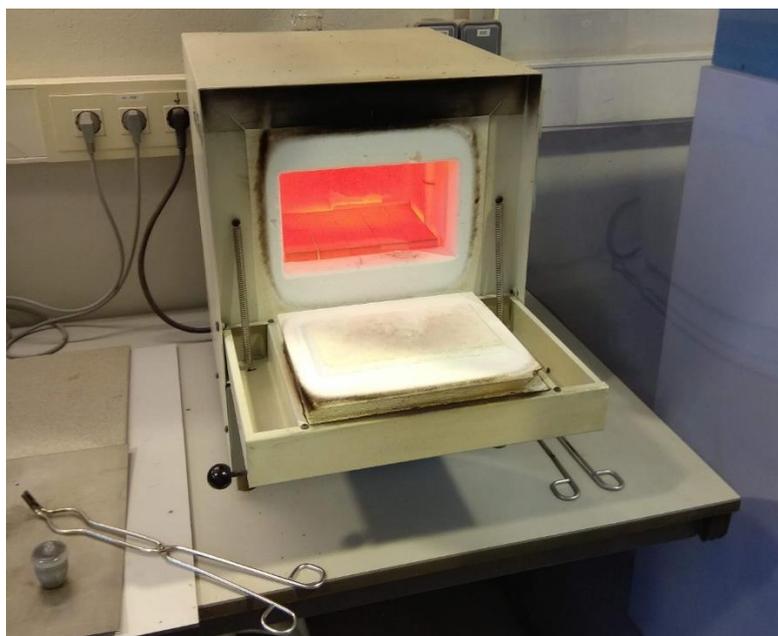


Ilustración 94: Horno MUFLA abierto
Fuente: Propia

Pasados los siete minutos sacamos los crisoles del horno mufla con ayuda de las pinzas y protegidos con los guantes. Depositamos los crisoles encima de una placa de metal para no quemar la mesa. Dejamos reposar unos 15 minutos hasta que se hayan enfriado como se muestra en la ilustración 95.



Ilustración 95: Enfriado de los crisoles
Fuente: Propia

Una vez enfriados los crisoles procedemos a pesarlos. Con ello obtenemos la masa de los sólidos volátiles, entonces podemos calcular el porcentaje de sólidos volátiles que produce la muestra con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Sólidos volátiles} = \frac{\text{masa inicial} - \text{masa final}}{\text{masa final}} \times 100$$

Donde la masa inicial es la que introducimos en el crisol al principio del experimento y la masa final la que obtenemos tras sacar la muestra del horno mufla. De esta manera se obtiene el porcentaje de sólidos volátiles en masa seca que posee cada muestra.

La determinación de sólidos volátiles del almendro, de la caña, de la cáscara de almendra y del cerezo se realizó el día 29 de mayo de 2019, mientras que la de las ramas y hojas de olivo y la de las ramas y hojas de pino tuvo lugar el tres de junio.

• 3.6.5. Resultados y discusión

A continuación, se muestran los resultados obtenidos.

▪ Almendro

En la tabla 75 se muestran los resultados de la determinación de los sólidos volátiles del almendro.

DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS VOLÁTILES DEL ALMENDRO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol + tapa (g)	Peso crisol + tapa + muestra (g)	Peso muestra (g)	Peso crisol + tapa + cenizas (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
29/05/2019 a las 10:55	29/05/2019 a las 11:02	1º	38,5418	40,5349	1,9931	39,0764	0,5346	73,18
		2º	37,8216	39,8379	2,0163	38,3543	0,5327	73,58
		3º	30,0994	32,1022	2,0028	30,6176	0,5182	74,13
Media S.V. almendro:								73,63
Desviación típica:								0,48

Tabla 75: Determinación sólidos volátiles almendro
Fuente: Propia

- Caña

En la tabla 76 se muestran los resultados de la determinación de los sólidos volátiles de la caña.

DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS VOLÁTILES DE LA CAÑA								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol + tapa (g)	Peso crisol + tapa + muestra (g)	Peso muestra (g)	Peso crisol + tapa + cenizas (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
29/05/2019 a las 11:30	29/05/2019 a las 11:37	1 ^º	18,8685	19,8650	0,9965	19,0822	0,2137	78,55
		2 ^º	18,3606	19,3655	1,0049	18,5805	0,2199	78,12
		3 ^º	18,3591	19,3614	1,0023	18,5730	0,2139	78,66
							Media S.V. caña:	78,44
							Desviación típica:	0,29

Tabla 76: Determinación de los sólidos volátiles de la caña

Fuente: Propia

- Cáscara de almendra

En la tabla 77 se muestran los resultados de la determinación de los sólidos volátiles de la cáscara de almendra.

DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS VOLÁTILES DE LA CÁSCARA DE ALMENDRA								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol + tapa (g)	Peso crisol + tapa + muestra (g)	Peso muestra (g)	Peso crisol + tapa + cenizas (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
29/05/2019 a las 12:00	29/05/2019 a las 12:07	1 ^º	18,1291	19,1477	1,0186	18,3248	0,1957	80,79
		2 ^º	20,1182	21,1206	1,0024	20,3094	0,1912	80,93
		3 ^º	18,3363	19,3429	1,0066	18,5245	0,1882	81,30
							Media S.V. cáscara:	81,01
							Desviación típica:	0,27

Tabla 77: Determinación de los sólidos volátiles de la cáscara de almendra

Fuente: Propia

- Cerezo

En la tabla 78 se muestran los resultados de la determinación de los sólidos volátiles del cerezo.

DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS VOLÁTILES DEL CEREZO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol + tapa (g)	Peso crisol + tapa + muestra (g)	Peso muestra (g)	Peso crisol + tapa + cenizas (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
29/05/2019 a las 12:20	29/05/2019 a las 12:27	1 ^º	27,2227	28,2388	1,0161	27,4538	0,2311	77,26
		2 ^º	25,4944	26,5001	1,0057	25,7176	0,2232	77,81
		3 ^º	47,6662	48,6641	0,9979	47,8938	0,2276	77,19
							Media S.V. cerezo:	77,42
							Desviación típica:	0,34

Tabla 78: Determinación de los sólidos volátiles del cerezo

Fuente: Propia

- Rama olivo

En la tabla 79 se muestran los resultados de la determinación de los sólidos volátiles de la rama de olivo.

DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS VOLÁTILES DE LA RAMA DE OLIVO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol + tapa (g)	Peso crisol + tapa + muestra (g)	Peso muestra (g)	Peso crisol + tapa + cenizas (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
03/06/2019 a las 10:24	03/06/2019 a las 10:31	1º	18,2105	19,2114	1,0009	18,3956	0,1851	81,5066
		2º	18,5471	19,5638	1,0167	18,7368	0,1897	81,3416
		3º	20,0850	21,0795	0,9945	20,2652	0,1802	81,8803
Media S.V. rama olivo:								81,58
Desviación típica:								0,28

Tabla 79: Determinación de los sólidos volátiles de la rama de olivo

Fuente: Propia

- Hoja olivo

En la tabla 80 se muestran los resultados de la determinación de los sólidos volátiles de la hoja de olivo.

DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS VOLÁTILES DE LA HOJA DE OLIVO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol + tapa (g)	Peso crisol + tapa + muestra (g)	Peso muestra (g)	Peso crisol + tapa + cenizas (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
03/06/2019 a las 10:57	03/06/2019 a las 11:04	1º	19,7917	20,7818	0,9901	19,9654	0,1737	82,4563
		2º	18,7387	19,7393	1,0006	18,9151	0,1764	82,3706
		3º	18,3579	19,3599	1,0020	18,5333	0,1754	82,4950
Media S.V. hoja olivo:								82,44
Desviación típica:								0,06

Tabla 80: Determinación de los sólidos volátiles de la hoja de olivo

Fuente: Propia

- Rama pino

En la tabla 81 se muestran los resultados de la determinación de los sólidos volátiles de la rama de pino.

DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS VOLÁTILES DE LA RAMA DE PINO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol + tapa (g)	Peso crisol + tapa + muestra (g)	Peso muestra (g)	Peso crisol + tapa + cenizas (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
03/06/2019 a las 11:25	03/06/2019 a las 11:32	1º	25,4442	26,4462	1,0020	25,6589	0,2147	78,5729
		2º	25,6591	26,6658	1,0067	25,8786	0,2195	78,1961
		3º	47,6619	48,6825	1,0206	47,8896	0,2277	77,6896
Media S.V. rama pino:								78,15
Desviación típica:								0,44

Tabla 81: Determinación de los sólidos volátiles de la rama de pino

Fuente: Propia

- Hoja pino

En la tabla 82 se muestran los resultados de la determinación de los sólidos volátiles de la hoja de pino.

DETERMINACIÓN DE LOS SÓLIDOS VOLÁTILES DE LA HOJA DE PINO								
Fecha y hora inicio	Fecha y hora fin	Identificación muestra	Peso crisol + tapa (g)	Peso crisol + tapa + muestra (g)	Peso muestra (g)	Peso crisol + tapa + cenizas (g)	Peso cenizas (g)	Resultado %
03/06/2019 a las 11:48	03/06/2019 a las 11:55	1º	18,2415	19,2517	1,0102	18,4466	0,2051	79,6971
		2º	20,3857	21,3892	1,0035	20,5880	0,2023	79,8406
		3º	18,2089	19,2150	1,0061	18,4130	0,2041	79,7137
Media S.V. hoja pino:								79,75
Desviación típica:								0,08

Tabla 82: Determinación de los sólidos volátiles de la hoja de pino

Fuente: Propia

3.7. Determinación del carbono, del hidrógeno, del nitrógeno y del azufre

• 3.7.1. Introducción

La determinación de carbono, hidrogeno, nitrógeno y azufre es una parte fundamental del análisis de los combustibles sólidos. Ayuda a la caracterización de los materiales y proporciona información que se utiliza para calcular los balances de materia, la eficiencia energética del combustible y el potencial de emisiones del combustible en estudio.

• 3.7.2. Objetivos y justificación

El objetivo de este experimento es determinar el contenido de C, H, N y S de todas las muestras recogidas y expresarlas en un % sobre la masa total. Después estos datos se usarán para calcular las emisiones potenciales de NO_x y de SO_x de cada una de las muestras.

Tanto la determinación de nitrógeno como la de azufre es determinante para conocer la calidad que tendrán los pellets fabricados con esta biomasa, ya que, según las normas ENplus (ENplus, 2015) los pellets de calidad A1 no deben sobrepasar el 0,3% de nitrógeno ni el 0,04% de azufre en base seca, los pellets de calidad A2 no deben sobrepasar el 0,5% de nitrógeno ni el 0,05% de azufre en base seca y los pellets de calidad B no deben sobrepasar el 1% de nitrógeno ni el 0,05% de azufre en base seca.

• 3.7.3. Material utilizado

Para el realizar el experimento necesitamos:

- Balanza analítica, con una precisión de 0,0001 gramos
- Copas de papel de aluminio
- Espátula-cuchara de laboratorio de acero inoxidable
- Instrumento de análisis LECO CHN628 (ilustración 96 derecha)
- Recipientes de piedra
- Varilla de acero inoxidable
- Instrumento de análisis LECO 628 S (ilustración 96 izquierda)
- Ordenador con software LECO CHN628



Ilustración 96: Instrumento de análisis LECO CHN628 (derecha) y Instrumento de análisis LECO 628 S (izquierda)

Fuente: Propia

- **3.7.4. Procedimiento seguido**

El procedimiento a seguir es diferente dependiendo de la máquina de análisis que vamos a utilizar.

Así que en primer lugar vamos a describir los pasos seguidos para analizar el carbono, el hidrógeno y el nitrógeno con la maquina LECO CHN628.

En primer lugar, introducimos una copa de papel de aluminio en la balanza analítica y taramos, después con la ayuda de la cuchara-espátula ponemos 0,15 gramos de muestra en la copa de aluminio. Luego, con las manos, debemos hacer una pequeña bola con la copa de aluminio. Una vez hecha la bola la pesamos, apuntamos su peso en el software presionando la tecla “balanza” y finalmente la introducimos en la máquina de análisis LECO CHN628 en la posición que nos indica el programa. En las ilustraciones 97 y 98 podemos ver fotos del procedimiento.



Ilustración 97: Procedimiento seguido

Fuente: Propia



Ilustración 98: Noria por donde se introducen las bolas de aluminio

Fuente: Propia

Una vez introducida la muestra debemos presionar la tecla “analizar” del software, de este modo se inicia el análisis, y al cabo de un par de minutos se nos muestra en pantalla el resultado como vemos en la ilustración 99.

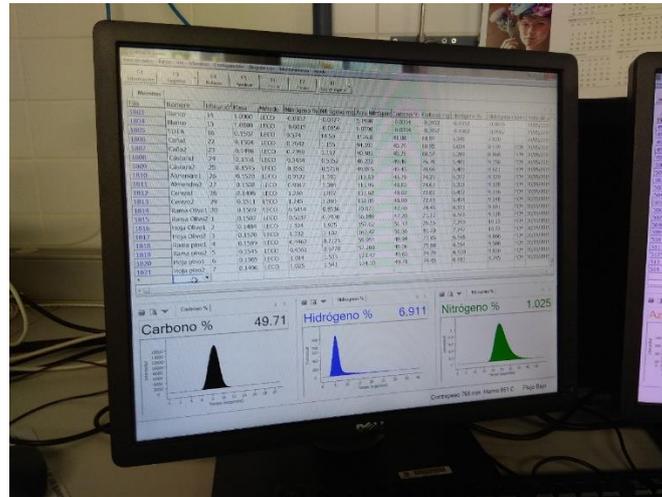


Ilustración 99: Resultado del análisis en pantalla
Fuente: Propia

Ahora procedemos a explicar el análisis de azufre con la maquina LECO 628 S.

En primer lugar, introducimos un recipiente de piedra en la báscula analítica y taramos, luego, con ayuda de la cuchara-espátula ponemos 0,15 gramos de muestra en el recipiente. Después la pesamos e introducimos el valor clicando en la tecla “balanza” del programa. Una vez pesada, con ayuda de la varilla de acero, introducimos la muestra en la máquina de análisis LECO 628 S. Podemos ver fotos del proceso en la ilustración 100.

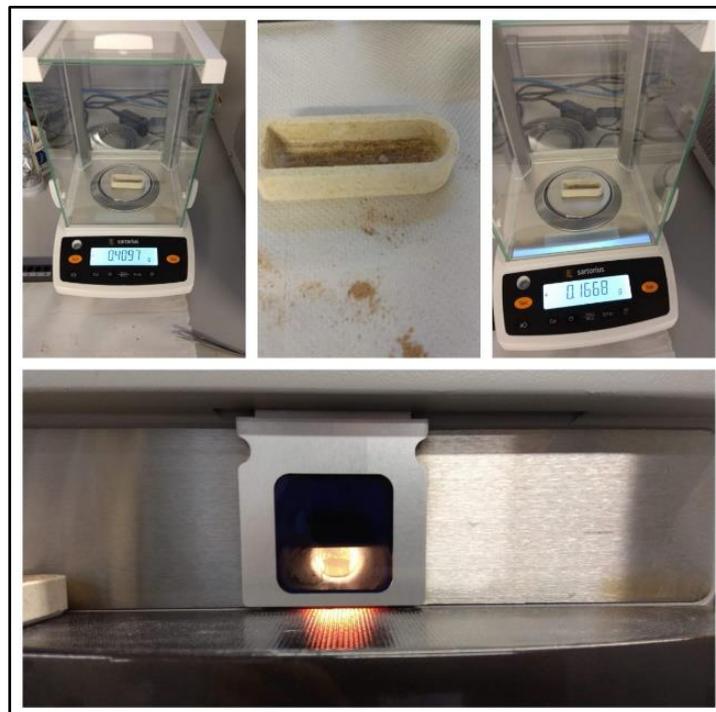


Ilustración 100: Procedimiento realizado
Fuente: Propia

Presionamos en la tecla “analizar” del programa y esperamos a que salga el resultado en la pantalla como se muestra en la ilustración 101.

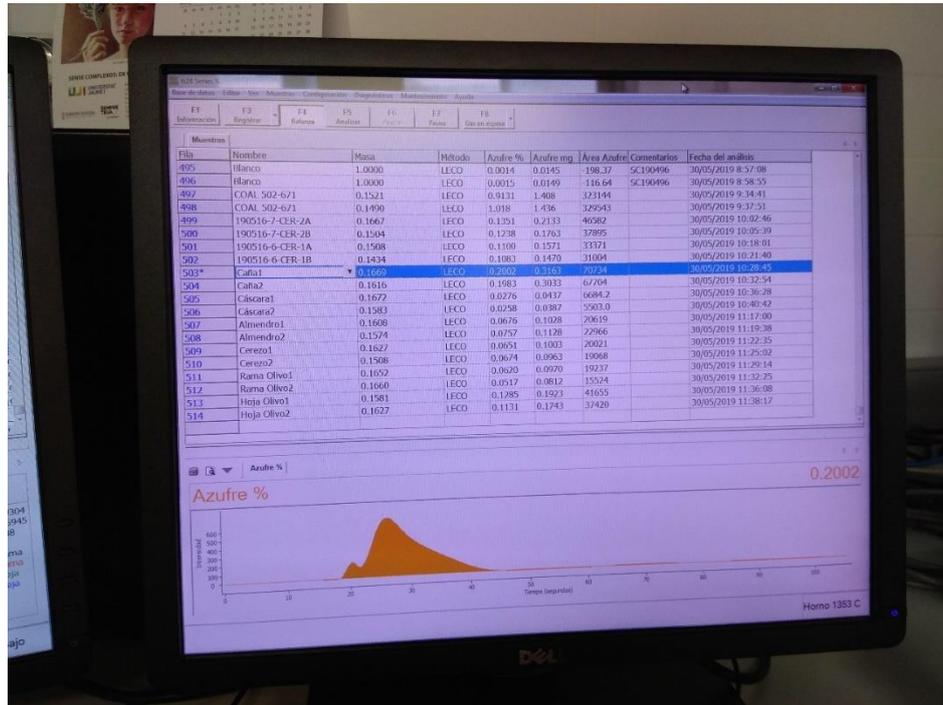


Ilustración 101: Resultados del análisis en pantalla

Fuente: Propia

Finalmente sacamos el recipiente de piedra con la ayuda de la varilla de acero y lo dejamos apartado para que se enfríe como vemos en la ilustración 102.



Ilustración 102: Recipiente apartado para que se enfríe

Fuente: Propia

La determinación de carbono, hidrógeno, nitrógeno y azufre de todas las muestras tuvo lugar el día 30 de mayo de 2019.

- **3.7.5. Resultados y discusión**

A continuación, se desglosan los resultados obtenidos en tablas según la muestra y se analiza la calidad de los pellets que se podrán obtener a partir de las diferentes materias primas en función de los resultados obtenidos.

- **Carbono, hidrógeno y nitrógeno**

Con los datos obtenidos que se muestran en la tabla 83, en primer lugar, utilizamos los datos de % de hidrógeno para corregir los datos de poder calorífico de todas las muestras.

Después podemos observar como con ninguna de las muestras podríamos fabricar pellets de calidad A1, ya que todos superan el 0,3% de nitrógeno.

Podríamos fabricar pellets de calidad A2 con cáscara de almendro, ya que tiene un contenido en nitrógeno del 0,35%, que está por debajo del 0,5% que exige la norma.

En cuanto a la calidad B podríamos fabricar pellets con caña y almendro, que tienen un contenido en nitrógeno de 0,75% y 0,91%, por debajo del 1% que exige la norma. También podríamos con olivo, ya que al ir la hoja (1,33% N) y la rama (0,53% N) juntos a la hora de pelletizar el dato de nitrógeno se corrige a un 0,83% de nitrógeno, debido a que la rama aporta un 60% de la masa y la hoja un 40%. Lo mismo pasa con el pino, que al ir rama (0,44% N) y hoja (1,02% N) juntos el dato de nitrógeno se corrige a 0,527%, ya que la rama aporta un 85% del peso total y la hoja un 15%

Finalmente observamos como no podríamos fabricar pellets con certificado de calidad con el cerezo, ya que supera el 1% permitido por la norma.

NOMBRE	UBICACIÓN	MASA (g)	CARBONO (mg)	CARBONO %	HIDRÓGENO (mg)	HIDRÓGENO %	NITRÓGENO (mg)	NITRÓGENO %
Caña1	22	0,1504	68,95	45,79	8,54	6,02	1,16	0,76
Caña2	23	0,1496	68,57	45,78	8,87	6,29	1,11	0,74
Promedio				45,79		6,16		0,75
Cáscara1	24	0,1551	76,70	49,40	9,36	6,40	0,54	0,34
Cáscara2	25	0,1595	78,96	49,45	9,62	6,40	0,57	0,36
Promedio				49,43		6,40		0,35
Almendra1	26	0,1520	74,23	48,78	9,13	6,37	1,39	0,91
Almendra2	27	0,1528	74,68	48,82	9,13	6,34	1,38	0,90
Promedio				48,80		6,36		0,91
Cerezo1	28	0,1498	72,02	48,02	9,12	6,46	1,90	1,26
Cerezo2	29	0,1511	72,61	48,00	9,25	6,49	1,89	1,25
Promedio				48,01		6,48		1,25
Rama Olivo1	30	0,1569	74,46	47,40	9,69	6,55	0,85	0,54
Rama Olivo2	1	0,1507	71,22	47,20	9,32	6,56	0,79	0,52
Promedio				47,30		6,56		0,53
Hoja Olivo1	2	0,1484	76,56	51,53	10,13	7,24	1,98	1,32
Hoja Olivo2	3	0,1570	81,20	51,66	10,72	7,25	2,10	1,33
Promedio				51,60		7,24		1,33
Rama Pino1	4	0,1589	77,85	48,94	9,87	6,59	0,71	0,45
Rama Pino2	5	0,1545	75,88	49,06	9,59	6,58	0,68	0,44
Promedio				49,00		6,59		0,44
Hoja Pino1	6	0,1505	74,79	49,63	9,82	6,92	1,53	1,01
Hoja Pino2	7	0,1496	74,45	49,71	9,75	6,91	1,54	1,03
Promedio				49,67		6,92		1,02

Tabla 83: Resumen de los resultados obtenidos

Fuente: Propia

- Azufre

Con los datos obtenidos, que se muestran en la tabla 84, podemos observar que podríamos fabricar pellets de calidad A1 con la cascara de almendra, ya que tienen un contenido en azufre del 0,0267%, inferior al 0,04% que marca la norma.

Podríamos fabricar también pellets de calidad A2 o B con la rama de pino, ya que tiene un contenido en azufre del 0,0455%, cifra que se encuentra entre el 0,04% y el 0,05% que marca la norma.

Sin embargo, no podríamos fabricar pellets con certificado de calidad con cañas (0,1993%), almendro (0,0717%), cerezo (0,0663%), rama de olivo (0,0569%), hoja de olivo (0,1208%) y hoja de pino (0,1152%), ya que todos ellos superan el 0,05% de contenido en azufre.

NOMBRE	MASA (g)	AZUFRE (mg)	AZUFRE %
Caña1	0,1669	0,3163	0,2002
Caña2	0,1616	0,3033	0,1983
Promedio			0,1993
Cáscara1	0,1672	0,0437	0,0276
Cáscara2	0,1583	0,0387	0,0258
Promedio			0,0267
Almendro1	0,1608	0,1028	0,0676
Almendro2	0,1574	0,1128	0,0757
Promedio			0,0717
Cerezo1	0,1627	0,1003	0,0651
Cerezo2	0,1508	0,0963	0,0674
Promedio			0,0663
Rama Olivo1	0,1652	0,0970	0,0620
Rama Olivo2	0,1660	0,0812	0,0517
Promedio			0,0569
Hoja Olivo1	0,1581	0,1923	0,1285
Hoja Olivo2	0,1627	0,1743	0,1131
Promedio			0,1208
Rama Pino1	0,1608	0,0687	0,0452
Rama Pino2	0,1504	0,0653	0,0458
Promedio			0,0455
Hoja Pino1	0,1659	0,1788	0,1138
Hoja Pino2	0,1540	0,1700	0,1166
Promedio			0,1152

Tabla 84: Resumen de los datos obtenidos de azufre

Fuente: Propia

- Contaminantes

Para calcular los gramos de cada contaminante emitidos por kilo de biomasa hemos seguido la siguiente formula:

$$g \text{ Contaminante} / kg \text{ biomasa} = \frac{\text{Resultado análisis (\%)} \times \text{Peso molecular (CO}_2, \text{NO}_2, \text{SO}_2) \times 1000}{\text{Peso molecular (C, N, S)}}$$

Para calcular las emisiones gaseosas en la combustión hemos seguido la siguiente formula:

$$m^3 \text{ Contaminante} / kg \text{ biomasa} = \frac{g \text{ Contaminante} / kg \text{ biomasa} \times 22,4}{\text{Peso molecular (CO}_2, \text{NO}_2, \text{SO}_2) \times 1000}$$

En la tabla 85 podemos ver el cálculo de las emisiones que produciría la combustión de cada una de las muestras que hemos analizado.

TABLA RESUMEN	ANÁLISIS C, H, N y S				EMISIONES GASEOSAS EN LA COMBUSTIÓN					
	C	H	N	S	g CO ₂ /kg biomasa	g NO ₂ /kg biomasa	g SO ₂ /kg biomasa	m ³ CO ₂ /kg biomasa	m ³ NO ₂ /kg biomasa	m ³ SO ₂ /kg biomasa
Almendra	48,80%	6,355%	0,907%	0,072%	1789,3333	29,7981	1,4326	0,9109	0,0145	0,0005
Caña	45,79%	6,157%	0,752%	0,199%	1678,9667	24,7119	3,9840	0,8547	0,0120	0,0014
Cáscara almendra	49,42%	6,400%	0,350%	0,027%	1812,0667	11,4967	0,5342	0,9225	0,0056	0,0002
Cerezo	48,01%	6,475%	1,252%	0,066%	1760,3667	41,1371	1,3254	0,8962	0,0200	0,0005
Rama olivo	47,30%	6,557%	0,533%	0,057%	1734,3333	17,4997	1,1368	0,8829	0,0085	0,0004
Hoja olivo	51,60%	7,244%	1,328%	0,121%	1892,0000	43,6343	2,4160	0,9632	0,0212	0,0008
Rama pino	49,00%	6,586%	0,441%	0,046%	1796,6667	14,4966	0,9100	0,9147	0,0071	0,0003
Hoja pino	49,67%	6,916%	1,020%	0,115%	1821,2333	33,5143	2,3040	0,9272	0,0163	0,0008

Tabla 85: Cálculo de contaminantes emitidos por la quema de las muestras

Fuente: Propia

4. Resultados y discusión

En la tabla 86 se muestran los resultados de todos los experimentos realizados y se compara con los valores que exige la norma *ENplus* (*ENplus*, 2015) para las diferentes calidades de pellet.

Podemos constatar cómo no hay ninguna materia prima analizada que cumpla con todas las condiciones para recibir el distintivo de calidad *ENplus*.

Norma	Humedad	Cenizas	Kcal/kg	Sólidos volátiles	C	H	N	S
<i>ENplus A1</i>	<=10%	<=0,7%	>=3940,96	No procede			<=0,3%	<=0,04%
<i>ENplus A2</i>		<=1,2%					<=0,5%	
<i>ENplus B</i>		<=2%					<=1%	<=0,05%

TABLA RESUMEN	Humedad	Cenizas	Kcal/kg	Sólidos volátiles	C	H	N	S	
Almendra	10,14%	3,20%	3681,12	73,63%	48,80%	6,355%	0,907%	0,072%	
Caña	52,43%	3,58%	4053,46	78,44%	45,79%	6,157%	0,752%	0,199%	
Cáscara almendra	10,30%	0,77%	3727,79	81,01%	49,42%	6,400%	0,350%	0,027%	
Cerezo	33,04%	2,85%	3643,33	77,42%	48,01%	6,475%	1,252%	0,066%	
Rama olivo	38,14%	2,44%	3588,21	3793,96	81,58%	47,30%	6,557%	0,533%	0,057%
Hoja olivo	46,03%	3,51%	4102,58		82,44%	51,60%	7,244%	1,328%	0,121%
Rama pino	26,54%	2,91%	4505,42	4553,72	78,15%	49,00%	6,586%	0,441%	0,046%
Hoja pino	46,32%	3,49%	4827,39		79,75%	49,67%	6,916%	1,020%	0,115%

Tabla 86: Resumen de los resultados obtenidos en todos los experimentos

Fuente: Propia

ANEXO VI: Distribución en planta

ÍNDICE ANEXO VI: Distribución en planta

1. Objetivos y justificación	161
2. Introducción	162
3. Áreas funcionales	163
4. Distribución de áreas.....	164
4.1. Área ocupada por las oficinas y el W.C.	164
4.2. Área ocupada por la maquinaria.....	164
4.3. Área ocupada por el producto terminado	164
4.3. Área ocupada por la materia prima	164
5. Tabla relacional de actividades	166
6. Diagrama relacional de actividades	168
7. Distribución en planta definitiva	170

1. Objetivos y justificación

Una vez escogida la parcela vamos a tener que distribuirla acorde a nuestras necesidades. Como se trata de una parcela con una nave construida debemos adaptarnos a la nave, aunque a la hora de distribuir su interior debemos ser lo más eficientes posible, ya que de ello dependerá el correcto funcionamiento de la planta y la eficacia de los trabajadores a la hora de realizar su trabajo.

Ésta es la función de este anexo, escoger la mejor distribución de la planta, para ello nos basaremos en el Systematic Layout Plannig o SLP, técnica creada por Richard Muther. Esta técnica consiste en estudiar, organizar y planificar todos los procesos que tienen lugar en un proyecto concreto para establecer una serie de técnicas y fases que permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos y las relaciones entre ellos (Colomer Mendoza, 2018).

Para ello se realizan una serie de estudios consistentes en analizar la cantidad de producto, analizar el recorrido del proceso, analizar las relaciones entre actividades mediante la elaboración de una tabla relacional de actividades y de un diagrama relacional de actividades, además de un análisis de la disponibilidad de espacios y de la elaboración de un diagrama relacional de espacios.

Todo esto finaliza con una evaluación de las posibles alternativas de distribución y con la elección de la que mejor se adapta a todo lo estudiado.

2. Introducción

Nuestra parcela tiene una superficie de exactamente 1296 m², con una nave de 500 m² y una superficie sin construir de 796 m². Distribuida tal y como se muestra en la ilustración 103.

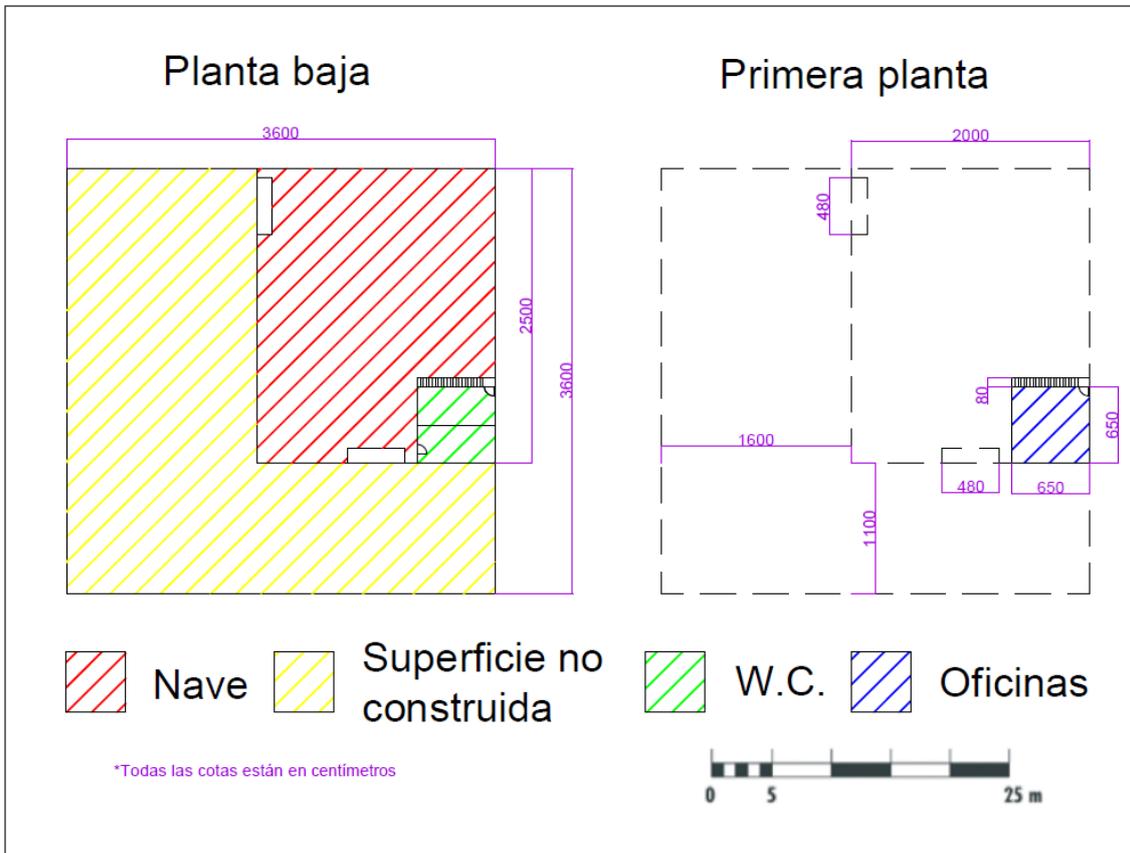


Ilustración 103: Distribución de la parcela
Fuente: Propia

3. Áreas funcionales

A continuación, se detallan las diferentes áreas funcionales que queremos que tenga nuestra planta:

- Zona de almacenaje de materia prima
 - Báscula
 - Almacén materia prima
- Zona de procesado
 - Tolva extractora de biomasa
 - Túnel de secado
 - Molino de martillos y cargador
 - Peletizadora
 - Enfriadora y tamizadora
 - Envasadora de big bags
- Zona de almacenaje del producto terminado
- Zona de oficinas
 - Oficinas
 - W.C.

4. Distribución de áreas

4.1. Área ocupada por las oficinas y el W.C.

Debido a que la nave ya está construida el área ocupada por estas zonas ya está definida. Por tanto, tenemos que la zona destinada al W.C. dispone de 42,25 m², y la zona destinada a oficinas esta justo en la planta de arriba, por lo que ocupa el mismo espacio.

4.2. Área ocupada por la maquinaria

Como ya calculamos anteriormente la maquinaria más la zona de holgura deberá ocupar un mínimo de 202,17 m² dentro de la nave, como vemos en la tabla 87.

CÁLCULO SUPERFICIE NECESARIA MAQUINARIA CON HOLSURA DE 1,5 METROS			
Máquina	Largo con holgura (m)	Ancho con holgura (m)	Superficie con holgura (m2)
Tolva con tornillo sinfín	7,2	5,2	37,44
Túnel de secado	10	3,9	39,00
Molino de martillos	Va encima cargador		0,00
Cargador	6,25	3,72	23,25
Peletizadora	4,81	3,96	19,05
Unidad de filtrado	5	4	20,00
Enfriadora	Va encima tamizadora		0,00
Tamizadora	4,75	3,8	18,05
Envasadora de big bags	4,72	4,72	22,28
Cintas transportadoras (3)	7	3,3	23,10
TOTAL			202,17

Tabla 87: Cálculo de la superficie necesaria para las máquinas con holgura de 1,5 metros

Fuente: Propia

4.3. Área ocupada por el producto terminado

El área que podemos usar para almacenar el producto terminado será la resta de la superficie ocupada por maquinaria y de la superficie de la oficina a la superficie de la nave. Sabiendo esto la superficie destinada a almacenar el producto terminado será:

$$500 \text{ m}^2 - 202,17 \text{ m}^2 - 42,25 \text{ m}^2 = 255,58 \text{ m}^2$$

Con este dato de superficie, podemos calcular la cantidad de producto terminado que podremos almacenar, sabiendo que un palet europeo mide aproximadamente un metro cuadrado. A parte también tenemos que tener en cuenta que debemos dejar un espacio para pasillos que será aproximadamente el 50% de la zona habilitada para almacenaje de producto terminado.

Por tanto, este cálculo nos da que podemos almacenar un total de 127 palets, con una big bag de un metro cúbico, como la densidad de los pellets es de 600 kg por metro cúbico, significa que hay 600 kg en cada una, lo que nos da un total de 76.200 kg almacenados.

4.3. Área ocupada por la materia prima

Disponemos de una zona sin construir con una superficie de 796 m², de los cuales 396 m² estarán destinados a parking y a la báscula, por tanto, nos quedan 400 m² para almacenar la materia prima. Como 400 m² para almacenar la materia prima es demasiado espacio hemos decidido dividir esta zona en dos partes iguales, una para que trabaje la carretilla elevadora y otra para almacenaje de la materia prima, con lo que finalmente disponemos de un área de 200 m² para almacenar la materia prima, con ocho metros de ancho y 25 de largo.

Para saber el volumen de materia prima que podemos almacenar calcularemos el volumen del montón que podemos almacenar en esa superficie, sabiendo que la carretilla elevadora tiene una altura máxima de trabajo de tres metros y medio, aunque nosotros la reduciremos a 2,5 m para que el trabajador pueda realizar su trabajo con mayor facilidad y rapidez. En la ilustración 104 podemos ver una vista en planta y alzado del montón con las cotas en milímetros.

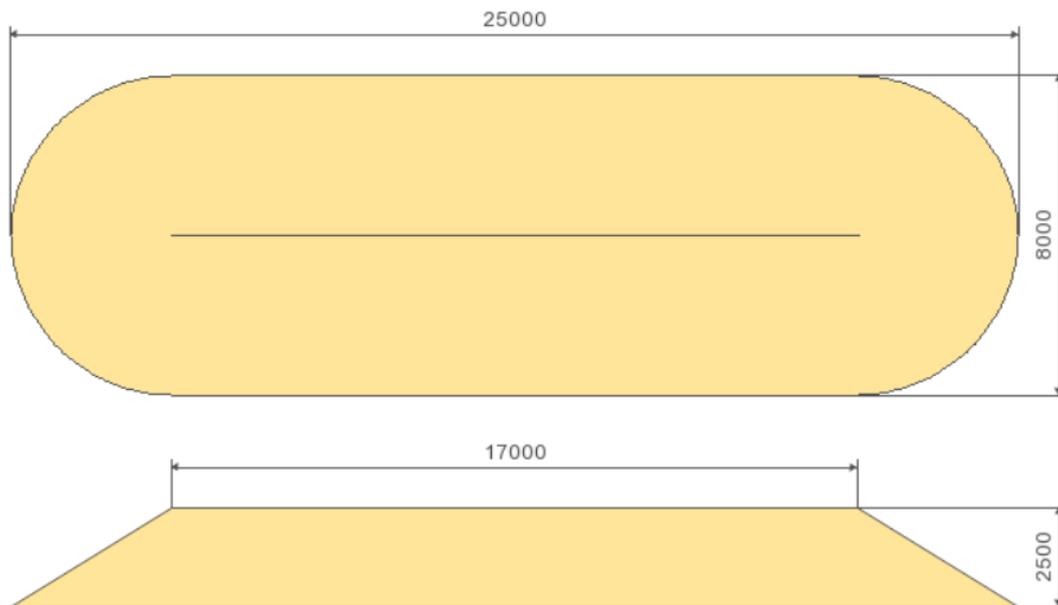


Ilustración 104: Dimensiones del montón de materia prima
 Fuente: http://www.zhitov.ru/es/volume_gravel/

Con estos datos calculamos con la calculadora “http://www.zhitov.ru/es/volume_gravel/” que el volumen de materia prima que podemos almacenar en el montón es de 211,8 m³.

Sabiendo que la densidad de la madera triturada es aproximadamente de 250 kg por metro cubico, obtenemos que en el montón podemos almacenar hasta 52,75 toneladas de materia prima. Que como vemos en la tabla 88, corresponde a aproximadamente la cantidad de materia prima que podemos obtener en una semana.

CÁLCULO DE ENTRADA DE MATERIA PRIMA	
Toneladas/Año	2261,53
Toneladas/Mes	188,46
Toneladas/Semana	45,23
Toneladas/Día	9,05
Kilogramos/Hora	1292,30

Tabla 88: Cálculo de entrada de materia prima
 Fuente: Propia

Esto será de gran ayuda, debido a la irregularidad de la entrada de la materia prima, ya que los calendarios de poda son muy irregulares a lo largo del año.

5. Tabla relacional de actividades

La tabla relacional de actividades es una tabla en la que se comparan todas las actividades que tendrán lugar en la empresa entre ellas y se valora la idoneidad de su proximidad.

En primer lugar, vamos a nombrar todas las actividades que tienen lugar en la empresa, que son:

1. Pesado en la báscula
2. Almacenado de la materia prima
3. Llenado de la tolva extractora
4. Secado
5. Molido
6. Pelletizado
7. Enfriado y tamizado
8. Envasado
9. Almacenado de producto final
10. Actividades de oficina
11. Actividades de aseo

El siguiente paso es valorar las actividades en una tabla relacional de actividades, para valorar la idoneidad de su proximidad se usan una serie de letras que se detallan en la tabla 89:

Letra	Relación
A	Absolutamente necesaria
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinaria
U	Sin importancia
X	Rechazable

Tabla 89: Letras en función de la idoneidad
Fuente: Propia

La tabla relacional de actividades se muestra en la tabla 90, en ella podemos ver como generalmente los procesos de la cadena de producción que van seguidos requieren de una relación absolutamente necesaria, mientras que las maquinas, en general, es rechazable que estén cerca de las oficinas y el W.C.

Báscula	Almacén materia prima	Tolva extractra	Túnel de secado	Molino de martillos + Cargador	Pelletizadora	Enfriadora + Tamizadora	Envasadora de big bags	Almacén producto terminado	Oficinas	W.C.	
·	A	U	U	U	U	U	I	A	E	U	Báscula
·	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Almacén materia prima
·	A	U	X	X	X	X	X	X	X	X	Tolva extractra
·	A	E	U	O	X	X	X	X	X	X	Túnel de secado
·	A	E	X	X	X	X	X	X	X	X	Molino de martillos + Cargador
·	A	E	O	X	X	X	X	X	X	X	Pelletizadora
·	A	E	X	X	X	X	X	X	X	X	Enfriadora + Tamizadora
·	A	U	U	X	X	X	X	X	X	X	Envasadora de big bags
·	A	U	X	X	X	X	X	X	X	X	Almacén producto terminado
·	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Oficinas
·	A	X	X	X	X	X	X	X	X	X	W.C.

Tabla 90: Tabla relacional de actividades

Fuente: Propia

6. Diagrama relacional de actividades

El diagrama relacional de actividades es una expresión visual de la tabla relacional de actividades. Recordamos las actividades desarrolladas por la empresa que son:

1. Pesado en la báscula
2. Almacenado de la materia prima
3. Llenado de la tolva extractora
4. Secado
5. Molido
6. Pelletizado
7. Enfriado y tamizado
8. Envasado
9. Almacenado de producto final
10. Actividades de oficina
11. Actividades de aseo

En la ilustración 105 podemos ver que el número relacionado con cada una de estas actividades está dentro de una circunferencia. Para contrastar la relación entre las actividades estas están unidas con un color que representa la idoneidad de su cercanía tal y como se muestra en la tabla 91.

Color	Relación
Verde	Absolutamente necesaria
Verde claro	Especialmente importante
Amarillo	Importante
Naranja	Ordinaria
Gris	Sin importancia
Rojo	Rechazable

Tabla 91: Color en función de la idoneidad

Fuente: Propia

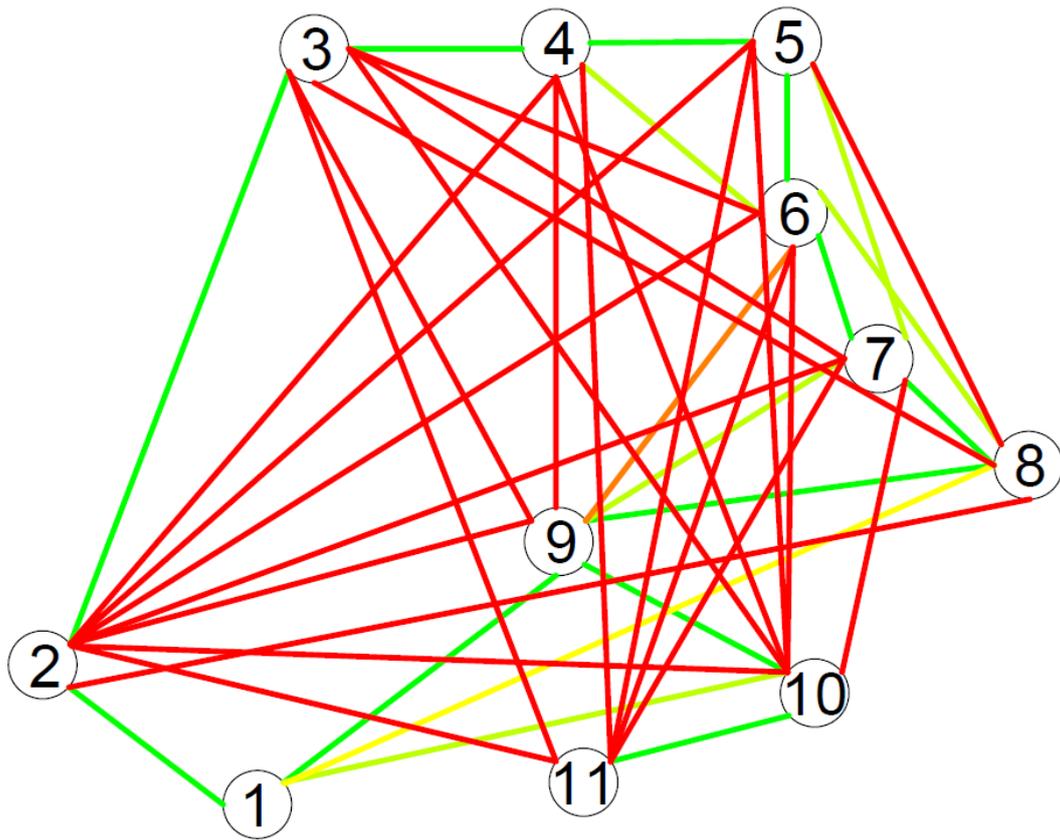


Ilustración 105: Diagrama relacional de actividades
Fuente: Propia

7. Distribución en planta definitiva

Teniendo en cuenta toda la información obtenida con la distribución de áreas, la tabla relacional de actividades y el diagrama relacional de actividades, hemos decidido que la mejor distribución para la planta de procesamiento de pellets es la que se muestra en la ilustración 106.

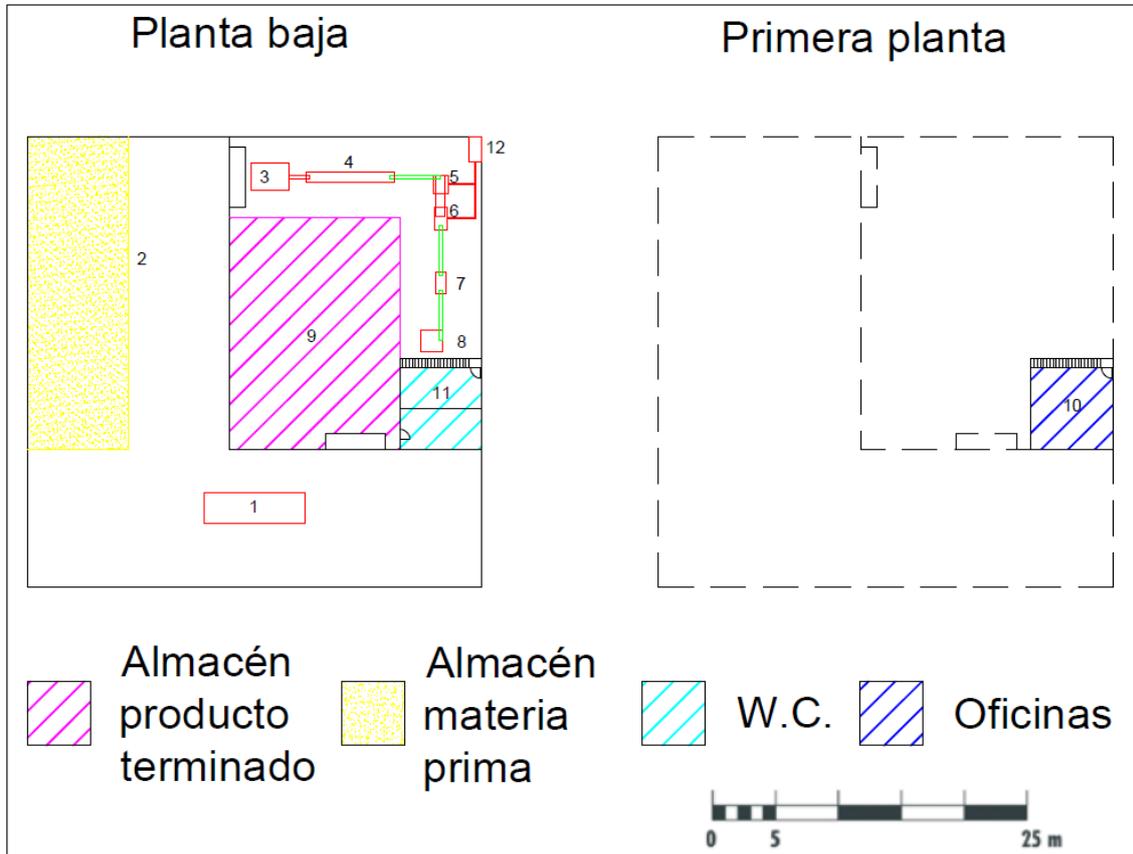


Ilustración 106: Distribución en planta definitiva

Fuente: Propia

Leyenda de actividades:

1. Pesado en la báscula
2. Almacenado de la materia prima
3. Llenado de la tolva extractora
4. Secado
5. Molido
6. Pelletizado
7. Enfriado y tamizado
8. Envasado
9. Almacenado de producto final
10. Actividades de oficina
11. Actividades de aseo
12. Aspirado

ANEXO V: Instalación de iluminación

ÍNDICE ANEXO V: Instalación de iluminación

1. Introducción	173
2. Iluminación de la nave	174
2.1. Características de las lámparas y de las luminarias.	174
2.2. Distribución de las luminarias	178
3. Iluminación oficinas.....	180
3.1. Características de las lámparas y de las luminarias.	180
3.2. Distribución de las luminarias	184
4. Iluminación W.C.	186
4.1. Características de las lámparas y de las luminarias.	186
4.2. Distribución de las luminarias	187
5. Exterior	189
5.1. Características de las lámparas y de las luminarias.	189
5.2. Distribución de las luminarias	193

1. Introducción

El objetivo de este anexo es explicar cómo se han realizado las operaciones necesarias para dotar a nuestra instalación de una iluminación adecuada, tal y como marca la norma (UNE-EN 12464-1, 2012).

Hemos dividido la parcela en 4 zonas, con requerimientos de iluminación diferente.

- **Nave:** zona donde se realiza el proceso de producción de pellets, con un requerimiento mínimo de 200 lux y una uniformidad de 0,4.
- **Oficinas:** zona de gestión con un requerimiento mínimo de 300 lux y una uniformidad de 0,8.
- **W.C.:** zona de aseos con un requerimiento mínimo de 200 lux y una uniformidad de 0,4.
- **Exterior:** zona de la parcela no cubierta, situada en el exterior de la nave y donde se almacenará la materia prima, requiere un mínimo de 100 lux y una uniformidad de 0,4.

2. Iluminación de la nave

Según la norma UNE 12464_1 la iluminación necesaria para nuestra nave es de 200 lux y de una uniformidad de 0,4, ya que se trata de una actividad de tipo industrial que no requiere la percepción de los detalles.

2.1. Características de las lámparas y de las luminarias.

Hemos escogido una lámpara integrada en una luminaria, es la que vemos en las ilustraciones 107 y 108, la BY120P G3 LED105S/840 PSU WB GR Generation 3 - LED module, system flux 10500 lm - 840 blanco neutro - Fuente de alimentación - Haz ancho - GR.



Ilustración 107: Lámpara escogida para el interior de la nave

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/campanas-industriales-y-campanas-decorativas/campanas-industriales/coreline-campana>

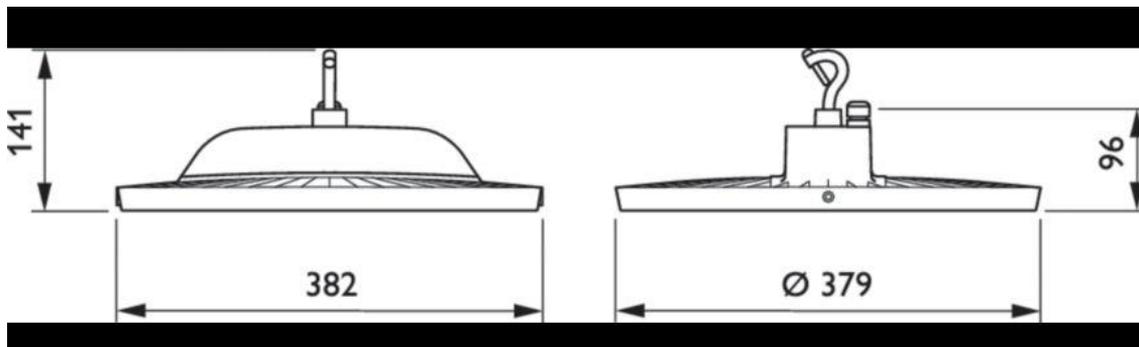


Ilustración 108: Medidas de la lámpara

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/campanas-industriales-y-campanas-decorativas/campanas-industriales/coreline-campana>

Los datos de esta lámpara-luminaria se muestran a continuación en las tablas 92 y 93. Como vemos se trata de una luminaria con una IP65, lo que le confiere protección frente a la penetración de polvo, característica esencial en nuestra planta, y protección frente a chorros de agua a presión.

Información general

Número de fuentes de luz	1 [1 pieza]	Clase de protección IEC	Seguridad clase I
Código familia de lámparas	LED105S [LED module, system flux 10500 lm]	Test del hilo incandescente	Temperatura 650 °C, duración 5 s
Ángulo del haz de fuente de luz	- °	Marca de inflamabilidad	F [F]
Temperatura de color	840 blanco neutro	Marca CE	Marcado CE
Fuente de luz sustituible	No	Certificado ENEC	No
Número de unidades de equipo	1	Remarks	*-Per Lighting Europe guidance paper "Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018": statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value.
Driver/unidad de potencia/transformador	PSU [Fuente de alimentación]	Flujo luminoso constante	No
Driver incluido	Si	Número de productos en MCB	11
Tipo de óptica	WB [Haz ancho]	Certificado RoHS	ROHS
Tipo lente/cubierta óptica	PC [Policarbonato]		
Apertura de haz de luz de la luminaria	100°		
Interfaz de control	No		
Connection	Unidad de conexión de 3 polos		
Cable	Cord 0.5 m with cable connector 3-pole		

Operativos y eléctricos

Tensión de entrada	220-240 V	Corriente de arranque	46 A
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz	Tiempo de irrupción	0,44 ms
Voltaje de señal de control	-	Factor de potencia (mín.)	0.9
Consumo medio de energía CLO	false W		

Controles y regulación

Regulable	No
-----------	----

Mecánicos y de carcasa

Material de la carcasa	Aluminio	Longitud total	382 mm
Material del reflector	-	Anchura total	379 mm
Material óptico	PC	Altura total	141 mm
Material cubierta óptica/lente	Policarbonato	Diámetro total	379 mm
Material de fijación	-	Diámetro	No
Acabado cubierta óptica/lente	Clara	Color	GR

Tabla 92: Características de la lámpara de la nave/1

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/campanas-industriales-y-campanas-decorativas/campanas-industriales/coreline-campana>

Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP65 [Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]	Índice de protección frente a choque mecánico	IK07 [IK07]
--	--	--	--------------

Rendimiento inicial (conforme con IEC)

Flujo lumínico inicial	10500 lm	Inic. Índice de reproducción del color	≥80
Tolerancia de flujo lumínico	+/-10%	Cromacidad inicial	(0.38, 0.38) SDCM <5
Eficacia de la luminaria LED inicial	125 lm/W	Potencia de entrada inicial	85 W
Índice inic. de temperatura de color	4000 K	Tolerancia de consumo de energía	+/-10%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)

Control gear failure rate at median useful life 50000 h	5 %
Lumen maintenance at median useful life* 50000 h	L70

Condiciones de aplicación

Rango de temperatura ambiente	-30 °C a +45 °C	Apta para encendidos y apagados aleatorios	Sí
Performance ambient temperature Tq	25 °C		
Nivel máximo de regulación	-		

Datos de producto

Código de producto completo	871016330144000	Cantidad por paquete	1
Nombre de producto del pedido	BY120P G3 LED105S/840 PSU WB GR	Numerador - Paquetes por caja exterior	1
EAN/UPC - Producto	8710163301440	N.º de material (12NC)	911401505331
Código de pedido	30144000	Peso neto (pieza)	3,300 kg

Tabla 93: Características de la lámpara de la nave/2

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/campanas-industriales-y-campanas-decorativas/campanas-industriales/coreline-campana>

En la ilustración 109 podemos ver los datos fotométricos de la luminaria escogida para la nave, según el fabricante esta luminaria está diseñada para sustituir a las luminarias convencionales con HPI 250/400 W, CoreLine campana proporciona a los usuarios todas las ventajas de la iluminación LED: calidad de luz fresca, larga vida útil de servicio y menores costes de energía y mantenimiento. Además, proporciona ventajas muy claras al instalador. La luminaria se puede instalar en la red existente. La conexión eléctrica es sencilla: no es necesario abrir la luminaria para su instalación ni su mantenimiento. Y como es más pequeña y ligera que las luminarias convencionales, se maneja muy fácilmente.

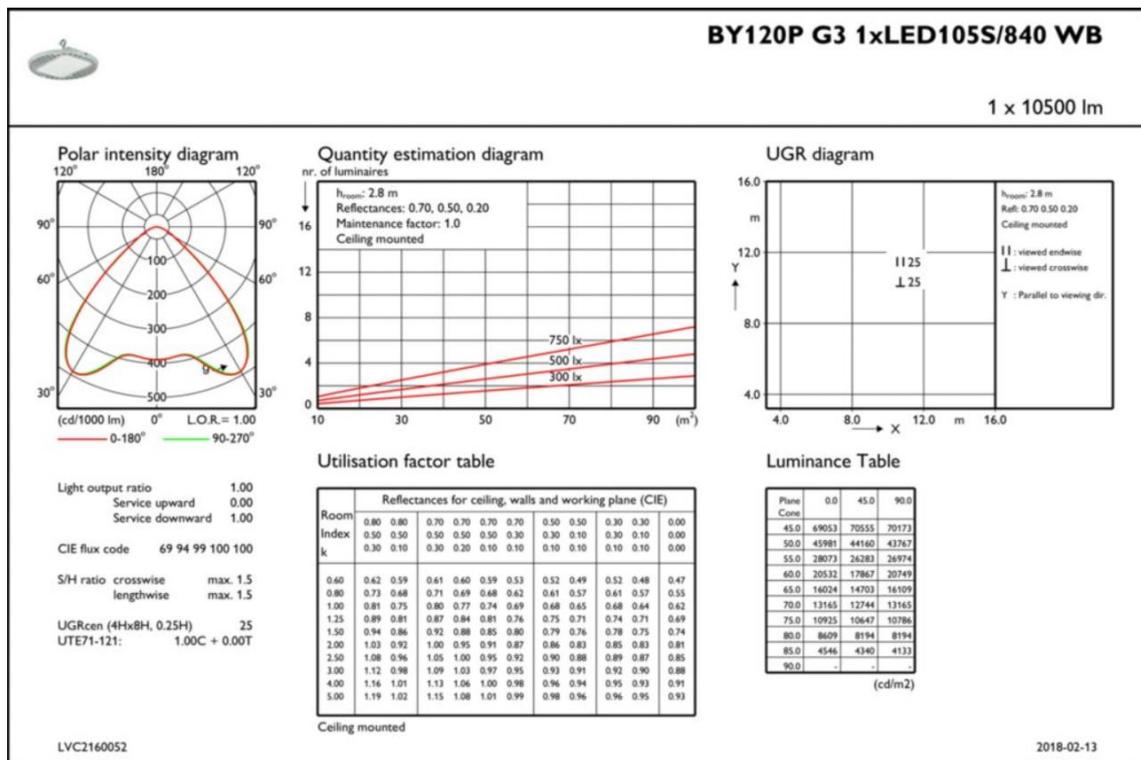


Ilustración 109: Datos fotométricos de la luminaria

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/campanas-industriales-y-campanas-decorativas/campanas-industriales/coreline-campana>

2.2. Distribución de las luminarias

Como vemos en la tabla 94 necesitaremos 11 luminarias, como cada una tiene una potencia de 85 W, se requerirán 935 W de potencia para iluminar la nave.

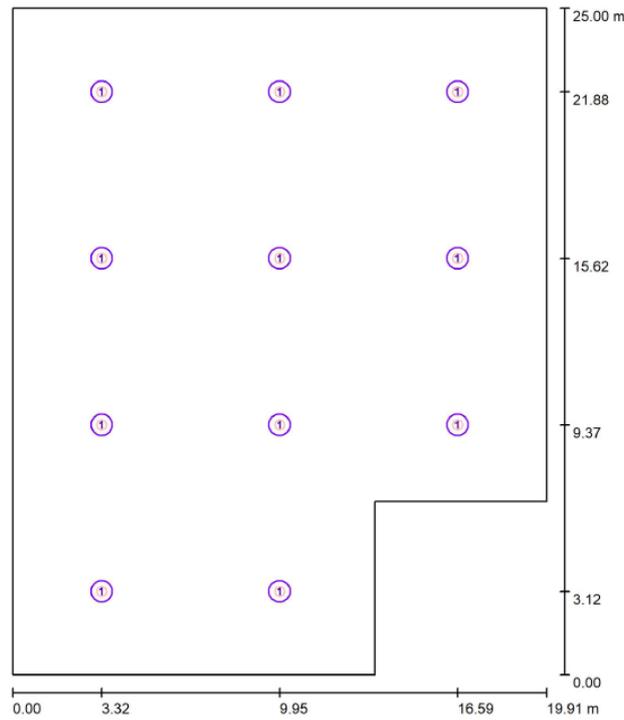
Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	11	PHILIPS BY120P G3 1xLED105S/840 WB (1.000)	10500	10500	85.0
			Total: 115500	Total: 115500	935.0

Valor de eficiencia energética: $2.05 \text{ W/m}^2 = 0.97 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 456.03 m^2)

Tabla 94: Potencia necesaria para la iluminación de la nave.
Fuente: Propia (DIALux)

La distribución de las luminarias en la nave se muestra en las ilustraciones 110 y 111.



Escala 1 : 170

Ilustración 110: Disposición de las luminarias
Fuente: Propia (DIALux)

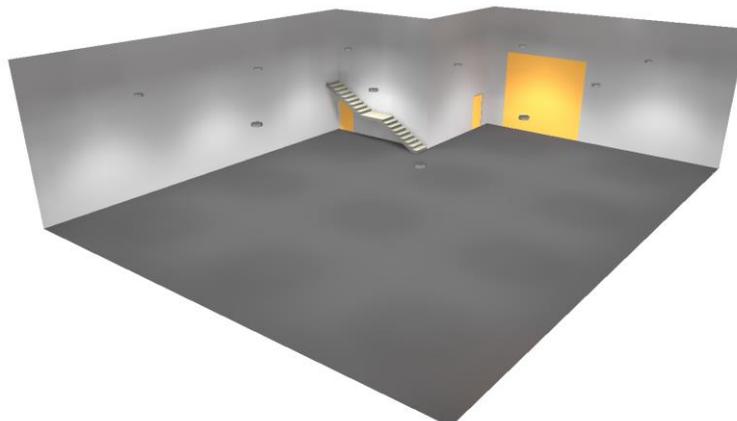


Ilustración 111: Simulación 3D, de la disposición de las luminarias
Fuente: Propia (DIALux)

A partir de esta distribución hemos obtenido un diagrama isolux con el programa DIALux, que se muestra en la ilustración 112.

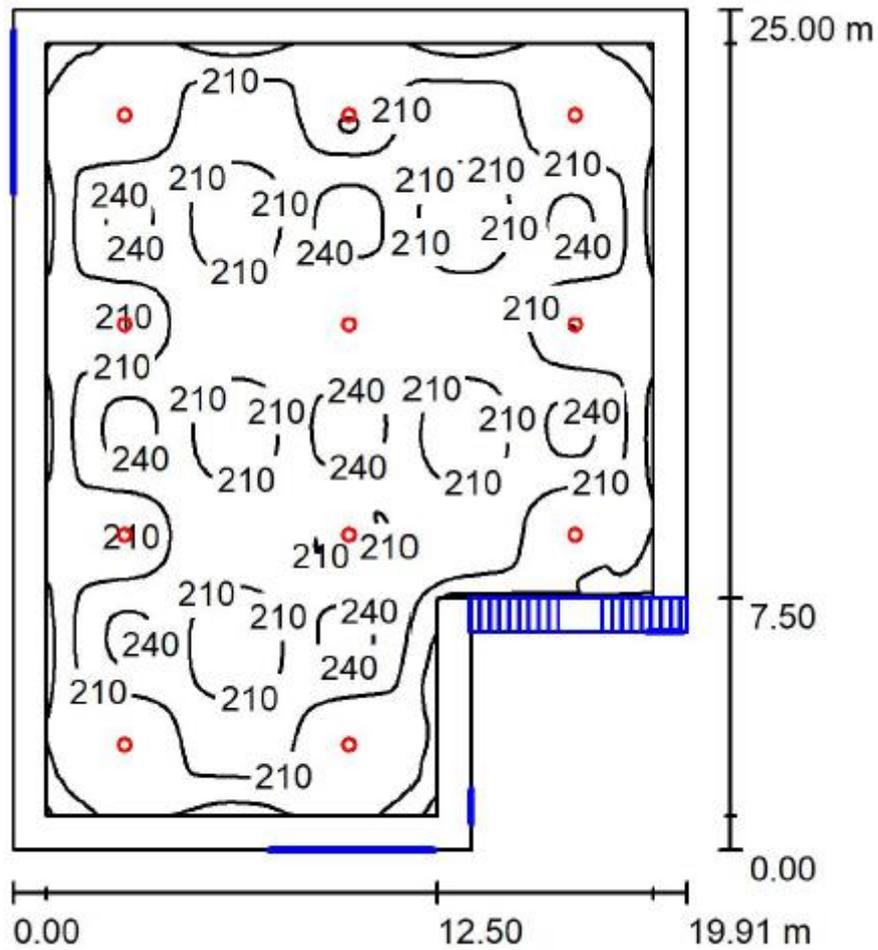


Ilustración 112: Diagrama isolux de la nave
Fuente: Propia (DIALux)

Con esta distribución el programa nos proporcionó los datos mostrados en la tabla 95. Como podemos ver la iluminancia media es de 211 lux, superior al valor de 200 lux que marca la norma. Además, la uniformidad es de 0,652, superior a los 0,2 que pide la norma.

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	211	137	256	0.652
Suelo	20	187	23	237	0.124
Techo	70	33	22	45	0.661
Paredes (6)	50	57	18	151	/

Tabla 95: Datos de iluminación de la nave
Fuente: Propia (DIALux)

3. Iluminación oficinas

Según la norma UNE 12464_1 la iluminación necesaria para nuestra zona de oficinas es de 300 lux y de una uniformidad de 0,8, ya que se trata de una actividad que requiere una correcta visión del plano sobre el que se trabaja.

3.1. Características de las lámparas y de las luminarias.

Hemos escogido una lámpara integrada en una luminaria, es la que vemos en las ilustraciones 113 y 114, la RC132V LED34S/830 PSU W60L60 OC, 830 blanco cálido - Fuente de alimentación.



Ilustración 113: Imagen de la luminaria escogida.

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/luminarias-empotrables/coreline-panel>

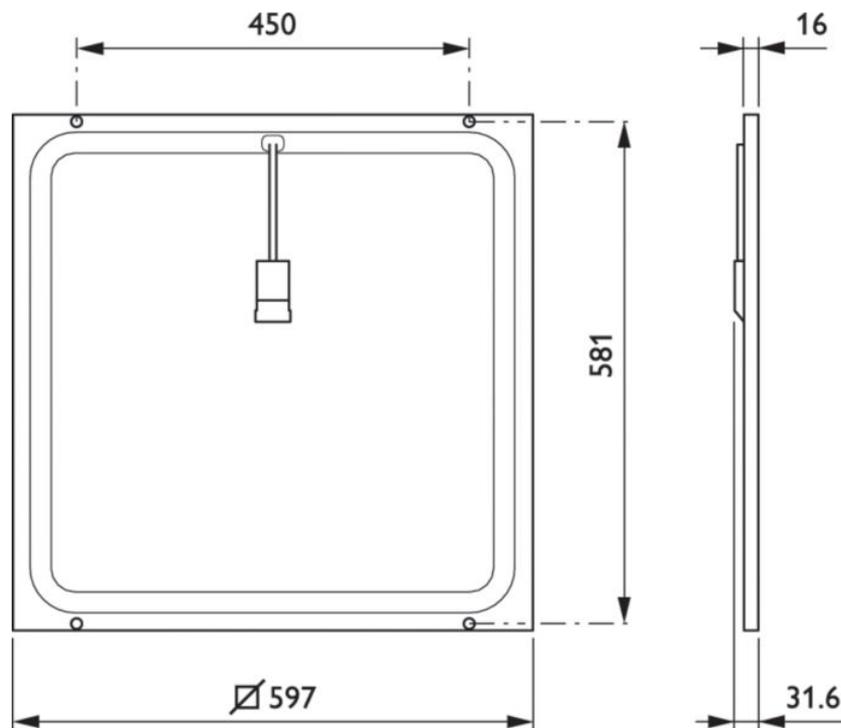


Ilustración 114: Dimensiones de la lámpara escogida

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/luminarias-empotrables/coreline-panel>

Los datos de esta lampara-luminaria se muestran a continuación en las tablas 96 y 97. Como vemos se trata de una luminaria con una IP2044, lo que le confiere protección de los dedos; protección de los cables, protección frente a salpicaduras.

Información general

Ángulo del haz de fuente de luz	120 °	Marca CE	Marcado CE
Temperatura de color	830 blanco cálido	Certificado ENEC	Marcado ENEC
Fuente de luz sustituible	No	Período de garantía	5 años
Número de unidades de equipo	1	Remarks	*-Per Lighting Europe guidance paper "Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018": statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value.
Driver/unidad de potencia/transformador	PSU [Fuente de alimentación]		
Driver incluido	Si		
Tipo de óptica	90 [Ángulo del haz de 90°]		
Apertura de haz de luz de la luminaria	90° x 90°		
Interfaz de control	No		
Connection	Conector push-in y retenedor	Flujo luminoso constante	Sí
Cable	No	Número de productos en MCB	24
Clase de protección IEC	Seguridad clase II	Certificado RoHS	ROHS
Test del hilo incandescente	Temperatura 650 °C, duración 30 s	Índice de deslumbramiento unificado CEN	19
Marca de inflamabilidad	F [F]		

Operativos y eléctricos

Tensión de entrada	220-240 V	Corriente de arranque	6 A
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz	Tiempo de irrupción	0,3 ms
Consumo medio de energía CLO	33 W	Factor de potencia (mín.)	0,9

Controles y regulación

Regulable	No
-----------	----

Mecánicos y de carcasa

Material de la carcasa	Aluminio	Acabado cubierta óptica/lente	Ópalo
Material del reflector	-	Longitud total	597 mm
Material óptico	-	Anchura total	597 mm
Material cubierta óptica/lente	Polimetileno metacrilato	Altura total	32 mm
Material de fijación	Aluminum	Color	WH

Tabla 96: Características de la luminaria escogida para la oficina/1

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/luminarias-empotrables/coreline-panel>

Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP20/44 [Protección de los dedos; protección de los cables, protección frente a salpicaduras]	Índice de protección frente a choque mecánico	IK03 [IK03]
--	--	--	-------------

Rendimiento inicial (conforme con IEC)

Flujo lumínico inicial	3400 lm	Inic. Índice de reproducción del color	≥80
Tolerancia de flujo lumínico	+/-10%	Cromacidad inicial	(0.38, 0.38) SDCM <3
Eficacia de la luminaria LED inicial	105 lm/W	Potencia de entrada inicial	33 W
Índice inic. de temperatura de color	3000 K	Tolerancia de consumo de energía	+/-10%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)

Control gear failure rate at median useful life 50000 h	5 %
Lumen maintenance at median useful life* 50000 h	L75

Condiciones de aplicación

Rango de temperatura ambiente	+10 °C a +40 °C	Apta para encendidos y apagados aleatorios	-
Performance ambient temperature Tq	25 °C		
Nivel máximo de regulación	-		

Datos de producto

Código de producto completo	871869938099100	Cantidad por paquete	1
Nombre de producto del pedido	RC132V LED34S/830 PSU W60L60 OC	Numerador - Paquetes por caja exterior	1
EAN/UPC - Producto	8718699380991	N.º de material (12NC)	910503910311
Código de pedido	38099100	Peso neto (pieza)	2,750 kg

Tabla 97: Características de la luminaria escogida para la oficina/2

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/luminarias-empotrables/coreline-panel>

En la ilustración 115 podemos ver la curva fotométrica de la luminaria escogida para la zona de oficinas, el fabricante describe esta luminaria como tecnología LED que proporciona una luz uniforme de excelente calidad tanto si se trata de un nuevo edificio como de un espacio rehabilitado, los clientes prefieren soluciones de iluminación que combinen luz de calidad con un sustancial ahorro de energía y de mantenimiento. La nueva gama de productos LED CoreLine Panel puede emplearse para sustituir las luminarias funcionales en aplicaciones generales de iluminación. Actualmente se encuentra disponible tanto en versión que cumple la normativa para oficinas (OC) como en versión que no cumple dicha normativa (NOC). El proceso de selección, instalación y mantenimiento es sencillísimo.

Emisión de luz 1:

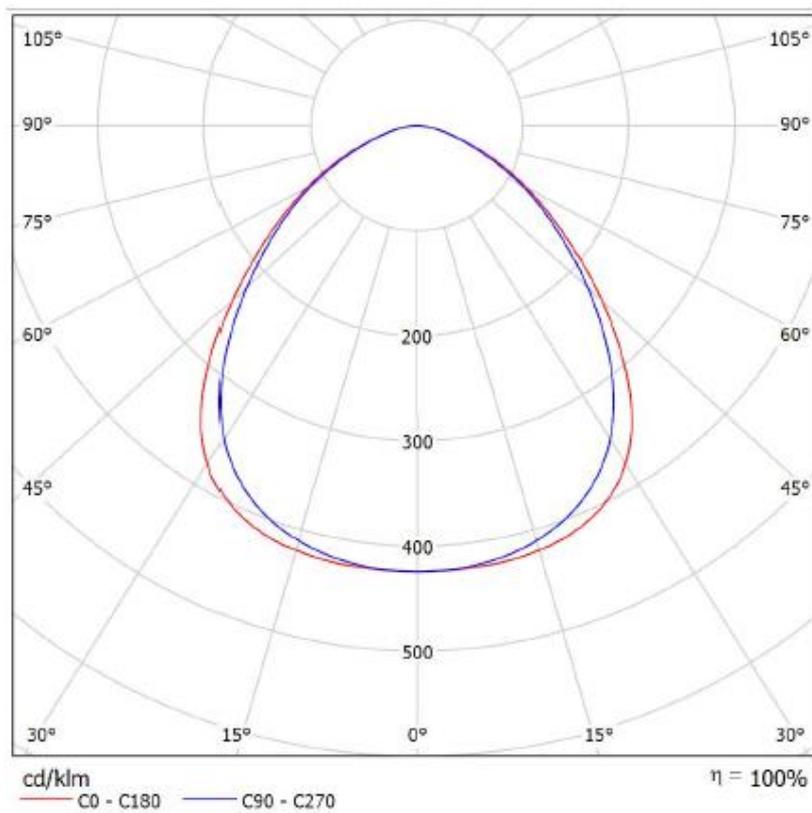


Ilustración 115: Curva fotométrica de la luminaria escogida para la oficina

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/luminarias-empotrables/coreline-panel>

3.2. Distribución de las luminarias

Como vemos en la tabla 98 necesitaremos 9 luminarias, como cada una tiene una potencia de 33 W, se requerirán 297 W de potencia para iluminar las oficinas.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	PHILIPS RC132V W60L60 1 xLED34S/830 OC (1.000)	3400	3400	33.0
			Total: 30600	Total: 30600	297.0

Valor de eficiencia energética: 7.03 W/m² = 1.27 W/m²/100 lx (Base: 42.25 m²)

Tabla 98: Energía necesaria para iluminar las oficinas
Fuente: Propia (DIALux)

La distribución de las luminarias en las oficinas se muestra en las ilustraciones 116 y 117.

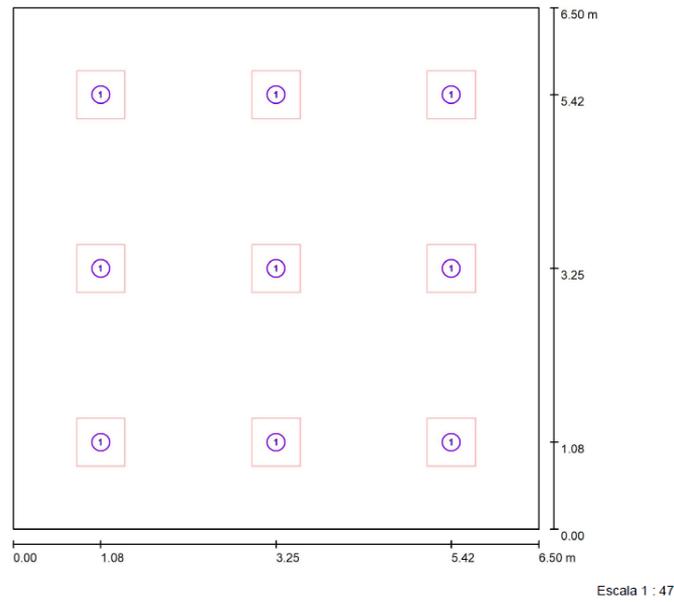


Ilustración 116: Distribución de las luminarias en la oficina
Fuente: Propia (DIALux)

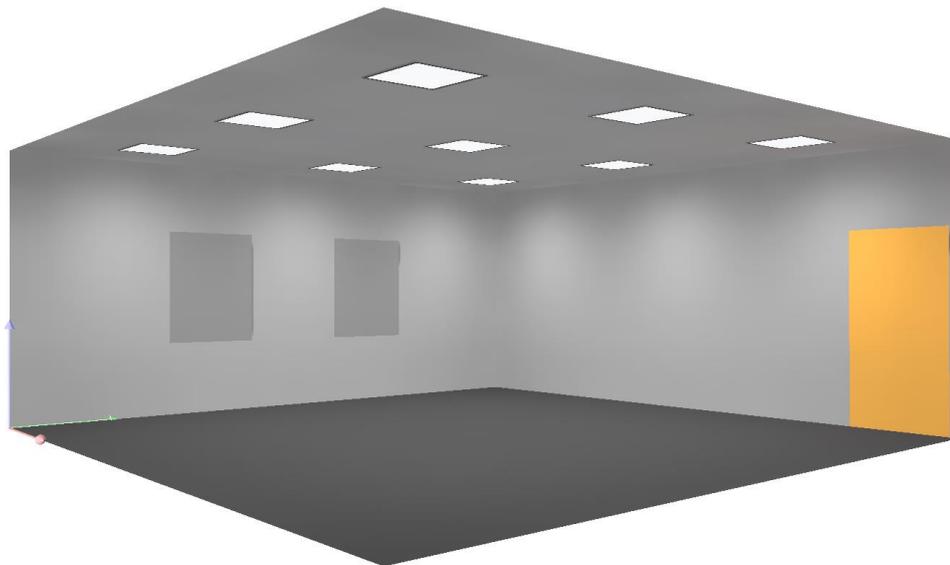


Ilustración 117: Representación 3D de la distribución de las luminarias en la oficina.
Fuente: Propia (DIALux)

A partir de esta distribución hemos obtenido un diagrama isolux con el programa DIALux, que se muestra en la ilustración 118.

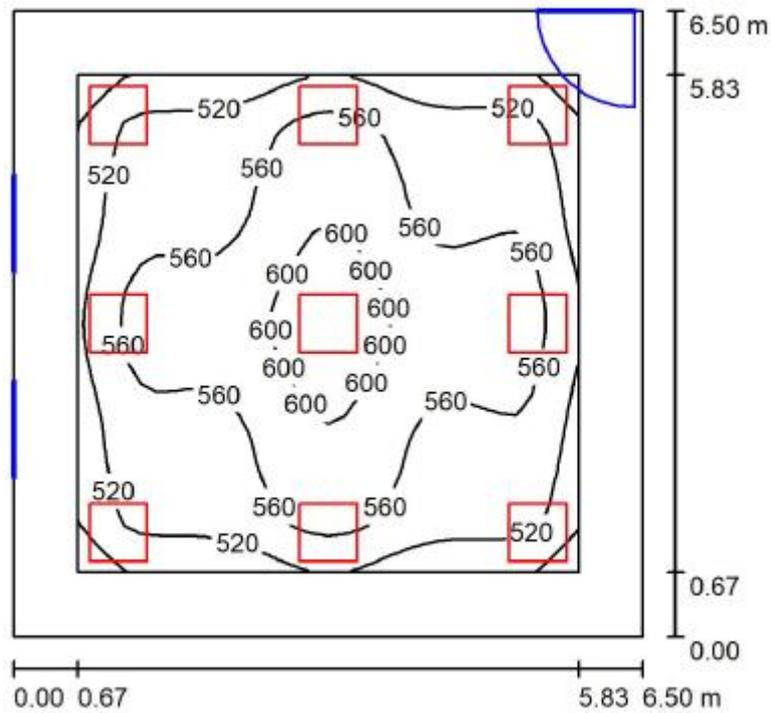


Ilustración 118: Diagrama isolux de la oficina
Fuente: Propia (DIALux)

Con esta distribución el programa nos proporcionó los datos mostrados en la tabla 99. Como podemos ver la iluminancia media es de 551 lux, superior al valor de 300 lux que marca la norma. Además, la uniformidad es de 0,802, superior a los 0,8 que pide la norma.

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	551	442	624	0.802
Suelo	20	431	261	540	0.606
Techo	70	98	71	112	0.727
Paredes (4)	50	228	89	344	/

Tabla 99: Cálculos de iluminación de la oficina
Fuente: Propia (DIALux)

4. Iluminación W.C.

Según la norma UNE 12464_1 la iluminación necesaria para nuestra zona de W.C. es de 200 lux y de una uniformidad de 0,4, ya que se trata de una actividad que no requiere de unas altas exigencias lumínicas.

4.1. Características de las lámparas y de las luminarias.

Hemos escogido la misma lámpara integrada en una luminaria que en el apartado anterior, con las mismas características descritas en el punto anterior, es la que vemos en la ilustración 119, la RC132V LED34S/830 PSU W60L60 OC, 830 blanco cálido - Fuente de alimentación.



Ilustración 119: Lámparas escogidas para el W.C.

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-interior/luminarias-empotrables/coreline-panel>

4.2. Distribución de las luminarias

Como vemos en la tabla 100 necesitaremos 4 luminarias, como cada una tiene una potencia de 33 W, se requerirán 132 W de potencia para iluminar la zona de W.C.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	4	PHILIPS RC132V W60L60 1 xLED34S/830 OC (1.000)	3400	3400	33.0
			Total: 13600	Total: 13600	132.0

Valor de eficiencia energética: 3.12 W/m² = 1.51 W/m²/100 lx (Base: 42.25 m²)

Tabla 100: Potencia necesaria para iluminar el W.C.

Fuente: Propia (DIALux)

La distribución de las luminarias en las oficinas se muestra en las ilustraciones 120 y 121.

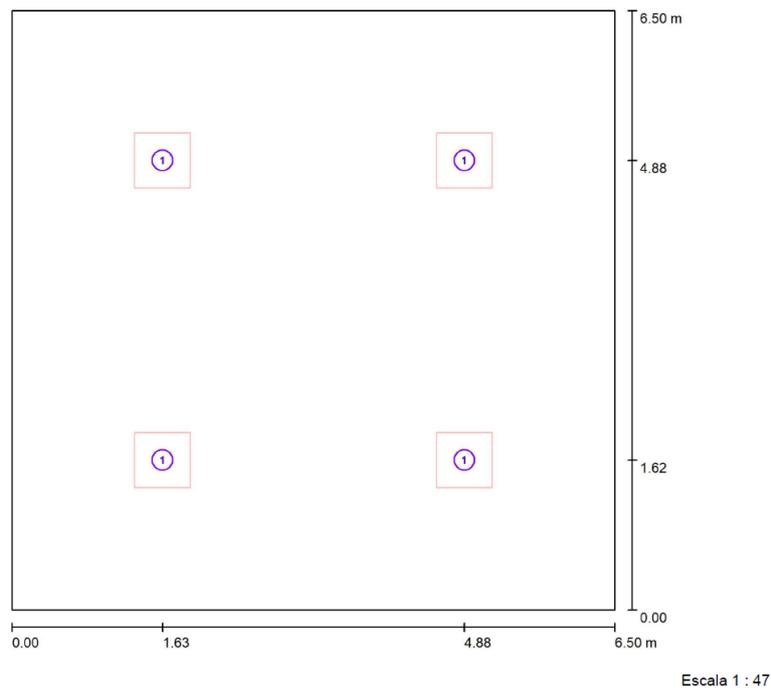


Ilustración 120: Distribución de las luminarias en el W.C.

Fuente: Propia

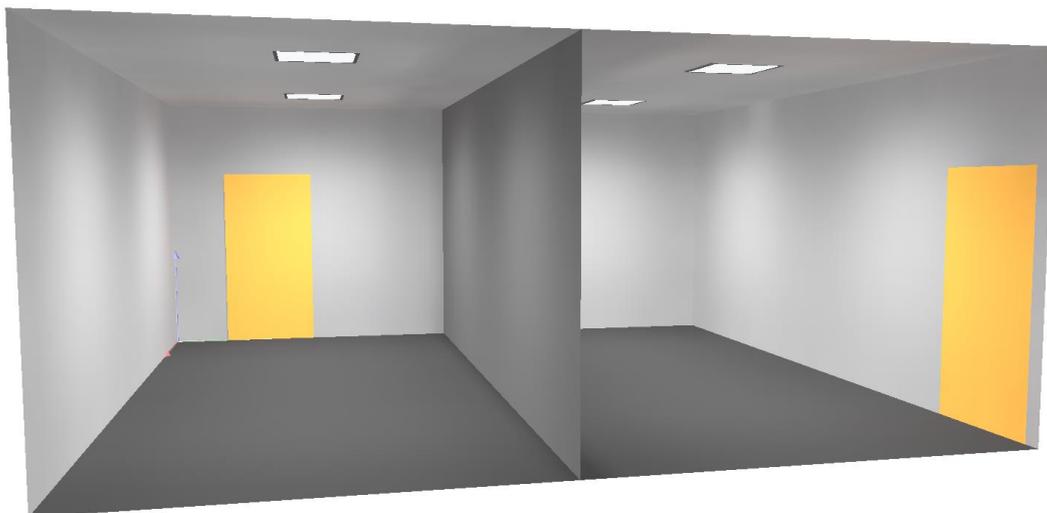


Ilustración 121: Simulación 3D de la distribución de las luminarias en el W.C.

Fuente: Propia (DIALux)

A partir de esta distribución hemos obtenido un diagrama isolux con el programa DIALux, que se muestra en la ilustración 122.

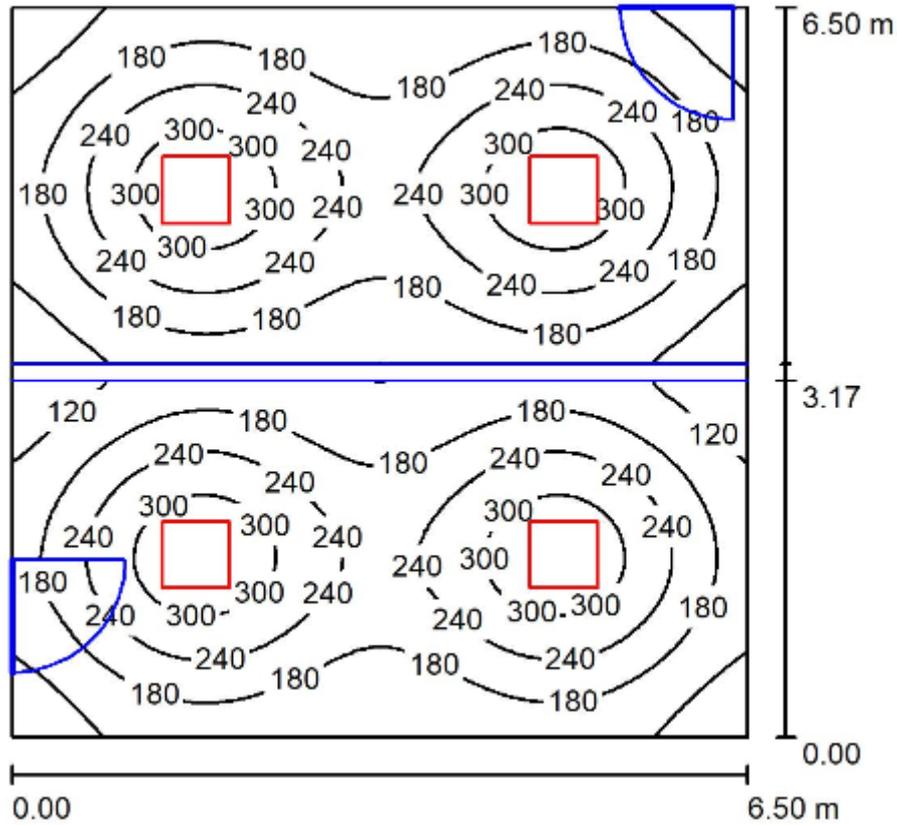


Ilustración 122: Diagrama isolux del W.C.
Fuente: Propia (DIALux)

Con esta distribución el programa nos proporcionó los datos mostrados en la tabla 101. Como podemos ver la iluminancia media es de 207 lux, superior al valor de 200 lux que marca la norma. Además, la uniformidad es de 0,392, casi igual a los 0,4 que pide la norma.

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	207	81	341	0.392
Suelo	20	158	40	206	0.256
Techo	70	31	19	37	0.605
Paredes (4)	50	79	19	132	/

Tabla 101: Cálculos lumínicos del W.C.
Fuente: Propia (DIALux)

5. Iluminación exterior

Según la norma UNE 12464_1 la iluminación necesaria para nuestra zona exterior es de 100 lux y de una uniformidad de 0,4, ya que se trata de una actividad que no requiere de unas altas exigencias lumínicas.

5.1. Características de las lámparas y de las luminarias.

Hemos escogido una lámpara integrada en una luminaria, es la que vemos en las ilustraciones 123 y 124. Es la ClearWay gen2 BGP307 LED120-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48 ClearWay gen2 - LED module, system flux 12000 lm – 740 blanco neutro - Seguridad clase I - Distribución media 50 - Universal para diámetro de 48-60 mm ajustable.



Ilustración 123: Luminaria escogida para el exterior

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-exterior/alumbrado-publico-y-residencial/luminarias-publico-y-residencial/clearway-gen2>

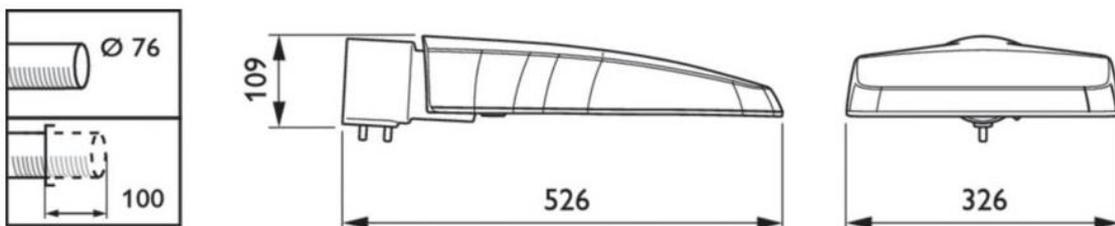


Ilustración 124: Dimensiones de la lámpara escogida para el exterior

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-exterior/alumbrado-publico-y-residencial/luminarias-publico-y-residencial/clearway-gen2>

Los datos de esta lámpara-luminaria se muestran a continuación en las tablas 102 y 103. Como vemos se trata de una luminaria con una IP66, lo que le confiere protección frente a la penetración de polvo, característica esencial en nuestra planta, y protección frente a chorros de agua a presión.

Información general

Código familia de lámparas	LED120S [LED module, system flux 12000 lm]	Optic type outdoor	Distribución media 50
Temperatura de color	740 blanco neutro	Remarks	*-Per Lighting Europe guidance paper "Evaluating performance of LED based luminaires - January 2018": statistically there is no relevant difference in lumen maintenance between B50 and for example B10. Therefore the median useful life (B50) value also represents the B10 value. * A temperaturas ambiente extremas, es posible que la luminaria se atenúe automáticamente para proteger los componentes
Fuente de luz sustituible	Si		
Número de unidades de equipo	1		
Driver/unidad de potencia/transformador	PSU [Fuente de alimentación]		
Driver incluido	Si		
Tipo lente/cubierta óptica	FG [Cristal plano]		
Apertura de haz de luz de la luminaria	154° - 31° x 54°		
Interfaz de control	No		
Connection	Conector push-in de 5 polos		
Cable	No	Flujo luminoso constante	No
Clase de protección IEC	Seguridad clase I	Número de productos en MCB	11
Marca de inflamabilidad	NO [No]	Certificado RoHS	ROHS
Marca CE	Marcado CE	Tipo de LED engine	LED
Certificado ENEC	Marcado ENEC	Product Family Code	BGP307 [ClearWay gen2]
Período de garantía	5 años		

Datos técnicos de la luz

Ratio de flujo luminoso ascendente	0	Entrada lateral en ángulo de inclinación estándar	0°
Post-top en ángulo de inclinación estándar	0°		

Operativos y eléctricos

Tensión de entrada	220-240 V	Tiempo de irrupción	0,25 ms
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz	Factor de potencia (mín.)	0.98
Corriente de arranque	46 A		

Controles y regulación

Regulable	Si
------------------	----

Tabla 102: Características de la lámpara escogida para el exterior/1

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-exterior/alumbrado-publico-y-residencial/luminarias-publico-y-residencial/clearway-gen2>

Mecánicos y de carcasa

Material de la carcasa	Aluminio fundido	Forma cubierta óptica/lente	FT
Material del reflector	Policarbonato	Acabado cubierta óptica/lente	Clara
Material óptico	PC	Longitud total	480 mm
Material cubierta óptica/lente	Vidrio templado	Anchura total	325 mm
Material de fijación	Aluminum	Altura total	150 mm
Dispositivo de montaje	48/60A [Universal para diámetro de 48-60 mm ajustable]	Área de proyección efectiva	0,1151 m ²
		Color	GR

Aprobación y aplicación

Código de protección de entrada	IP66 [Protección frente a la penetración de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]	Protección contra sobretensiones (común/diferencial)	STD kV
Índice de protección frente a choque mecánico	IK08 [IK08]		

Rendimiento inicial (conforme con IEC)

Flujo lumínico inicial	10200 lm	Inic. Índice de reproducción del color	70
Tolerancia de flujo lumínico	+/-7%	Cromacidad inicial	(0.38, 0.38) SDCM <5
Eficacia de la luminaria LED inicial	138 lm/W	Potencia de entrada inicial	74 W
Índice inic. de temperatura de color	4000 K	Tolerancia de consumo de energía	+/-11%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)

Control gear failure rate at median useful life 100000 h	10 %
Lumen maintenance at median useful life* 100000 h	L89

Condiciones de aplicación

Rango de temperatura ambiente	-40 °C a +50 °C	Nivel máximo de regulación	0%
Performance ambient temperature Tq	25 °C		

Datos de producto

Código de producto completo	871869699613300	Cantidad por paquete	1
Nombre de producto del pedido	BGP307 LED120-4S/740 I DM50 DDF27 D18 48	Numerador - Paquetes por caja exterior	1
EAN/UPC - Producto	8718696996133	N.º de material (12NC)	910925865134
Código de pedido	99613300	Peso neto (pieza)	5,320 kg

Tabla 103: Características de la lámpara escogida para el exterior/2

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-exterior/alumbrado-publico-y-residencial/luminarias-publico-y-residencial/clearway-gen2>

En la ilustración 125 podemos ver la curva fotométrica de la luminaria escogida para la zona de oficinas, el fabricante describe esta luminaria como ClearWay gen2 permite disfrutar de las ventajas de la tecnología LED desde el principio. Esta segunda generación de la luminaria se apoya en los puntos fuertes de su predecesora y se ha diseñado para reducir aún más el coste total de propiedad. ClearWay gen2 mejora significativamente los aspectos más importantes de la experiencia de iluminación urbana en comparación con la iluminación convencional. Esta gama de soluciones de iluminación, ideal para obra nueva y renovaciones, combina luz limpia y de alta calidad con ahorros significativos en energía y mantenimiento. En pocas palabras, ClearWay gen2 significa luz de buena calidad con todas las ventajas añadidas de ahorro energético de LED y una larga vida útil. Ofrece más ventajas en un diseño más delgado y ligero, que facilita su instalación.

Emisión de luz 1:

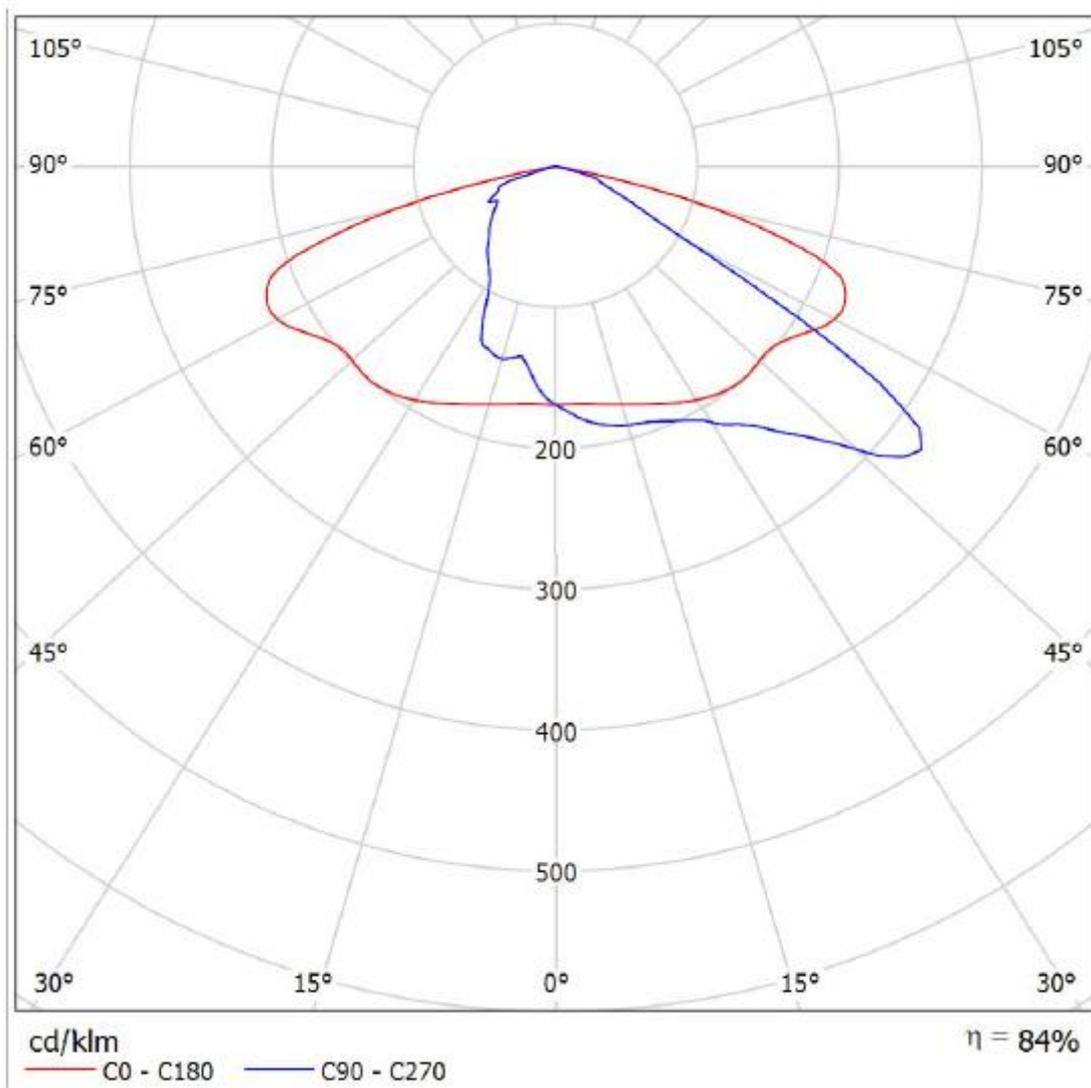


Ilustración 125: Curva fotométrica de la lámpara escogida para el exterior

Fuente: <http://www.lighting.philips.es/prof/luminarias-de-externo/alumbrado-publico-y-residencial/luminarias-publico-y-residencial/clearway-gen2>

5.2. Distribución de las luminarias

Como vemos en la tabla 104 necesitaremos 14 luminarias, como cada una tiene una potencia de 82 W, se requerirán 1.148 W de potencia para iluminar la zona exterior.

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	14	PHILIPS BGP307 T25 1 xLED130-4S/740 DW10 (1.000)	10920	13000	82.0
			Total: 152880	Total: 182000	1148.0

Tabla 104: Energía necesaria para iluminar el exterior
Fuente: Propia (DIALux)

La distribución de las luminarias en el exterior se muestra en las ilustraciones 126 y 127.

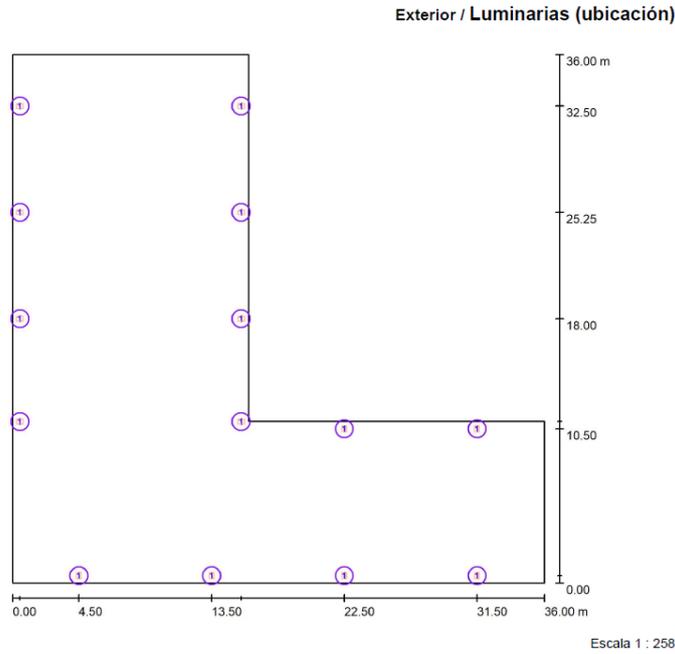


Ilustración 126: Distribución de las luminarias exteriores
Fuente: Propia (DIALux)

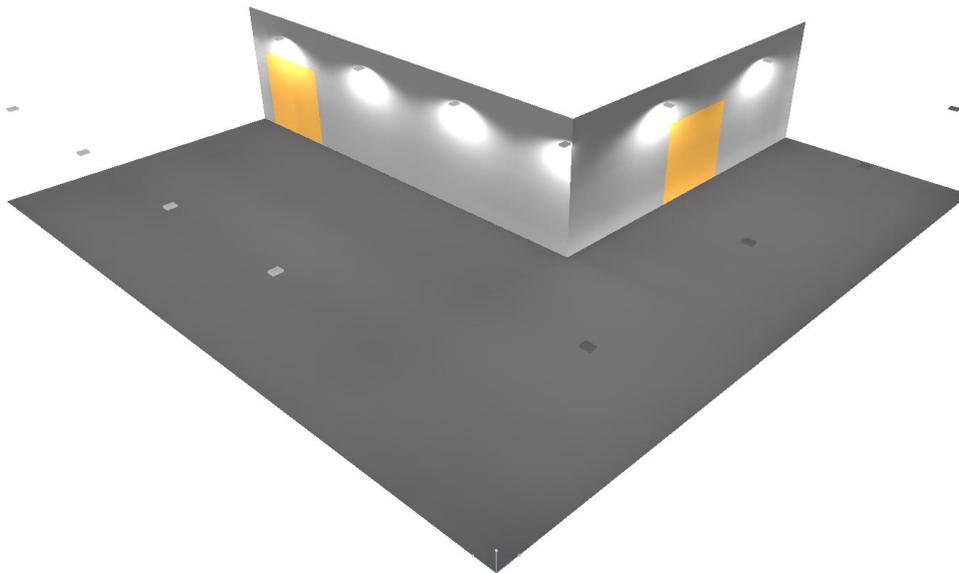


Ilustración 127: Representación 3D de la situación de las luminarias exteriores
Fuente: Propia (DIALux)

A partir de esta distribución hemos obtenido un diagrama isolux con el programa DIALux, que se muestra en la ilustración 128.

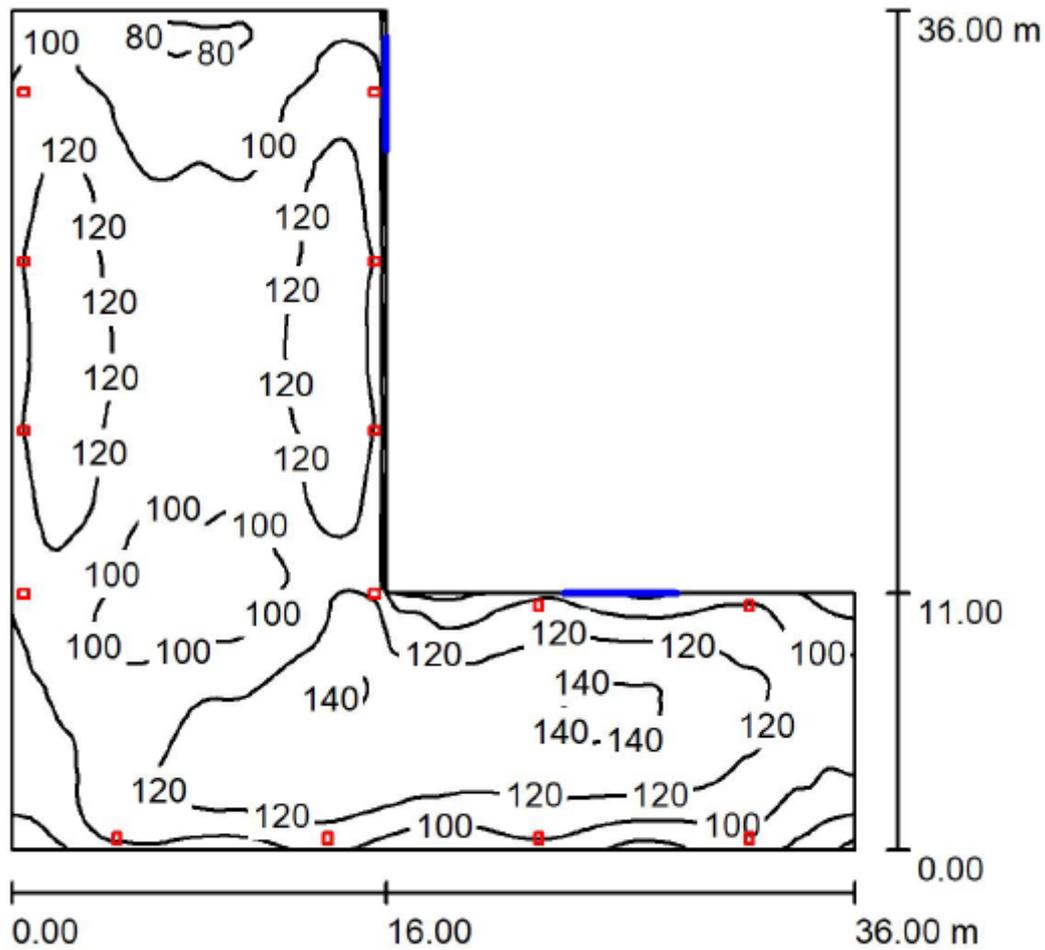


Ilustración 128: Diagrama isolux del exterior
Fuente: Propia (DIALux)

Con esta distribución el programa nos proporcionó los datos mostrados en la tabla 105. Como podemos ver la iluminancia media es de 112 lux, superior al valor de 100 lux que marca la norma. Además, la uniformidad es de 0,489, superior a los 0,4 que pide la norma.

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	112	55	144	0.489
Suelo	20	108	60	134	0.554
Techo	0	21	12	35	0.551
Paredes (6)	38	59	7.82	1479	/

Tabla 105: Datos de iluminación del exterior
Fuente: Propia (DIALux)

ANEXO VI: Instalación eléctrica

ÍNDICE ANEXO VI: Instalación eléctrica

1. Introducción	197
2. Dimensionado de cables y protecciones.....	199
2.1. Línea A. Iluminación nave.....	199
2.2. Línea B. Iluminación oficina.....	200
2.3. Línea C. Iluminación exterior.....	201
2.4. Línea D. Iluminación W.C.....	202
2.5. Línea E. Tolda con tornillo sinfín.....	203
2.6. Línea F. Secadora.....	204
2.7. Línea G. Pelletizadora.....	205
2.8. Línea H. Filtradora.....	206
2.9. Línea I, L y N. Cintas transportadoras.....	207
2.10. Línea J. Molino de martillos.....	208
2.11. Línea K. Cargador.....	209
2.12. Línea M. Enfriadora-Tamizadora.....	210
2.13. Línea Ñ. Envasadora.....	211
2.13. Línea Y.....	212
2.14. Línea Z.....	214
2.15. Derivación individual.....	216
3. Protección contra cortocircuitos.....	218
4. Resumen.....	222

1. Introducción

A la hora de diseñar la instalación eléctrica de la nave debemos basarnos en el reglamento eléctrico de baja tensión.

En este anexo se explicarán los cálculos realizados para obtener la sección del cable y las protecciones necesarias contra sobrecargas según la intensidad de corriente que circule por cada uno de los cables. Finalmente, se comprobará que las protecciones escogidas protegen también contra cortocircuitos.

En la ilustración 129 podemos ver la distribución de los cables de la planta de producción de pellets.

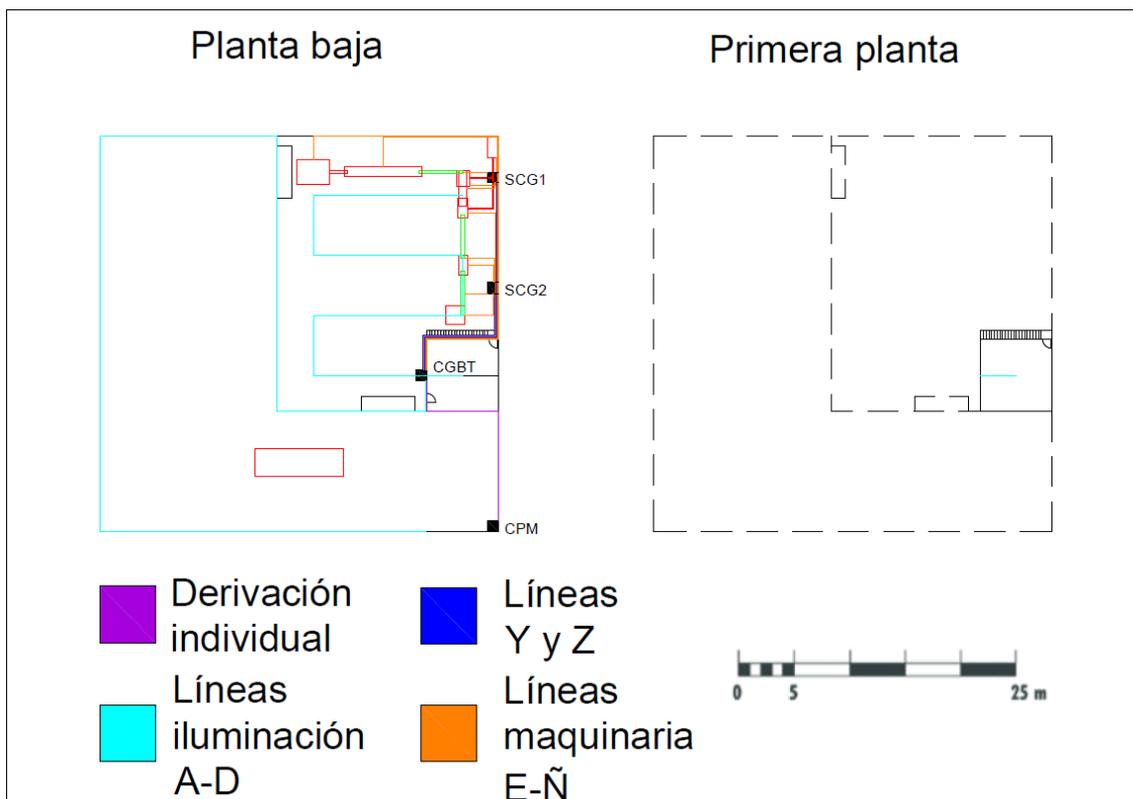


Ilustración 129: Distribución de los cables en la planta
Fuente: Propia

La derivación individual va desde los contadores al cuadro general de baja tensión. Las líneas Y y Z llevan la corriente desde el cuadro general de baja tensión hasta el subcuadro general de baja tensión uno y dos respectivamente.

Las líneas de la A a la D son de iluminación y parten desde el cuadro general hasta la zona a iluminar. Las líneas de maquinaria de la E a la G parten directamente del cuadro general hasta la máquina, ya que son máquinas con mucha potencia, sin embargo, las líneas de la H a la K van desde el subcuadro general uno hasta las máquinas, y las líneas de la L a la Ñ van desde el subcuadro general dos hasta las máquinas, ya que estas tienen menor potencia.

En la ilustración 130 podemos ver un boceto simplificado, ya que no constan ni las protecciones ni las secciones, del esquema unifilar de la planta, que resume lo expuesto anteriormente.

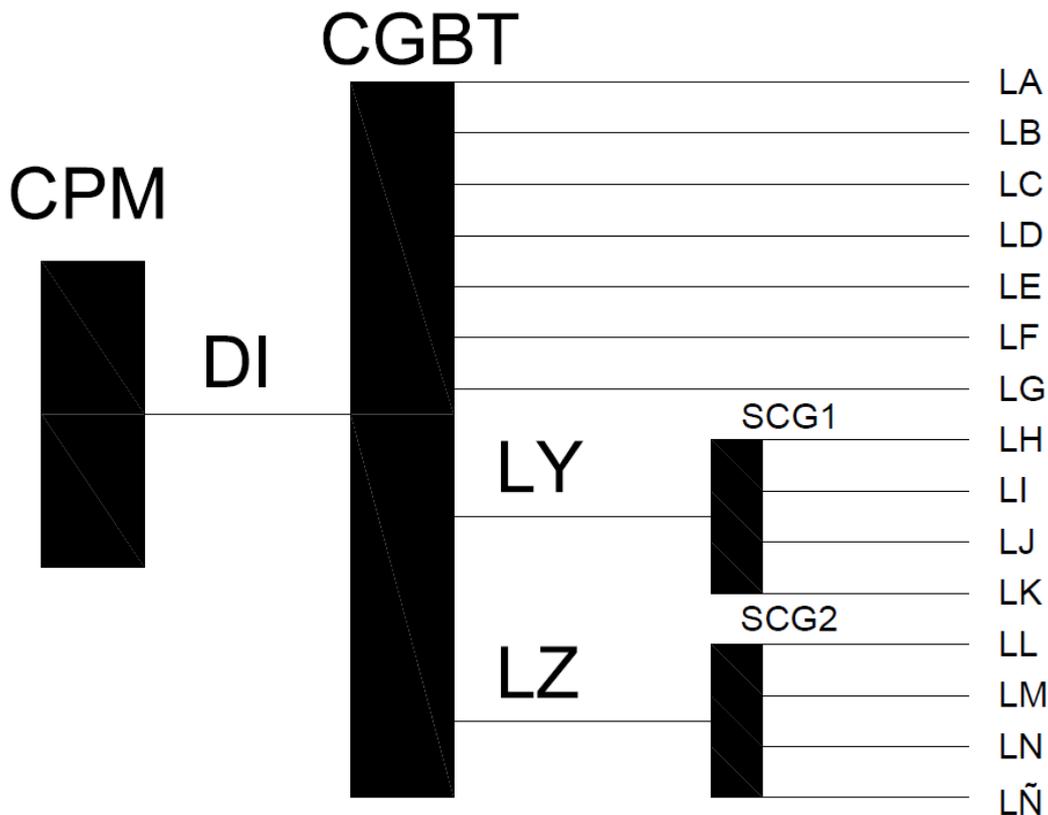


Ilustración 130: Boceto del esquema unifilar
Fuente: Propia

Se ha escogido en la mayoría de los casos como aislante el polietileno reticulado (XLPE) debido a las buenas prestaciones, tanto eléctricas como térmicas, que ofrece este material. Un ejemplo es el aumento de la temperatura de servicio máximo, que es de 90 °C. Gracias a esta característica es posible el transporte de una mayor intensidad de corriente en una sección igual que si es en PVC.

2. Dimensionado de cables y protecciones

2.1. Línea A. Iluminación nave.

Datos de partida:

- $U_n = 400 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{LA} = 67,13 \text{ m}$
- **Cos $\phi = 1$**
- $P_{lum} = 85 \text{ W}$
- $n_{lum} = 11$
- **$FP_{lum} = 1$**

$$P_{alum} = n_{lum} \cdot P_{lum} = 935 \text{ W}$$

Al no tratarse de lámparas de descarga, no será necesario mayorar, por lo que la corriente consumida por esta línea es:

$$I_{LA} = \frac{P_{alum}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 1,35 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 10 (XLPEx3) obtenemos:

- $S_{LA} = 1,5 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LA} = 20 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$1,35 \leq I_n \leq 20 \rightarrow I_n = 10 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LA} = \rho_{90} \frac{l_{LA}}{S_{LA}} = 1,29 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LA} = \sqrt{3} \cdot I_{LA} \cdot R_{LA} \cdot FP_{lum} = 2,41 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LA}}{U_n} = 0,6\% < 3\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar lámparas deberá llevar conductor de neutro, por tanto, serán 4 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$$4 \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1 \times 1,5 \text{ mm}^2$$

2.2. Línea B. Iluminación oficina.

Datos de partida:

- $U_n = 230 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{LB} = 3,25 \text{ m}$
- $\cos \phi = 1$
- $P_{lum} = 33 \text{ W}$
- $n_{lum} = 9$
- $FP_{lum} = 1$

$$P_{alum} = n_{lum} \cdot P_{lum} = 297 \text{ W}$$

Al no tratarse de lámparas de descarga, no será necesario mayorar, por lo que la corriente consumida por esta línea es:

$$I_{LB} = \frac{P_{alum}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 1,29 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 9 (PVCx2) obtenemos:

- $S_{LB} = 1,5 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LB} = 19 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$1,29 \leq I_n \leq 20 \rightarrow I_n = 10 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con PVC es 70 °C:

$$R_{LB} = \rho_{70} \frac{l_{LB}}{S_{LB}} = 0,0455 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LB} = \sqrt{3} \cdot I_{LB} \cdot R_{LB} \cdot FP_{lum} = 0,1 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LB}}{U_n} = 0,4\% < 3\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar lámparas deberá llevar conductor de neutro, por tanto, serán 2 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$$2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1 \times 1,5 \text{ mm}^2$$

2.3. Línea C. Iluminación exterior.

Datos de partida:

- $U_n = 400 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** B – Conductores aislados en un conducto sobre pared de madera o mampostería.
- $l_{LC} = 122,57 \text{ m}$
- $\cos \phi = 1$
- $P_{lum} = 82 \text{ W}$
- $n_{lum} = 14$
- $FP_{lum} = 1$

$$P_{alum} = n_{lum} \cdot P_{lum} = 1148 \text{ W}$$

Al no tratarse de lámparas de descarga, no será necesario mayorar, por lo que la corriente consumida por esta línea es:

$$I_{LC} = \frac{P_{alum}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 1,65 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila B (conductores aislados en un conducto sobre pared de madera o mampostería) y en la columna 8 (XLPEX3) obtenemos:

- $S_{LC} = 1,5 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LC} = 16,5 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$1,65 \leq I_n \leq 20 \rightarrow I_n = 10 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LC} = \rho_{90} \frac{l_{LC}}{S_{LC}} = 1,88 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LC} = \sqrt{3} \cdot I_{LC} \cdot R_{LC} \cdot FP_{lum} = 5,37 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LC}}{U_n} = 1,34\% < 3\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar lámparas deberá llevar conductor de neutro, por tanto, serán 4 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$$4 \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1 \times 1,5 \text{ mm}^2$$

2.4. Línea D. Iluminación W.C.

Datos de partida:

- $U_n = 230 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{LD} = 3,25 \text{ m}$
- $\cos \phi = 1$
- $P_{lum} = 33 \text{ W}$
- $n_{lum} = 4$
- $FP_{lum} = 1$

$$P_{alum} = n_{lum} \cdot P_{lum} = 132 \text{ W}$$

Al no tratarse de lámparas de descarga, no será necesario mayorar, por lo que la corriente consumida por esta línea es:

$$I_{LD} = \frac{P_{alum}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 0,57 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 9 (PVCx2) obtenemos:

- $S_{LD} = 1,5 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LD} = 19 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$0,57 \leq I_n \leq 20 \rightarrow I_n = 10 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con PVC es 70 °C:

$$R_{LD} = \rho_{70} \frac{l_{LD}}{S_{LD}} = 0,1189 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LD} = \sqrt{3} \cdot I_{LD} \cdot R_{LD} \cdot FP_{lum} = 0,1174 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LD}}{U_n} = 0,05\% < 3\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar lámparas deberá llevar conductor de neutro, por tanto, serán 2 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$2 \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1 \times 1,5 \text{ mm}^2$

2.5. Línea E. Tolva con tornillo sinfín.

Datos de partida:

- $U_n = 400 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{LE} = 46,65 \text{ m}$
- $P_{motor} = 2.200 \text{ W}$
- $\eta_{motor} = 0,8$
- $FP_{motor} = 0,8$

En primer lugar, será necesario conocer la corriente que circula por la línea, que se obtiene de la siguiente manera. La corriente que circula por la línea es:

$$I_{motor} = \frac{\frac{P_{motor}}{\eta_{motor}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot FP_{motor}} = 4,96 \text{ A}$$

Al tratarse de un motor, para el dimensionado de la línea será necesario mayorar la corriente obtenida:

$$I_{LE} = 1,25 \cdot I_{motor} = 6,2 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 10 (XLPEX3) obtenemos:

- $S_{LE} = 1,5 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LE} = 20 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$6,2 \leq I_n \leq 20 \rightarrow I_n = 10 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LE} = \rho_{90} \frac{l_{LE}}{S_{LE}} = 0,715 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LE} = \sqrt{3} \cdot I_{LE} \cdot R_{LE} \cdot FP_{motor} = 6,14 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LE}}{U_n} = 1,54\% < 5\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar a un motor no requiere conductor de neutro, por tanto, serán 3 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$$3 \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1 \times 1,5 \text{ mm}^2$$

2.6. Línea F. Secadora.

Datos de partida:

- $U_n = 400 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{LF} = 40,69 \text{ m}$
- $P = 40.000 \text{ W}$
- $\eta_{motor} = 0,8$
- $FP_{motor} = 0,8$

En primer lugar, será necesario conocer la corriente que circula por la línea, que se obtiene de la siguiente manera. La corriente que circula por la línea es:

$$I_{motor} = \frac{\frac{P_{motor}}{\eta_{motor}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot FP_{motor}} = 90,21 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 10 (XLPEx3) obtenemos:

- $S_{LF} = 25 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LF} = 110 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$90,21 \leq I_n \leq 110 \rightarrow I_n = 100 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LF} = \rho_{90} \frac{l_{LF}}{S_{LF}} = 0,037 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LF} = \sqrt{3} \cdot I_{LF} \cdot R_{LF} \cdot FP_{motor} = 4,68 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LF}}{U_n} = 1,17\% < 5\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, requiere conductor de neutro, por tanto, serán 4 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es de entre 16 mm² y 35 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá 16 mm², por lo que la línea será:

$$4 \times 25 \text{ mm}^2 + 1 \times 16 \text{ mm}^2$$

2.7. Línea G. Pelletizadora.

Datos de partida:

- $U_n = 400 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{LG} = 23,23 \text{ m}$
- $P_{motor} = 45.000 \text{ W}$
- $\eta_{motor} = 0,8$
- $FP_{motor} = 0,8$

En primer lugar, será necesario conocer la corriente que circula por la línea, que se obtiene de la siguiente manera. La corriente que circula por la línea es:

$$I_{motor} = \frac{\frac{P_{motor}}{\eta_{motor}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot FP_{motor}} = 101,48 \text{ A}$$

Al tratarse de un motor, para el dimensionado de la línea será necesario mayorar la corriente obtenida:

$$I_{LG} = 1,25 \cdot I_{motor} = 126,86 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila F debido a que la sección supera los 25 mm² (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 11 (XLPEx3) obtenemos:

- $S_{LG} = 50 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LG} = 175 \text{ A}$ (no escogemos la de 137 A debido a que no hay protecciones en ese rango)

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$126,86 \leq I_n \leq 175 \rightarrow I_n = 160 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LG} = \rho_{90} \frac{l_{LG}}{S_{LG}} = 0,0107 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LG} = \sqrt{3} \cdot I_{LG} \cdot R_{LG} \cdot FP_{motor} = 1,88 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LF}}{U_n} = 0,47\% < 5\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar a un motor no requiere conductor de neutro, por tanto, serán 3 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es superior a 35 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá la mitad de esa misma sección, por lo que la línea será:

$$3 \times 50 \text{ mm}^2 + 1 \times 25 \text{ mm}^2$$

2.8. Línea H. Filtradora.

Datos de partida:

- $U_n = 400 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{LH} = 1,25 \text{ m}$
- $P_{motor} = 180 \text{ W}$
- $\eta_{motor} = 0,8$
- $FP_{motor} = 0,8$

En primer lugar, será necesario conocer la corriente que circula por la línea, que se obtiene de la siguiente manera. La corriente que circula por la línea es:

$$I_{motor} = \frac{\frac{P_{motor}}{\eta_{motor}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot FP_{motor}} = 0,41 \text{ A}$$

Al tratarse de un motor, para el dimensionado de la línea será necesario mayorar la corriente obtenida:

$$I_{LH} = 1,25 \cdot I_{motor} = 0,61 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 10 (XLPEX3) obtenemos:

- $S_{LH} = 1,5 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LH} = 20 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$0,61 \leq I_n \leq 20 \rightarrow I_n = 10 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LH} = \rho_{90} \frac{l_{LH}}{S_{LH}} = 0,02 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LH} = \sqrt{3} \cdot I_{LH} \cdot R_{LH} \cdot FP_{motor} = 0,016 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LH}}{U_n} = 0,004\% < 5\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar a un motor no requiere conductor de neutro, por tanto, serán 3 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$$3 \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1 \times 1,5 \text{ mm}^2$$

2.9. Línea I, L y N. Cintas transportadoras.

Datos de partida, las tres tienen las mismas características:

- $U_n = 400 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{LH} = 3,06 \text{ m}$
- $P_{motor} = 750 \text{ W}$
- $\eta_{motor} = 0,8$
- $FP_{motor} = 0,8$

En primer lugar, será necesario conocer la corriente que circula por la línea, que se obtiene de la siguiente manera. La corriente que circula por la línea es:

$$I_{motor} = \frac{\frac{P_{motor}}{\eta_{motor}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot FP_{motor}} = 1,69 \text{ A}$$

Al tratarse de un motor, para el dimensionado de la línea será necesario mayorar la corriente obtenida:

$$I_{LH} = 1,25 \cdot I_{motor} = 2,11 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 10 (XLPEx3) obtenemos:

- $S_{LI,LYN} = 1,5 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LI,LYN} = 20 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$2,11 \leq I_n \leq 20 \rightarrow I_n = 10 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LI,LYN} = \rho_{90} \frac{l_{LI,LYN}}{S_{LI,LYN}} = 0,02 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LI,LYN} = \sqrt{3} \cdot I_{LI,LYN} \cdot R_{LI,LYN} \cdot FP_{motor} = 0,137 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LI,LYN}}{U_n} = 0,034\% < 5\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar a un motor no requiere conductor de neutro, por tanto, serán 3 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$$(3 \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1 \times 1,5 \text{ mm}^2) \times 3$$

2.10. Línea J. Molino de martillos.

Datos de partida:

- $U_n = 400 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{LJ} = 2,5 \text{ m}$
- $P_{motor} = 11.000 \text{ W}$
- $\eta_{motor} = 0,8$
- $FP_{motor} = 0,8$

En primer lugar, será necesario conocer la corriente que circula por la línea, que se obtiene de la siguiente manera. La corriente que circula por la línea es:

$$I_{motor} = \frac{\frac{P_{motor}}{\eta_{motor}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot FP_{motor}} = 24,81 \text{ A}$$

Al tratarse de un motor, para el dimensionado de la línea será necesario mayorar la corriente obtenida:

$$I_{LJ} = 1,25 \cdot I_{motor} = 31,01 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 10 (XLPEx3) obtenemos:

- $S_{LJ} = 4 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LJ} = 36 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$31,01 \leq I_n \leq 36 \rightarrow I_n = 32 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LJ} = \rho_{90} \frac{l_{LJ}}{S_{LJ}} = 0,0143 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LJ} = \sqrt{3} \cdot I_{LJ} \cdot R_{LJ} \cdot FP_{motor} = 0,62 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LJ}}{U_n} = 0,15\% < 5\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar a un motor no requiere conductor de neutro, por tanto, serán 3 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$$3 \times 4 \text{ mm}^2 + 1 \times 4 \text{ mm}^2$$

2.11. Línea K. Cargador.

Datos de partida:

- $U_n = 400 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{LK} = 2,7 \text{ m}$
- $P_{motor} = 800 \text{ W}$
- $\eta_{motor} = 0,8$
- $FP_{motor} = 0,8$

En primer lugar, será necesario conocer la corriente que circula por la línea, que se obtiene de la siguiente manera. La corriente que circula por la línea es:

$$I_{motor} = \frac{\frac{P_{motor}}{\eta_{motor}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot FP_{motor}} = 1,8 \text{ A}$$

Al tratarse de un motor, para el dimensionado de la línea será necesario mayorar la corriente obtenida:

$$I_{LK} = 1,25 \cdot I_{motor} = 2,25 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 10 (XLPEx3) obtenemos:

- $S_{LK} = 1,5 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LK} = 20 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$2,25 \leq I_n \leq 20 \rightarrow I_n = 10 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LK} = \rho_{90} \frac{l_{LK}}{S_{LK}} = 0,041 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LK} = \sqrt{3} \cdot I_{LK} \cdot R_{LK} \cdot FP_{motor} = 0,13 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LK}}{U_n} = 0,03\% < 5\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar a un motor no requiere conductor de neutro, por tanto, serán 3 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$$3 \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1 \times 1,5 \text{ mm}^2$$

2.12. Línea M. Enfriadora-Tamizadora.

Datos de partida:

- $U_n = 400 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{LM} = 2,5 \text{ m}$
- $P_{motor} = 1270 \text{ W}$
- $\eta_{motor} = 0,8$
- $FP_{motor} = 0,8$

En primer lugar, será necesario conocer la corriente que circula por la línea, que se obtiene de la siguiente manera. La corriente que circula por la línea es:

$$I_{motor} = \frac{\frac{P_{motor}}{\eta_{motor}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot FP_{motor}} = 2,86 \text{ A}$$

Al tratarse de un motor, para el dimensionado de la línea será necesario mayorar la corriente obtenida:

$$I_{LM} = 1,25 \cdot I_{motor} = 3,58 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 10 (XLPEX3) obtenemos:

- $S_{LM} = 1,5 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LM} = 20 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$3,58 \leq I_n \leq 20 \rightarrow I_n = 10 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LM} = \rho_{90} \frac{l_{LM}}{S_{LM}} = 0,038 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LM} = \sqrt{3} \cdot I_{LM} \cdot R_{LM} \cdot FP_{motor} = 0,19 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LM}}{U_n} = 0,047\% < 5\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar a un motor no requiere conductor de neutro, por tanto, serán 3 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$$3 \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1 \times 1,5 \text{ mm}^2$$

2.13. Línea Ñ. Envasadora.

Datos de partida:

- $U_n = 400 \text{ V}$
- **Tipo de canalización:** E – Cables unipolares o multiconductores sobre bandejas de rejilla.
- $l_{L\tilde{N}} = 2,7 \text{ m}$
- $P_{motor} = 1250 \text{ W}$
- $\eta_{motor} = 0,8$
- $FP_{motor} = 0,8$

En primer lugar, será necesario conocer la corriente que circula por la línea, que se obtiene de la siguiente manera. La corriente que circula por la línea es:

$$I_{motor} = \frac{\frac{P_{motor}}{\eta_{motor}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot FP_{motor}} = 2,82 \text{ A}$$

Al tratarse de un motor, para el dimensionado de la línea será necesario mayorar la corriente obtenida:

$$I_{L\tilde{N}} = 1,25 \cdot I_{motor} = 3,52 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 10 (XLPEx3) obtenemos:

- $S_{L\tilde{N}} = 1,5 \text{ mm}^2$
- $I_{z,L\tilde{N}} = 20 \text{ A}$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$3,52 \leq I_n \leq 20 \rightarrow I_n = 10 \text{ A}$$

Se deberá comprobar ahora si cumple con el criterio de caída de tensión.

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{L\tilde{N}} = \rho_{90} \frac{l_{L\tilde{N}}}{S_{L\tilde{N}}} = 0,04 \Omega$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{L\tilde{N}} = \sqrt{3} \cdot I_{L\tilde{N}} \cdot R_{L\tilde{N}} \cdot FP_{motor} = 0,2 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{L\tilde{N}}}{U_n} = 0,05\% < 5\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar a un motor no requiere conductor de neutro, por tanto, serán 3 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$$3 \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1 \times 1,5 \text{ mm}^2$$

2.13. Línea Y.

- $U = 400 \text{ V}$
- $I_{LY} = 24,5 \text{ m}$

Esta línea va desde el cuadro general de baja tensión al subcuadro general 1, que engloba al filtrador, la cinta 1, el molino de martillos y el cargador.

Las potencias a considerar para el dimensionado de esta línea son:

$$P_{LY} = 1,25 \cdot \frac{P_{filtrador}}{\eta_{filtrador}} + \frac{P_{cinta1}}{\eta_{cinta1}} + \frac{P_{molino}}{\eta_{molino}} + \frac{P_{cargador}}{\eta_{cargador}} = 19.350 \text{ W}$$

$$Q_{LY} = 1,25 \cdot \frac{P_{filtrador}}{\eta_{filtrador}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{filtrador})) + \frac{P_{cinta1}}{\eta_{cinta1}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{cinta1})) + \frac{P_{molino}}{\eta_{molino}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{molino})) + \frac{P_{cargador}}{\eta_{cargador}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{cargador})) = 14.512,5 \text{ VAr}$$

Que dan lugar a una aparente:

$$S_{LY} = \sqrt{P_{LY}^2 + Q_{LY}^2} = 24.187,5 \text{ VA}$$

La intensidad para dimensionar el conductor de esta línea será:

$$I_{LY} = \frac{S_{LY}}{\sqrt{3} \cdot U} = 34,91 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 10 (XLPEx3) obtenemos:

- $S_{LY} = 4 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LY} = 36 \text{ A}$

Para comprobar la protección ante sobrecargas se calculará la corriente sin mayorar la del motor:

$$P'_{LY} = \frac{P_{filtrador}}{\eta_{filtrador}} + \frac{P_{cinta1}}{\eta_{cinta1}} + \frac{P_{molino}}{\eta_{molino}} + \frac{P_{cargador}}{\eta_{cargador}} = 15.912,5 \text{ W}$$

$$Q'_{LY} = \frac{P_{filtrador}}{\eta_{filtrador}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{filtrador})) + \frac{P_{cinta1}}{\eta_{cinta1}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{cinta1})) + \frac{P_{molino}}{\eta_{molino}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{molino})) + \frac{P_{cargador}}{\eta_{cargador}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{cargador})) = 11.934,37 \text{ VAr}$$

Que da lugar a una aparente de:

$$S'_{LY} = \sqrt{P'^2_{LY} + Q'^2_{LY}} = 19.890,62 \text{ VA}$$

La intensidad nominal de esta línea será:

$$I'_{LY} = \frac{S'_{LY}}{\sqrt{3} \cdot U} = 28,71 \text{ A}$$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$28,71 \leq I_n \leq 36 \rightarrow I_n = 32 \text{ A}$$

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LY} = \rho_{90} \frac{l_{LY}}{S_{LY}} = 0,140 \Omega$$

El factor de potencia global de la instalación es:

$$FP_{LY} = \frac{P_{LY}}{S_{LY}} = 0,8$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LY} = \sqrt{3} \cdot I_{LY} \cdot R_{LY} \cdot FP_{LY} = 6,77 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LY}}{U_n} = 1,69\%$$

Que sumado a cualquier línea anterior no suma mas de 1,84 < 5% CUMPLE

Esta línea, al alimentar a un motor no requiere conductor de neutro, por tanto, serán 3 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$3 \times 4 \text{ mm}^2 + 1 \times 4 \text{ mm}^2$

2.14. Línea Z.

- $U = 400 \text{ V}$
- $I_{LZ} = 16,6 \text{ m}$

Esta línea va desde el cuadro general de baja tensión al subcuadro general 2, que engloba a la cinta 2, a la enfriadora-tamizadora, a la cinta 3 y a la envasadora.

Las potencias a considerar para el dimensionado de esta línea son:

$$P_{LZ} = 1,25 \cdot \frac{P_{cinta2}}{\eta_{cinta2}} + \frac{P_{e-f}}{\eta_{e-f}} + \frac{P_{cinta3}}{\eta_{cinta3}} + \frac{P_{envasadora}}{\eta_{envasadora}} = 5.421,87 \text{ W}$$

$$Q_{LZ} = 1,25 \cdot \frac{P_{cinta2}}{\eta_{cinta2}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{cinta2})) + \frac{P_{e-f}}{\eta_{e-f}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{e-f})) + \frac{P_{cinta3}}{\eta_{cinta3}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{cinta3})) + \frac{P_{envasadora}}{\eta_{envasadora}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{envasadora}))$$

$$= 4.066,4 \text{ VAr}$$

Que dan lugar a una aparente:

$$S_{LZ} = \sqrt{P_{LZ}^2 + Q_{LZ}^2} = 6.777,34 \text{ VA}$$

La intensidad para dimensionar el conductor de esta línea será:

$$I_{LZ} = \frac{S_{LZ}}{\sqrt{3} \cdot U} = 9,78 \text{ A}$$

Entrando ahora en la tabla A de la Guía-BT-19 de intensidades máximas admisibles (para una temperatura ambiente de 40 °C) en la fila E (unipolares sobre bandeja de rejilla) y en la columna 10 (XLPEX3) obtenemos:

- $S_{LZ} = 1,5 \text{ mm}^2$
- $I_{z,LZ} = 20 \text{ A}$

Para comprobar la protección ante sobrecargas se calculará la corriente sin mayorar la del motor:

$$P'_{LZ} = \frac{P_{cinta2}}{\eta_{cinta2}} + \frac{P_{e-f}}{\eta_{e-f}} + \frac{P_{cinta3}}{\eta_{cinta3}} + \frac{P_{envasadora}}{\eta_{envasadora}} = 5.025 \text{ W}$$

$$Q'_{LZ} = \frac{P_{cinta2}}{\eta_{cinta2}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{cinta2})) + \frac{P_{e-f}}{\eta_{e-f}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{e-f})) + \frac{P_{cinta3}}{\eta_{cinta3}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{cinta3})) + \frac{P_{envasadora}}{\eta_{envasadora}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{envasadora}))$$

$$= 3.767,73 \text{ VAr}$$

Que da lugar a una aparente de:

$$S'_{LZ} = \sqrt{P'_{LZ}^2 + Q'_{LZ}^2} = 6.280,63 \text{ VA}$$

La intensidad nominal de esta línea será:

$$I'_{LZ} = \frac{S'_{LZ}}{\sqrt{3} \cdot U} = 9,06 \text{ A}$$

La protección frente a sobrecargas queda asegurada:

$$9,06 \leq I_n \leq 20 \rightarrow I_n = 10 \text{ A}$$

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{LZ} = \rho_{90} \frac{l_{LZ}}{S_{LZ}} = 0,254 \Omega$$

El factor de potencia global de la instalación es:

$$FP_{LZ} = \frac{P_{LZ}}{S_{LZ}} = 0,8$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{LZ} = \sqrt{3} \cdot I_{LZ} \cdot R_{LZ} \cdot FP_{LZ} = 3,44 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{LZ}}{U_n} = 0,86\%$$

*Que sumado a cualquier línea anterior no suma mas de 0,91 < 5% **CUMPLE***

Esta línea, al alimentar a un motor no requiere conductor de neutro, por tanto, serán 3 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es menor a 16 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá esa misma sección, por lo que la línea será:

$3 \times 1,5 \text{ mm}^2 + 1 \times 1,5 \text{ mm}^2$

2.15. Derivación individual.

- $U = 400 \text{ V}$
- $L_{DI} = 19,25 \text{ m}$

Esta línea va del cuadro general de baja tensión al contador.

Las potencias a considerar para el dimensionado de esta línea son:

$$P_{DI} = 1,25 \cdot \frac{P_{\text{pelletizadora}}}{\eta_{\text{pelletizadora}}} + \frac{P_{\text{secador}}}{\eta_{\text{secador}}} + \frac{P_{\text{tolva}}}{\eta_{\text{tolva}}} + P_{\text{alum,nave}} + P_{\text{alum,oficina}} + P_{\text{alum,exterior}} \\ + P_{\text{alum,W.C.}} + P_{LY} + P_{LZ} = 150.974,37 \text{ W}$$

$$Q_{DI} = 1,25 \cdot \frac{P_{\text{pelletizadora}}}{\eta_{\text{pelletizadora}}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{\text{pelletizadora}})) + \frac{P_{\text{secador}}}{\eta_{\text{secador}}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{\text{secador}})) \\ + \frac{P_{\text{tolva}}}{\eta_{\text{tolva}}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{\text{tolva}})) + Q_{LY} + Q_{LZ} = 113.230,76 \text{ VAR}$$

Que dan lugar a una aparente:

$$S_{DI} = \sqrt{P_{DI}^2 + Q_{DI}^2} = 188.717,91 \text{ VA}$$

La intensidad para dimensionar el conductor de esta línea será:

$$I_{DI} = \frac{S_{DI}}{\sqrt{3} \cdot U} = 272,39 \text{ A}$$

Al tratarse de una línea enterrada con conductores de cobre se deberá entrar en la tabla 5 de la ITC-BT-07. Suponemos que tendremos las mismas condiciones de la tabla. Entrando en la tabla 5 de la ITC-BT-07 para cables unipolares de XLPE, obtenemos:

- $S_{DI} = 70 \text{ mm}^2$
- $I_{z,DI} = 280 \text{ A}$

Para comprobar la protección ante sobrecargas se calculará la corriente sin mayorar la del motor mayor:

$$P'_{DI} = \frac{P_{\text{pelletizadora}}}{\eta_{\text{pelletizadora}}} + \frac{P_{\text{secador}}}{\eta_{\text{secador}}} + \frac{P_{\text{tolva}}}{\eta_{\text{tolva}}} + P_{\text{alum,nave}} + P_{\text{alum,oficina}} + P_{\text{alum,exterior}} \\ + P_{\text{alum,W.C.}} + P_{LY} + P_{LZ} = 133.077,5 \text{ W}$$

$$Q'_{DI} = \frac{P_{\text{pelletizadora}}}{\eta_{\text{pelletizadora}}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{\text{pelletizadora}})) + \frac{P_{\text{secador}}}{\eta_{\text{secador}}} \cdot \tan(\text{acos}(FP_{\text{secador}})) + \frac{P_{\text{tolva}}}{\eta_{\text{tolva}}} \\ \cdot \tan(\text{acos}(FP_{\text{tolva}})) + Q_{LY} + Q_{LZ} = 99.807,09 \text{ VAR}$$

Que da lugar a una aparente de:

$$S'_{DI} = \sqrt{P'^2_{DI} + Q'^2_{DI}} = 166.346,25 \text{ VA}$$

La intensidad nominal de esta línea será:

$$I'_{DI} = \frac{S'_{DI}}{\sqrt{3} \cdot U} = 240,1 \text{ A}$$

El calibre del fusible que protege la línea frente a sobrecargas deberá cumplir con las dos condiciones siguientes:

1. $240,1 \leq I_n \leq 280 \rightarrow I_n = 250 \text{ A}$
2. $1,6 \cdot I_n = 400 \text{ A} < 1,45 \cdot I_{z,DI} = 406 \text{ A}$ **CUMPLE**

La resistencia se calcula para la máxima resistividad que puede tener este conductor, que al estar aislado con XLPE es 90 °C:

$$R_{DI} = \rho_{90} \frac{l_{DI}}{S_{DI}} = 0,0063 \Omega$$

El factor de potencia global de la instalación es:

$$FP_{DI} = \frac{P_{DI}}{S_{DI}} = 0,8$$

La caída de tensión es, por tanto:

$$cdt_{DI} = \sqrt{3} \cdot I_{DI} \cdot R_{DI} \cdot FP_{DI} = 2,39 \text{ V}$$

$$\frac{cdt_{DI}}{U_n} = 0,59\% < 1,5\% \text{ CUMPLE}$$

Esta línea, al alimentar lámparas deberá llevar conductor de neutro, por tanto, serán 4 conductores activos. Además, como la sección de dichos conductores es mayor a 35 mm², de acuerdo a la Tabla 2 de la ITC-BT-19, el conductor de protección tendrá la mitad de esa misma sección, por lo que la línea será:

$4 \times 70 \text{ mm}^2 + 1 \times 35 \text{ mm}^2$

3. Protección contra cortocircuitos

Las impedancias de cada línea se considerarán a 20 °C, mínimo valor, y a 145 °C, que es la máxima a la que se podría llegar en cortocircuito antes de que actuara la protección, según la GUIA-BT-22, que también establece que la conductividad a 145 °C es igual a la que se tiene a 20 °C dividida entre 1,5:

$$\rho_{145} = 1,5 \cdot \rho_{20} = 0,027 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$$

Derivación individual:

$$R_{DI.20} = \rho_{20} \cdot \frac{l_{DI}}{S_{DI}} = 0,00495 \Omega$$

$$R_{DI.145} = \rho_{145} \cdot \frac{l_{DI}}{S_{DI}} = 0,007425 \Omega$$

Línea Y:

$$R_{LY.20} = \rho_{20} \cdot \frac{l_{LY}}{S_{LY}} = 0,11 \Omega$$

$$R_{LY.145} = \rho_{145} \cdot \frac{l_{LY}}{S_{LY}} = 0,165 \Omega$$

Línea Z:

$$R_{LZ.20} = \rho_{20} \cdot \frac{l_{LZ}}{S_{LZ}} = 0,1992 \Omega$$

$$R_{LZ.145} = \rho_{145} \cdot \frac{l_{LZ}}{S_{LZ}} = 0,2988 \Omega$$

Con la siguiente fórmula calculamos la del resto de líneas, que se muestran en la tabla 1.

$$R_{LA.145} = \rho_{145} \cdot \frac{l_X}{S_X} = X \Omega$$

Línea A	1,208 Ω
Línea B y D	0,058 Ω
Línea C	2,206 Ω
Línea E	0,8397 Ω
Línea F	0,0439 Ω
Línea G	0,0125 Ω
Línea H	0,0225 Ω
Línea I	0,055 Ω
Línea J	0,0168 Ω
Línea K	0,0486 Ω
Línea L y N	0,0648 Ω
Línea M	0,045 Ω
Línea Ñ	0,0486 Ω

Conocidas todas las impedancias se pueden calcular las corrientes de cortocircuito máxima y mínima de cada línea.

Derivación individual

$I_{cc.max} =$ No se puede calcular. Se considera que cumple la condición por estar protegida con fusible, que tiene un elevado poder de corte.

Como no se conocen los datos de la red y del transformador, se acepta considerar la tensión como un 80% de la nominal.

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot R_{DI.145}} = 25.483,04 \text{ A}$$

Este valor es superior a la intensidad de fusión en 5 s:

$$I_{f5} = 1.650 \text{ A} < I_{cc.min} = 25.483,04 \text{ CUMPLE}$$

Por otro lado, el conductor soportará una corriente máxima en función de sus características, que para cobre y XLPE son:

$$k = 143 \frac{\sqrt{s}}{\text{mm}^2}$$

$$I_s \left(\frac{k \cdot S_{DI}}{\sqrt{5}} \right) = 4.479,6 \text{ A} > I_{f5} \text{ CUMPLE}$$

Línea Y

$$I_{cc.max} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot R_{DI.20}} = 37.323,65 \text{ A} < 15 \text{ kA} \text{ NO CUMPLE}$$

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LY.145})} = 1.071,49 \text{ A} > 14 \cdot 32 = 448 \text{ CUMPLE}$$

La línea Y no está protegida contra cortocircuitos. Para solucionar esto se debe aumentar el poder de corte de su protección. Para ello se puede buscar un interruptor automático de otro fabricante que tenga un mayor poder de corte.

Esta intensidad de corriente de cortocircuito máxima se repetirá en todas las líneas que cuelgan de la derivación individual, a excepción de la G, que son: la línea Y, X, A, B, C, D, E y F.

Por tanto, en todas estas líneas habrá que poner un interruptor automático con un poder de corte superior a 37,33 kA.

Línea Z

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LZ.145})} = 1.044,98 \text{ A} > 14 \cdot 10 = 140 \text{ CUMPLE}$$

Línea A

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LA.145})} = 152,02 \text{ A} > 10 \cdot 10 = 100 \text{ CUMPLE}$$

Líneas B y D

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LB y D.145})} = 2.831,45 A > 10 \cdot 10 = 100 \text{ CUMPLE}$$

Línea C

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LC.145})} = 83,47 A > 10 \cdot 10 = 100 \text{ NO CUMPLE}$$

Por tanto, habrá que aumentar la sección a 2,5 mm² y comprobar si con esta nueva sección cumple:

$$R_{LC.145} = \rho_{145} \cdot \frac{l_{LC}}{S_{LC}} = 0,8825 \Omega$$

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LC.145})} = 138,74 A > 10 \cdot 10 = 100 \text{ CUMPLE}$$

Línea E

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LE.145})} = 327,58 A > 14 \cdot 10 = 140 \text{ CUMPLE}$$

Línea F

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LF.145})} = 3.611,96 A > 10 \cdot 100 = 1000 \text{ CUMPLE}$$

Línea G

$$I_{cc.max} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot R_{DI.20}} = 37.323,65 A < 50 \text{ kA CUMPLE}$$

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LG.145})} = 9.354,53 A > 10 \cdot 160 = 1600 \text{ CUMPLE}$$

Línea H

$$I_{cc.max} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.20} + R_{LY.20})} = 1607,23 A < 15 \text{ kA CUMPLE}$$

Este cálculo vale para todas las líneas que cuelguen de la línea Y, que son las líneas H, I, J y K.

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LY.145} + R_{LH.145})} = 947,81 A > 14 \cdot 10 = 140 \text{ CUMPLE}$$

Línea I

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LY.145} + R_{LI.145})} = 812,36 A > 14 \cdot 10 = 140 \text{ CUMPLE}$$

Línea J

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LY.145} + R_{LJ.145})} = 975,97 A > 14 \cdot 10 = 140 \text{ CUMPLE}$$

Línea K

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LY.145} + R_{LK.145})} = 835 A > 14 \cdot 32 = 140 \text{ CUMPLE}$$

Línea L i N

$$I_{cc.max} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.20} + R_{LZ.20})} = 904,98 A < 10 \text{ kA CUMPLE}$$

Este cálculo vale para todas las líneas que cuelguen de la línea Z, que son las líneas L, M, N y Ñ.

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LZ.145} + R_{LL i N.145})} = 497,95 A > 14 \cdot 10 = 140 \text{ CUMPLE}$$

Línea M

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LZ.145} + R_{LM.145})} = 526,02 A > 14 \cdot 10 = 140 \text{ CUMPLE}$$

Línea Ñ

$$I_{cc.min} = \frac{0,8 \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (R_{DI.145} + R_{LZ.145} + R_{LÑ.145})} = 520,68 A > 14 \cdot 10 = 140 \text{ CUMPLE}$$

4. Resumen

En la tabla 106 se resumen los resultados de los cálculos eléctricos.

Denominación	Potencia de cálculo (W)	Distancia de cálculo (m)	Sección (mm ²)	Material	Intensidad de cálculo (A)	Intensidad admisible (A)	Protección	Caída de tensión (%)	Caída de tensión total (%)
Derivación individual	150.974,37	19,25	4 × 70 mm ² + 1 × 35 mm ²	XLPE	272,39	280	Fusible 250 A	0,59	0,59
Línea Y	19.350	24,5	3 × 4 mm ² + 1 × 4 mm ²	XLPE	34,91	36	In=32 A (PC 50 kA)	1,69	2,28
Línea Z	5.421,87	16,6	3 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	XLPE	9,78	20	In=10 A (PC 50 kA)	0,86	1,45
Línea A	935	67,13	4 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	XLPE	1,35	20	In=10 A (PC 50 kA)	0,6	1,19
Línea B	297	3,25	2 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	PVC	1,29	19	In=10 A (PC 50 kA)	0,4	0,99
Línea C	1.448	122,57	4 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	XLPE	1,65	16,5	In=10 A (PC 50 kA)	1,34	1,93
Línea D	132	3,25	2 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	PVC	0,57	19	In=10 A (PC 50 kA)	0,05	0,64
Línea E	2.200	46,65	3 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	XLPE	6,2	20	In=10 A (PC 50 kA)	1,54	2,13
Línea F	40.000	40,69	4 × 25 mm ² + 1 × 16 mm ²	XLPE	90,21	110	In=100 A (PC 50 kA)	1,17	1,76
Línea G	45.000	23,23	3 × 50 mm ² + 1 × 25 mm ²	XLPE	126,86	175	In=160 A	0,47	1,06
Línea H	180	1,25	3 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	XLPE	0,61	20	In=10 A	0,004	2,2804
Línea I	750	3,06	3 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	XLPE	2,11	20	In=10 A	0,034	2,314
Línea J	11.000	2,5	3 × 4 mm ² + 1 × 4 mm ²	XLPE	31,01	36	In=32 A	0,15	2,43
Línea K	800	2,7	3 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	XLPE	2,25	20	In=10 A	0,03	2,31
Línea L	750	3,06	3 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	XLPE	2,11	20	In=10 A	0,034	1,484
Línea M	1.270	2,5	3 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	XLPE	3,58	20	In=10 A	0,047	1,497
Línea N	750	3,06	3 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	XLPE	2,11	20	In=10 A	0,034	1,484
Línea Ñ	1.250	2,7	3 × 1,5 mm ² + 1 × 1,5 mm ²	XLPE	3,52	20	In=10 A	0,05	1,5

Tabla 106: Resumen de los cálculos eléctricos

Fuente: Propia

ANEXO VII: Instalación contra incendios

ÍNDICE ANEXO VII: Instalación contra incendios

1. Introducción	225
2. Tipo de edificio	226
3. Sectores	227
4. Cálculo de la carga de fuego.....	228
4.1. Sector 1	230
4.2. Sector 2	230
4.3. Sector 3	231
4.4. Sector 4	231
5. Nivel de riesgo intrínseco	232
6. Superficie máxima admisible	233
7. Rutas de evacuación.....	234
8. Dispositivos de seguridad.....	236

1. Introducción

En el presente anexo se establecerán y definirán los requerimientos y obligaciones que ha de satisfacer la nave situada en nuestra parcela, en la cual se desarrollara nuestro proyecto. Estos requerimientos y obligaciones vienen marcados por el reglamento de seguridad contra incendios en espacios industriales (Real Decreto 2267/2004). Esta norma tiene como objeto:

- Definir los requisitos que deben cumplir los establecimientos industriales para garantizar la seguridad en caso de incendio.
- Definir los requisitos que han de cumplir los establecimientos industriales para prevenir la aparición de incendios.
- Definir los requisitos que han de cumplir los establecimientos industriales para dar la respuesta adecuada en caso de incendio, limitar la propagación y posibilitar la extinción para anular o reducir los daños.

Para realizar un correcto proyecto de protección contra incendios es necesario caracterizar el lugar donde se desarrolla la actividad de manera adecuada. Los establecimientos industriales se caracterizan por su configuración y ubicación con relación a su entorno y por su nivel de riesgo intrínseco.

2. Tipo de edificio

En primer lugar, debemos caracterizar nuestra nave en función de su configuración, ubicación y de su relación con el entorno.

Según la el real decreto 2267/2004, de 3 diciembre, podemos encontrar tres tipos de casos:

- Establecimientos ubicados en un edificio.
- Establecimientos ubicados en espacios abiertos.
- Establecimientos mixtos.

Nuestra nave se encuentra en el primer tipo de caso, establecimiento ubicado en un edificio. Ahora bien, dentro de esta categoría hay tres subcategorías distintas:

- Tipo A: El establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos de tipo industrial o de otros usos.
- Tipo B: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que esta adosado a uno o más edificios, o está a una distancia igual o inferior a tres metros de otros edificios.
- Tipo C: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o más de uno, que están a una distancia mayor a tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos- Esta distancia ha de estar libre de productos combustibles o elementos que puedan propagar el incendio.

Por tanto, nuestra nave es de tipo C, ya que ocupa totalmente un edificio, no tiene ningún edificio a menos de tres metros y la distancia que los separa está libre de elementos que puedan propagar un incendio, como se muestra en la ilustración 131.

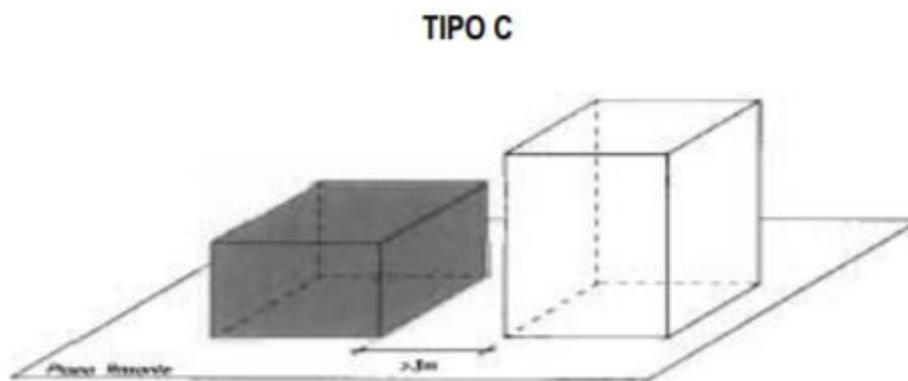


Ilustración 131: Tipo de edificio C

Fuente: <https://www.boe.es/boe/dias/2004/12/17/pdfs/A41194-41255.pdf>

3. Sectores

Según el real decreto, un sector es un área que está delimitada por materiales resistentes al fuego. Por tanto, en nuestra parcela podemos encontrar los siguientes sectores, que vemos en la ilustración 132:

- Sector 1: Zona exterior. Esta zona está rodeada de una pared de hormigón, excepto en la parte de entrada, en ella se sitúan la báscula y el almacén de materia prima.
- Sector 2: Interior de la nave. Zona de producción rodeada de una pared de hormigón, donde están situadas las máquinas y el almacén de producto terminado.
- Sector 3: W.C. En el interior de la nave y debajo de las oficinas, con paredes de hormigón.
- Sector 4: Oficinas. En el interior de la nave, situadas encima del W.C., con paredes de hormigón.

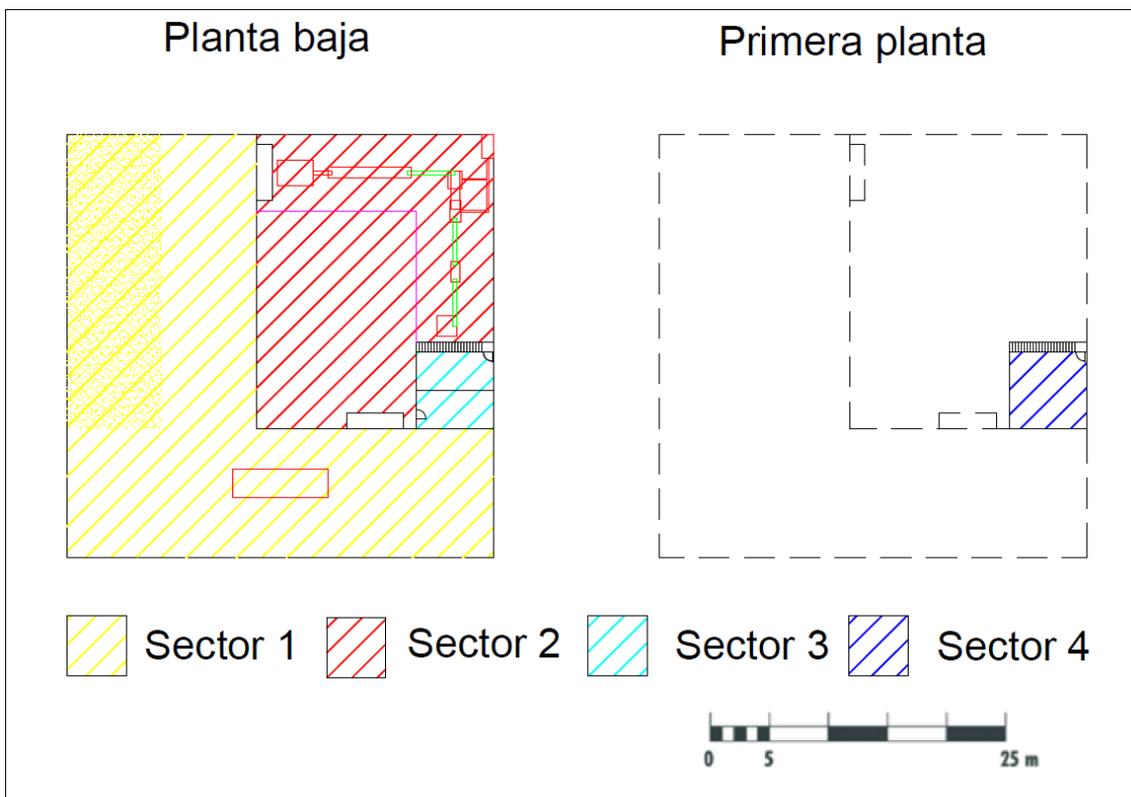


Ilustración 132: Sectorización de la nave

Fuente: Propia

4. Cálculo de la carga de fuego

Para el cálculo de las cargas de fuego de los distintos sectores usaremos las fórmulas que aparecen en el real decreto que son:

- a) Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \times S_i \times C_i}{A} \times R_a \left(\frac{MJ}{m^2} \right) \text{ o } \left(\frac{Mcal}{m^2} \right)$$

Donde:

- Q_s : carga de fuego (MJ/m^2).
 - q_{si} : densidad de carga de fuego de cada zona (MJ/m^2).
 - S_i : superficie de cada zona (m^2).
 - C_i : coeficiente de peligrosidad por combustibilidad.
 - R_a : Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad.
 - A : Superficie construida (m^2).
- b) Para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} \times C_i \times h_i \times s_i}{A} \times R_a \left(\frac{MJ}{m^2} \right) \text{ o } \left(\frac{Mcal}{m^2} \right)$$

Donde:

- Q_s : carga de fuego (MJ/m^2).
- q_{vi} : carga de fuego por m^3 (MJ/m^3).
- C_i : coeficiente de peligrosidad por combustibilidad.
- h_i : altura de almacenamiento (m)
- s_i : superficie de cada zona (m^2).
- R_a : Coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad.
- A : Superficie construida (m^2).

Por ello en cada sector usaremos la fórmula que más nos convenga.

Para saber el valor de la carga de fuego, q_{si} o q_{vi} , nos vamos a la tabla 1.2 del real decreto que mostramos en la tabla 107. De esta tabla también obtenemos el valor de R_a .

ACTIVIDAD	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	Q _s		Ra	q _v		Ra
	MJ/m ²	Mcal/m ²		MJ/m ³	Mcal/m ³	
Madera en troncos				6.300	1.514	1,5
Madera, artículos de, barnizado	500	120	1,5			
Madera, artículos de, carpintería	700	168	1,5			
Madera, artículos ebanistería	700	168	1,5			
Madera, artículos de, expedición	600	144	1,5			
Madera, artículos de, impregnación	3.000	721	2,0			
Madera, artículos de, marquetería	500	120	1,5			
Madera, artículos de, pulimentado	200	48	1,0			
Madera, artículos de, secado	800	192	1,5			
Madera, artículos de, serrado	400	96	1,5			
Madera, artículos de, tallado	600	144	1,5			
Madera, artículos de, tomeado	500	120	1,5			
Madera, artículos de, troquelado	700	168	1,5			
Madera, mezclada o variada	800	192	1,5	4.200	1.010	2,0
Madera, restos de				2.500	601	2,0
Madera, vigas y tablas				4.200	1.010	1,5
Madera, virutas				2.100	505	2,0

Tabla 107: Tabla 1.2 del real decreto

Fuente: <https://www.boe.es/boe/dias/2004/12/17/pdfs/A41194-41255.pdf>

Para saber el valor del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , observamos la tabla 1.1 del real decreto, que se muestra en la tabla 108.

VALORES DEL COEFICIENTE DE PELIGROSIDAD POR COMBUSTIBILIDAD, C_i		
ALTA	MEDIA	BAJA
<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1 - Líquidos clasificados como subclase B₁, en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C. - Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente. - Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como subclase B₂ en la ITC MIE-APQ1. - Líquidos clasificados como clase C en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C. - Sólidos que emiten gases inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.
$C_i = 1,60$	$C_i = 1,30$	$C_i = 1,00$

Tabla 108: Tabla 1.1 del real decreto

Fuente: <https://www.boe.es/boe/dias/2004/12/17/pdfs/A41194-41255.pdf>

4.1. Sector 1

Como el sector 1 es una zona de almacenamiento usaremos la fórmula b.

El sector 1 tiene una superficie de 796 m² con una zona de almacenamiento que ocupa 200 m², con un volumen almacenado de 211,8 m³ de astillas.

Para saber el valor de la carga de fuego, q_{vi} , nos vamos a la tabla 1.2 del real decreto que mostramos en la tabla 107, en este caso usaremos el dato de carga de fuego de almacenamiento para restos de madera, que es de 2.500 MJ/m³. De esta tabla también obtenemos el valor de R_a , que en nuestro caso tiene un valor de 2.

Para saber el valor del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , observamos la tabla 1.1 del real decreto, que se muestra en la tabla 108. En nuestro caso, como la madera tiene una temperatura de ignición mayor a 200°C, el valor de C_i será 1.

Teniendo todos los datos procedemos a calcular la carga de fuego del sector 1.

$$Q_{sector1} = \frac{2.500 \times 1 \times 211,8}{200} \times 2 = 5.295 \text{ MJ/m}^3$$

4.2. Sector 2

El sector dos es una zona mixta, ya que tiene una zona de almacenamiento y una zona de procesado, por ello calcularemos las cargas de fuego de las dos zonas, usaremos las fórmulas a y b. Tras esto nos quedaremos con el dato mayor y aplicaremos las medidas que correspondan como si todo el sector tuviera la carga de fuego mayor, de esta manera estamos del lado de la seguridad.

La zona de procesado del sector 2 tiene una superficie de aproximadamente 200 m², de esta superficie las máquinas que procesan la madera ocupan unos 30 m².

Para saber el valor de la carga de fuego, q_{si} , nos vamos a la tabla 1.2 del real decreto que mostramos en la tabla 107, en este caso usaremos el dato de carga de fuego de fabricación de madera mezclada o variada, que es de 800 MJ/m³. De esta tabla también obtenemos el valor de R_a , que en nuestro caso tiene un valor de 1,5.

Para saber el valor del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , observamos la tabla 1.1 del real decreto, que se muestra en la tabla 108. En nuestro caso, como el material de oficina tiene una temperatura de ignición mayor a 200°C, el valor de C_i será 1.

Teniendo todos los datos procedemos a calcular la carga de fuego de la zona de procesado del sector 2.

$$Q_{sector2,procesado} = \frac{800 \times 30 \times 1}{200} \times 1,5 = 180 \text{ MJ/m}^3$$

Mientras que la zona de almacén del sector 2 tiene una superficie de aproximadamente 250 m², de las cuales la mitad, 125 m², están ocupadas por big bags de pellets, estas big bags tienen un metro de altura.

Para saber el valor de la carga de fuego, q_{vi} , nos vamos a la tabla 1.2 del real decreto que mostramos en la tabla 107, en este caso usaremos el dato de carga de fuego de almacenamiento para restos de madera, que es de 2.500 MJ/m³. De esta tabla también obtenemos el valor de R_a , que en nuestro caso tiene un valor de 2.

Para saber el valor del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , observamos la tabla 1.1 del real decreto, que se muestra en la tabla 108. En nuestro caso, como la madera tiene una temperatura de ignición mayor a 200°C, el valor de C_i será 1.

Teniendo todos los datos procedemos a calcular la carga de fuego de la zona de almacén del sector 2.

$$Q_{sector2,almacén} = \frac{2.500 \times 1 \times 1 \times 125}{250} \times 2 = 2500 \text{ MJ/m}^3$$

Por tanto, en este caso usaremos la carga de fuego de la zona de almacenaje para todo el sector 2.

4.3. Sector 3

El sector 3 corresponde a la zona de los W.C., como el real decreto no hace ninguna mención específica a una zona con estas características consideraremos que esta zona no entra dentro de nuestros cálculos.

4.4. Sector 4

El sector 4 corresponde a una zona de oficinas y tiene una superficie de 42,25 m²,

Para saber el valor de la carga de fuego, q_{si} , nos vamos a la tabla 1.2 del real decreto que mostramos en la tabla 109, en este caso usaremos el dato de carga de fuego de fabricación y venta, para una oficina comercial, que es de 800 MJ/m³. De esta tabla también obtenemos el valor de R_a , que en nuestro caso tiene un valor de 1,5.

ACTIVIDAD	Fabricación y venta			Almacenamiento		
	Q_s		R_a	q_v		R_a
	MJ/m ²	Mcal/m ²		MJ/m ³	Mcal/m ³	
Oficinas comerciales	800	192	1,5			
Oficinas postales	400	96	1,0			
Oficinas técnicas	600	144	1,0			

Tabla 109: Tabla 1.2 del real decreto

Fuente: <https://www.boe.es/boe/dias/2004/12/17/pdfs/A41194-41255.pdf>

Para saber el valor del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , observamos la tabla 1.1 del real decreto, que se muestra en la tabla 108. En nuestro caso, como la madera tiene una temperatura de ignición mayor a 200°C, el valor de C_i será 1.

Teniendo todos los datos procedemos a calcular la carga de fuego del sector 4.

$$Q_{sector4} = \frac{800 \times 42,25 \times 1}{42,25} \times 1,5 = 1200 \text{ MJ/m}^3$$

5. Nivel de riesgo intrínseco

El siguiente paso es calcular el nivel de riesgo intrínseco de cada sector, para ello nos basaremos en la tabla 1.3 del real decreto que se muestra en la tabla 110.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
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 110: Tabla 1.3 del real decreto

Fuente: <https://www.boe.es/boe/dias/2004/12/17/pdfs/A41194-41255.pdf>

- El sector 1 tiene una carga de fuego de 5.295 MJ/m², lo que según la tabla anterior corresponde a un nivel de riesgo intrínseco alto de nivel 6.
- El sector 2 tiene una carga de fuego de 2.500 MJ/m², lo que según el real decreto corresponde a un nivel de riesgo intrínseco medio de nivel 5.
- El sector 3 no procede.
- El sector 4 tiene una carga de fuego de 1200 MJ/m², lo que según el real decreto corresponde a un nivel de riesgo intrínseco medio de nivel 3.

6. Superficie máxima admisible

Con los niveles de riesgo intrínseco de cada sector calculados procedemos a comprobar si los sectores cumplen con la superficie máxima admisible que marca la tabla 2.1 del real decreto, esta tabla se muestra en la tabla 111.

Riesgo intrínseco del sector de incendio	Configuración del establecimiento		
	TIPO A (m ²)	TIPO B (m ²)	TIPO C (m ²)
BAJO	(1)-(2)-(3)	(2) (3) (5)	(3) (4)
1	2000	6000	SIN LÍMITE
2	1000	4000	6000
MEDIO	(2)-(3)	(2) (3)	(3) (4)
3	500	3500	5000
4	400	3000	4000
5	300	2500	3500
ALTO	NO ADMITIDO	(3)	(3)(4)
6		2000	3000
7		1500	2500
8		NO ADMITIDO	2000

Tabla 111: Tabla 2.1 del real decreto

Fuente: <https://www.boe.es/boe/dias/2004/12/17/pdfs/A41194-41255.pdf>

- El sector 1 cuenta con una superficie construida de 796 m² y tiene un nivel de riesgo intrínseco alto de nivel 6, pero como este sector en si es de tipo E no tiene ningún tipo de restricción de superficie, ya que se encuentra al aire libre.
- El sector 2 es de tipo C y tiene un nivel de riesgo intrínseco medio de nivel 5, por lo que según la tabla del real decreto la superficie máxima admisible es de 3.500 m², como el sector 2 cuenta con una superficie construida de 457,75 m² cumple con los límites marcados por el real decreto.
- El sector 3 No procede.
- El sector 4 es de tipo C y tiene un nivel de riesgo intrínseco medio de nivel 3, por lo que según la tabla de real decreto la superficie máxima admisible es de 5.000 m², como el sector 4 cuenta con una superficie construida de 42,25m² cumple con los límites marcados por el real decreto.

7. Rutas de evacuación

El primer paso es determinar la ocupación, en nuestro caso, como el número de personas presentes en la fábrica es menor a 100 usaremos la siguiente fórmula:

$$P = 1,10 \times p$$

Donde p es el número de personas que ocupan el sector de incendio. En nuestra empresa trabajan 7 personas que podrán ocupar a la vez cualquier sector de incendio, por tanto, en nuestro caso, para todos los sectores $P=7,7$, según el real decreto este dato se debe redondear al entero inmediatamente superior, por tanto, $P=8$.

A la hora de establecer las rutas de evacuación se deben tener en cuenta las distancias marcadas por la tabla del real decreto que se muestra a en la tabla 112.

Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas		
Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo(*)	35m(**)	50 m
Medio	25 m(***)	50 m
Alto	-----	25 m

(*) Para actividades de producción o almacenamiento clasificadas como riesgo bajo nivel 1, en las que se justifique que los materiales implicados sean exclusivamente de clase A y los productos de construcción, incluidos los revestimientos, sean igualmente de clase A, podrá aumentarse la distancia máxima de recorridos de evacuación hasta 100 m.

(**) La distancia se podrá aumentar a 50 m si la ocupación es inferior a 25 personas.

(***) La distancia se podrá aumentar a 35 m si la ocupación es inferior a 25 personas.

Tabla 112: Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas

Fuente: <https://www.boe.es/boe/dias/2004/12/17/pdfs/A41194-41255.pdf>

Como nuestra nave (sector 2) tiene un riesgo medio y dos salidas alternativas la distancia máxima de los recorridos de evacuación ha de ser inferior a 50 m.

Aunque para acceder a la zona 4, las oficinas, es necesario el uso de escaleras, ya que están en una primera planta, por tanto, según la norma la distancia máxima de la ruta de evacuación debe ser de 25 m. Cumplimos con este criterio, ya que la puerta de evacuación integrada en la puerta delantera de la nave está a una distancia menor a 25 m de las oficinas.

La ruta de evacuación del sector 1 al ser de tipo E deberá ser conforme a lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, y en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, y deberá cumplir, además, los requisitos siguientes:

- Anchura de la franja perimetral: la altura de la pila y como mínimo 5 m.
- Anchura para caminos de acceso de emergencia: 4,5 m.
- Separación máxima entre caminos de emergencia: 65 m.
- Anchura mínima de pasillos entre pilas: 1,5 m.

Cumplimos con los requisitos marcados, ya que la pila mide 2,5 m de altura y tiene ocho metros de ancho, por lo que la anchura de la franja perimetral debería ser de 7,5 m. Nosotros disponemos de una franja perimetral de ocho metros. Además, solo disponemos de una pila y, por tanto, de una ruta de evacuación.

En la ilustración 133 se muestra el plano de evacuación.

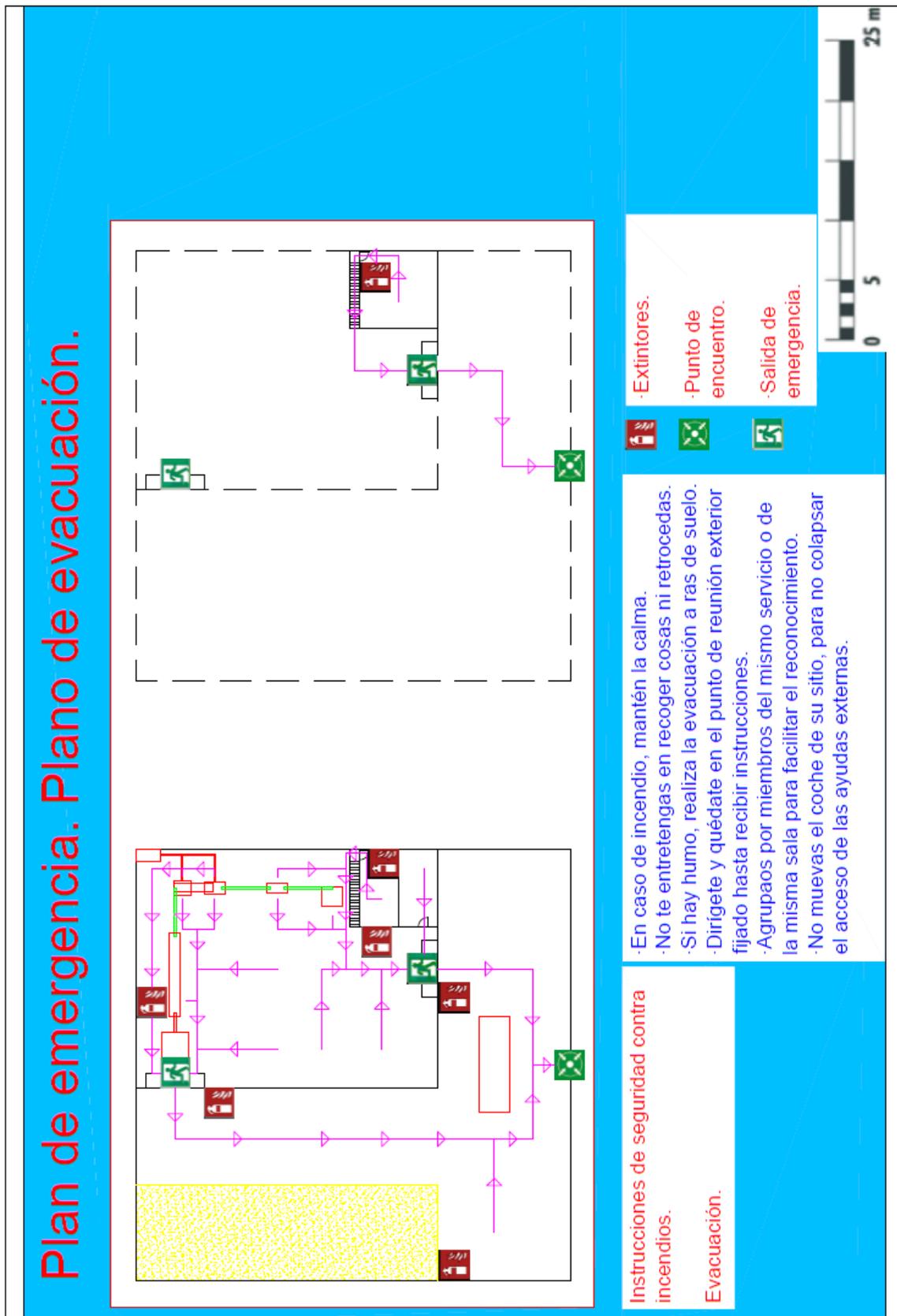


Ilustración 133: Plan de emergencia. Plano de evacuación

Fuente: Propia

8. Dispositivos de seguridad

En este punto se describen los dispositivos empleados para la protección contra incendios, así como una explicación de por qué se han empleado en función de lo que marca el real decreto.

- **Extintores de incendio:** Se instalarán extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales. Como nuestro combustible es de clase A (sólidos), tendremos que basarnos en la tabla 3.1 del real decreto, que se muestra en la tabla 113.

TABLA 3.1
DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES EN SECTORES DE INCENDIO CON CARGA DE FUEGO APORTADA POR COMBUSTIBLES DE CLASE A

GRADO DE RIESGO INTRÍNSECO DEL SECTOR DE INCENDIO	EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	ÁREA MÁXIMA PROTEGIDA DEL SECTOR DE INCENDIO
BAJO	21 A	Hasta 600 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
MEDIO	21 A	Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
ALTO	34 A	Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)

Tabla 113: Tabla 3.1 del real decreto

Fuente: <https://www.boe.es/boe/dias/2004/12/17/pdfs/A41194-41255.pdf>

Por tanto, deberemos gastar extintores 34 A para el sector 1 y extintores 21 A para el resto de sectores.

Como marca el real decreto 2267/2004, el emplazamiento de los extintores portátiles de incendio permitirá que sean fácilmente visibles y accesibles, estarán situados próximos a los puntos donde se estime mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución será tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supere 15 m.

En la ilustración 134 podemos ver el plano de la distribución de los extintores. Con esta distribución necesitaremos 3 extintores 34 A y 4 extintores 21 A.

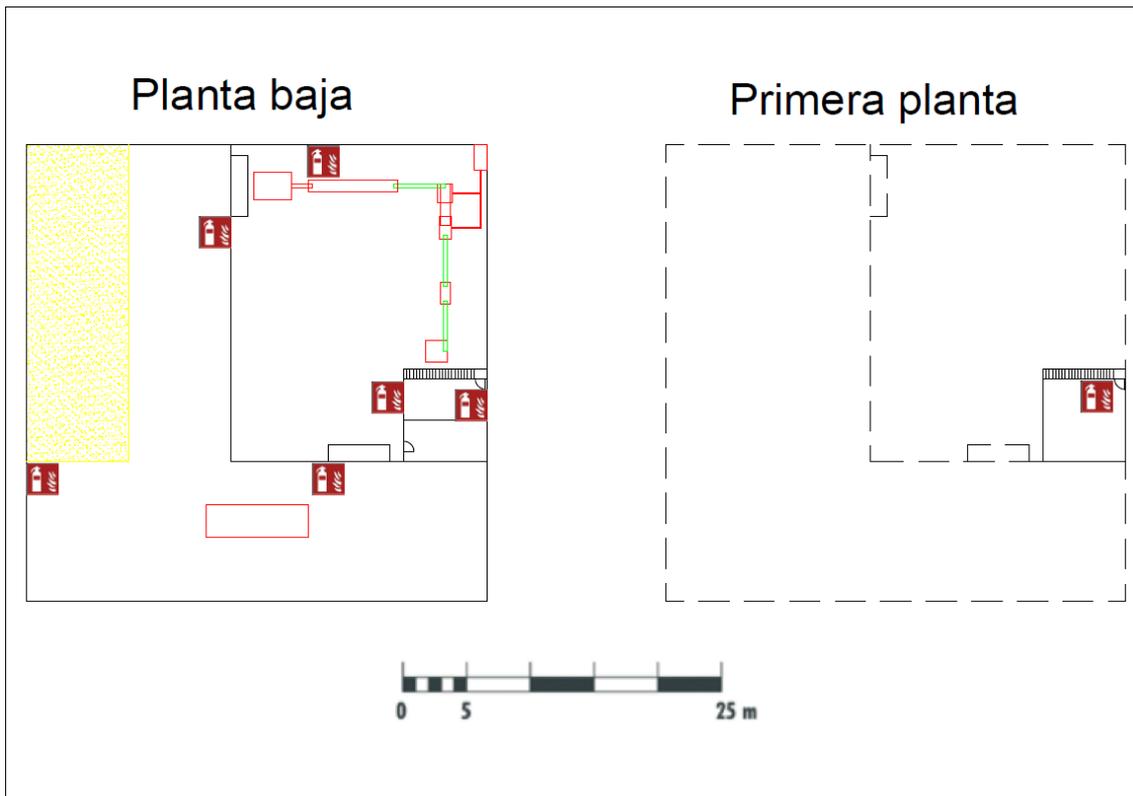


Ilustración 134: Distribución de los extintores

Fuente: Propia

- **Señalización:** Se procederá a la señalización de las salidas de uso habitual o de emergencia, así como la de los medios de protección contra incendios de utilización manual, cuando no sean fácilmente localizables desde algún punto de la zona protegida, teniendo en cuenta lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	241
1.1. CONDICIONES GENERALES DE ASPECTO FACULTATIVO	241
1.2. DEL PROYECTO Y SU EJECUCIÓN.....	242
2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES.....	243
2.1. ESPECIFICACIÓN DE ELEMENTOS Y MATERIALES	243
3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	244
3.1. INSTALACIONES EN BAJA TENSIÓN.....	244
3.2. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN	253
3.3. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS.....	256
4. ESPECIFICACIONES ASTILLADORA	260
5. PELLETIZADORA.....	261

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

El objetivo principal del presente pliego de condiciones es regular el proceso y la utilización de los sistemas planteados para llevar a cabo la valorización de los residuos.

Para el cumplir con el propósito de este documento se fijan los niveles técnicos y de calidad exigibles, precisando las intervenciones que corresponden, según normativa aplicable y contrato realizado.

1.1. CONDICIONES GENERALES DE ASPECTO FACULTATIVO

DELIMITACIÓN DE FUNCIONES TÉCNICAS

INGENIEROS

Son los encargados de la concepción y diseño de los sistemas necesarios para llevar a cabo el proceso de valorización de la biomasa. Re caerán sobre ellos las siguientes funciones y atribuciones:

- a) Planificar, en función de la normativa de aplicación y del contrato, el proceso de montaje y controles oportunos.
- b) Redactar, si es preciso, un plan de prevención de riesgos detallando las medidas a tener en cuenta.
- c) Asistir a los montajes si se precisa su presencia, por tal de solucionar imprevistos que puedan surgir.
- d) Realizar modificaciones del proyecto siempre y cuando sea antes de su ejecución y estén perfectamente justificadas, para ello se ha de entregar un nuevo documento, escrito y firmado, con las variaciones realizadas y las especificaciones oportunas. Estas modificaciones no podrán aumentar el presupuesto pactado.

CONSTRUCTOR

Son aquellas personas cuyas funciones se centran en la ejecución del proyecto. Cuentan con las siguientes funciones y atribuciones:

- a) Obligación de realizar todo lo necesario para el correcto montaje del proyecto, aunque no esté específicamente detallado en el pliego de condiciones, siempre y cuando esta orden venga dada por el ingeniero encargado del proyecto.
- b) Su presencia o en su defecto, la de la persona designada por él, es obligatoria en todo el proceso de fabricación, así como en su puesta en marcha.
- c) Bajo ningún concepto puede obviar las indicaciones del pliego de condiciones salvo que, previa consulta al ingeniero, se acepte la propuesta, estas nuevas indicaciones se tendrán que entregar por escrito y con su correspondiente firma.

1.2. DEL PROYECTO Y SU EJECUCIÓN

El constructor tiene la responsabilidad de garantizar el cumplimiento de los plazos establecidos por el contrato realizado, en caso de incumplimiento se tendrá que abonar la indemnización acordada por cada día de retraso.

En caso de incumplimiento de plazos de entrega debido a causas de fuerza mayor, correctamente justificadas, es posible pactar una prórroga en la entrega.

El constructor tiene la obligación de informar continuamente sobre el avance en el proceso de fabricación de los equipos.

En caso del incumplimiento de alguna de las normas detalladas en este pliego sobre alguno de los elementos utilizados en el proceso de fabricación, es el ingeniero el que tiene la potestad de decidir si el elemento es apto para el montaje o no, en caso de que este elemento no cumpliera los requisitos mínimos y el ingeniero decidiese proceder a su cambio, la realización de este trabajo correrá a cargo del constructor y no deberá modificar bajo ningún concepto los plazos de entrega.

El constructor tiene la libertad de reunir todo el material que crea necesario para la ejecución del proyecto, siempre y cuando éste cumpla con los requisitos establecidos tanto por normativa.

2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

2.1. ESPECIFICACIÓN DE ELEMENTOS Y MATERIALES

ELEMENTOS FABRICADOS

Los elementos fabricados deberán reunir las propiedades indicadas en los anexos adjuntos a este pliego, además las dimensiones, tolerancias y materiales deberán respetarse en todo momento.

En caso de incumplimiento de algunas de las características indicadas, el constructor deberá hacerse cargo de los gastos económicos que estos puedan suponer.

Los elementos tienen que pasar un control de calidad con la finalidad de garantizar los requisitos especificados.

COMPONENTES ADQUIRIDOS MEDIANTE COMPRA

Los elementos adquiridos de forma comercial, deberán reunir las características especificadas, bajo ningún concepto se podrán reducir las características técnicas de éstos.

En caso de la compra de otros productos distintos a los especificados en los anexos del presente proyecto, éstos deberán tener características iguales o superiores a los mencionados.

Además, deberán cumplir la normativa europea que les sea aplicable. Los equipos seleccionados para el desarrollo del proyecto de valorización de biomasa, se encuentran especificados en el presente "Pliego de Condiciones".

TRANSPORTE

El transporte de los elementos debe realizarse de tal forma que en su desplazamiento no sufran ningún tipo de daño e imperfección. En caso de imperfección, se tendrán que reemplazar por otro de idénticas características.

3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

3.1. INSTALACIONES EN BAJA TENSIÓN

Este Pliego de Condiciones determina condiciones mínimas aceptables para la ejecución de las obras de construcción y montaje de instalaciones en baja tensión. La instalación en baja tensión se realizará en el interior de la nave destinada a este proyecto.

Este pliego de condiciones es genérico para las instalaciones en baja tensión de manera que los sistemas de instalación interiores de los equipos quedarán condicionados al pliego específico del fabricante teniendo este último supremacía sobre este pliego general.

Los conductores

Los conductores eléctricos serán unipolares de cobre con aislamiento PVC o XLPE con una capacidad mínima de 0.4 kV. Los métodos de instalación serán según REBT de 2 de Agosto de 2002 en INST-BT-20 considerando que las instalaciones bajo tubo se realizarán según UNE-20-460.

Las intensidades admisibles serán en función del sistema de instalación, conductor, etc. Según UNE-20-460-94.

Los conductores serán no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, con características contempladas en la norma UNE-21123-4/5.

La sección de los cables será la indicada en el Anexo VI: instalación eléctrica, variando para cada toma de fuerza según las necesidades y para la parte de alumbrado. Se considerará la carga máxima a que se verá sometida cada una de las líneas, aumentando esta tanto en instalaciones trifásicas como monofásicas.

Los conductores de protección serán de cobre y presentarán el mismo aislamiento que los conductores. Se instalarán por la misma canalización que éstos.

La sección mínima de estos conductores será igual a la fijada por la tabla I en función de la sección de los conductores de fase de la instalación. (Instr. BT-07, REBT).

Necesariamente los conductores de la instalación se identificarán por los colores de su aislamiento, a saber:

- Fase: MARRON o NEGRO o GRIS
- Neutro: AZUL
- Tierra: AMARILLO – VERDE

Tubos protectores y canalizaciones

Los tubos serán según UNE 50.086 2-1/2-4 en función de cada una de las particularidades de la instalación. Los diámetros serán en función de las características de la instalación. El trazado de las canalizaciones bajo tubo protector se hará siguiendo líneas verticales y horizontales paralelas a aristas de paredes que limiten el local donde se efectúe la instalación.

Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originará reducciones de sección inadmisibles. Los radios mínimos de curvatura para cada clase de tubo serán los especificados por el fabricante conforme a UNE 50 086-2 2.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocarlos y fijados éstos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 m. El número de curvas en ángulo situadas entre dos registros consecutivos no será superior a 3.

Los registros podrán estar destinados a su vez como cajas de empalme y derivación.

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de llama. Las dimensiones de éstas serán las que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interno mínimo será de 60mm. Cuando sea necesario hacerlas estancas se deberán emplear prensaestopas o racores adecuados.

En los tubos metálicos sin aislamiento interior se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de la instalación previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos.

Los tubos metálicos accesibles se pondrán a tierra y no se utilizarán nunca como conductores de protección o de neutro.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta además las siguientes consideraciones:

Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre éstas, será como máximo de 0.5m.

Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan curvándose o usando los accesorios necesarios.

En alineaciones rectas, las desviaciones del eje entre extremos no serán superiores al 2% y siempre que sea posible, los tubos irán a una altura sobre el nivel del suelo de 2.5 m.

Montaje al aire

Solamente se permitirá su uso para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo.

La longitud de la conducción en el aire no será superior a 4 m y no empezará a una altura inferior a 2 m.

Cajas de empalme y derivación

Serán aislantes de PVC, con tapas ajustables mediante tornillos, en instalación vista y de presión en instalación empotrada. Sus dimensiones serán tales que permitan holgadamente todos los conductores que deben contener. Su profundidad equivaldrá cuando menos al diámetro del tubo mayor más un 50% del mismo, con un mínimo de 40 mm para su profundidad y 80 mm

para el diámetro o lado interior. En locales húmedos y mojados, el grado de protección exigido será IP-54 o IP-55.

Aparatos de mando y maniobra

El conjunto de aparatos de maniobra y mando interiores al generador serán según pliego de fabricante para las tensiones de trabajo especiales de 400 V e intensidades máximas nominales de 418 A con las intensidades de cortocircuitos asociadas, etc.

Son los interruptores y contactores, que cerrarán la corriente máxima del circuito en que están colocados, sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo cerrando los circuitos, sin posibilidad de tomar una posición intermedia, serán del tipo cerrado y material aislante.

Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura en ningún caso pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas.

Su construcción, será tal que permita realizar un número de maniobras de apertura y cierre, del orden de 10.000 con su carga nominal a la tensión de trabajo. Junto a cada uno de los interruptores de cuadro se colocará la indicación especificando la zona o servicio que protege.

Aparatos de protección

Son los disyuntores eléctricos, fusibles e interruptores diferenciales, habiendo sido en su mayor parte descritos en el apartado anterior, por ser a la vez que aparatos de protección, aparatos de gobierno y maniobra.

Los disyuntores serán de tipo magnetotérmico de accionamiento manual y podrán cortar a la corriente máxima del circuito en que están colocados sin dar lugar a la formación de arcos permanentes abriendo y cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia.

Su capacidad de corte, para la protección del cortocircuito estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en un punto de la instalación y para la protección contra el calentamiento de las líneas se regulará para una temperatura inferior a los 60°C. En ningún caso será inferior a 6 kA en generales. Todo el sistema de protección y corte instalado llevará marcada la intensidad y tensión nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión. Tanto los disyuntores como los interruptores diferenciales cuando no puedan soportar las corrientes de corto circuito irán acopiados con fusibles calibrados. La intensidad nominal irá en función de la demanda de potencia en el circuito protegido y su sensibilidad será de 30 y 300 mA. Los fusibles empleados para proteger los circuitos secundarios o receptores serán calibrados a la intensidad del circuito que protegen. Se dispondrán sobre material aislante e incombustible y estarán contruidos de forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Se podrán recambiar bajo tensión sin peligro alguno y llevarán marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Interruptores diferenciales

Los interruptores que admitan la regulación de algún parámetro estarán ajustados a las condiciones del parámetro exigidas en el proyecto. Todos los conductores quedarán conectados a los bornes correspondientes, y ninguna parte accesible del elemento instalado entrará en tensión a excepción de los puntos de conexión. Los interruptores se montarán siguiendo las indicaciones del fabricante, y atendiendo a las especificaciones de los reglamentos. No se

trabajará con tensión en la red, antes de proceder a la conexión se verificará que los conductores están sin tensión.

Se identificarán los conductores de cada fase y neutro para su correcta conexión a los bornes del interruptor y se comprobará que los conductores queden apretados de forma segura. Cuando la sección de los conductores lo requiera se usarán terminales para la conexión.

- **UNIDAD DE OBRA IED010: DERIVACIÓN INDIVIDUAL.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Derivación individual trifásica para local comercial u oficina, delimitada entre la centralización de contadores o la caja de protección y medida y el cuadro de mando y protección de cada usuario, formada por cables unipolares con conductores de cobre, ES07Z1-K (AS) Cca-s1b,d1,a1 4x70+1G35 mm², siendo su tensión asignada de 450/750 V, en conducto de obra de fábrica (no incluido en este precio). Incluso hilo de mando para cambio de tarifa, cortafuegos y tubo protector corrugado, de polipropileno, de 110 mm de diámetro, para minimizar el efecto de roces, aumentar las propiedades mecánicas de la instalación y para facilitar la sustitución y/o ampliación de los cables. Totalmente montada, conexionada y probada.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación:

- REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- ITC-BT-15 y GUÍA-BT-15. Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales.

Instalación y colocación de los tubos:

- UNE 20460-5-523. Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.
- ITC-BT-19 y GUÍA-BT-19. Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.
- ITC-BT-20 y GUÍA-BT-20. Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación.
- ITC-BT-21 y GUÍA-BT-21. Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectoras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.

Se comprobará que su situación y recorrido se corresponden con los de Proyecto, y que hay espacio suficiente para su instalación.

DEL CONTRATISTA.

Las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.

PROCESO DE EJECUCIÓN**FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo y trazado de la línea. Colocación y fijación del tubo. Colocación de elementos cortafuegos. Tendido de cables. Conexionado.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

Los registros serán accesibles desde zonas comunitarias.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerá de la humedad y del contacto con materiales agresivos.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

- **UNIDAD DE OBRA IEO040: BANDEJA PARA SOPORTE Y CONDUCCIÓN DE CABLES ELÉCTRICOS.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 60x200 mm, resistencia al impacto 20 julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con resistencia a la intemperie y a los agentes químicos, con 1 compartimento, con soporte horizontal, de PVC, color gris RAL 7035.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación: REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA**DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación y recorrido se corresponden con los de Proyecto, y que hay espacio suficiente para su instalación.

DEL CONTRATISTA.

Las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo. Fijación del soporte. Colocación y fijación de la bandeja.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

La instalación podrá revisarse con facilidad.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

- **UNIDAD DE OBRA IEC010: CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro e instalación en peana prefabricada de hormigón armado, en vivienda unifamiliar o local, de caja de protección y medida CPM2-D4, de hasta 63 A de intensidad, para 1 contador trifásico, formada por una envolvente aislante, precintable, autoventilada y con mirilla de material transparente resistente a la acción de los rayos ultravioletas, para instalación a la intemperie. Incluso equipo completo de medida, bornes de conexión, bases cortacircuitos y fusibles para protección de la derivación individual. Normalizada por la empresa suministradora y preparada para acometida subterránea. Totalmente montada, conexiónada y probada.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación:

- REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- ITC-BT-13 y GUÍA-BT-13. Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección.
- Normas de la compañía suministradora.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que la zona de ubicación está completamente terminada.

DEL CONTRATISTA.

Las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.

PROCESO DE EJECUCIÓN**FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo de la situación de los conductos y anclajes de la caja. Fijación. Colocación de tubos y piezas especiales. Conexionado.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

Se garantizará el acceso permanente desde la vía pública y las condiciones de seguridad.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

- **UNIDAD DE OBRA IEC020: CAJA GENERAL DE PROTECCIÓN.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro e instalación en el interior de hornacina mural de caja general de protección, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 250 A, esquema 9, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102, que se cerrará con puerta metálica con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegida de la corrosión y con cerradura o candado. Normalizada por la empresa suministradora y preparada para acometida subterránea. Incluso elementos de fijación y conexión con la conducción enterrada de puesta a tierra. Totalmente montada, conexionada y probada.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación:

- REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- ITC-BT-13 y GUÍA-BT-13. Instalaciones de enlace. Cajas generales de protección.
- Normas de la compañía suministradora.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA**DEL SOPORTE.**

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que la zona de ubicación está completamente terminada.

DEL CONTRATISTA.

Las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.

PROCESO DE EJECUCIÓN**FASES DE EJECUCIÓN.**

Replanteo de la situación de los conductos y anclajes de la caja. Fijación del marco. Colocación de la puerta. Colocación de tubos y piezas especiales. Conexiónado.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

Se garantizará el acceso permanente desde la vía pública y las condiciones de seguridad.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

- **UNIDAD DE OBRA IEH010: CABLE CON AISLAMIENTO.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Incluso p/p de accesorios y elementos de sujeción. Totalmente montado, conexiónado y probado.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Longitud medida según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA**DEL SOPORTE.**

Se comprobarán las separaciones mínimas de las conducciones con otras instalaciones.

DEL CONTRATISTA.

Las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.

FASES DE EJECUCIÓN.

Tendido del cable. Conexionado.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerá de la humedad y del contacto con materiales agresivos.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá la longitud realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

3.2. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

- **UNIDAD DE OBRA III120: LUMINARIA SUSPENDIDA TIPO DOWNLIGHT.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Luminaria suspendida tipo Downlight, de 320 mm de diámetro y 355 mm de altura, para lámpara fluorescente triple TC-TEL de 70 W, modelo Miniyes 1x70W TC-TEL Reflector "LAMP", con cuerpo de aluminio extruido de color RAL 9006 con equipo de encendido electrónico y aletas de refrigeración; protección IP20; reflector metalizado, acabado mate; sistema de suspensión por cable de acero de 3x0,75 mm de diámetro y 4 m de longitud máxima. Incluso lámparas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto. El paramento soporte estará completamente acabado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

El nivel de iluminación será adecuado y uniforme. La fijación al soporte será correcta.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

- **UNIDAD DE OBRA III130: LUMINARIA EMPOTRADA.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro e instalación empotrada de luminaria cuadrada de techo de luz reflejada, de 597x597x127 mm, para 4 lámparas fluorescentes T5 de 14 W; cuerpo de luminaria de chapa de acero acabado termoesmaltado de color blanco; óptica formada por reflector de chapa de acero acabado termoesmaltado mate de color blanco y difusor de policarbonato termoconformado; balasto electrónico; protección IP20 y aislamiento clase F. Incluso lámparas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto. El paramento soporte estará completamente acabado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

El nivel de iluminación será adecuado y uniforme. La fijación al soporte será correcta.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

CRITERIO DE VALORACIÓN ECONÓMICA

El precio no incluye las ayudas de albañilería para instalaciones.

- **UNIDAD DE OBRA IIX005: LUMINARIA DE EXTERIOR INSTALADA EN SUPERFICIE O EMPOTRADA.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro e instalación en la superficie del techo de luminaria circular, de 311 mm de diámetro y 90 mm de altura, para 1 lámpara halógena QT 32 de 75 W, con cuerpo de luminaria de aluminio inyectado y acero inoxidable, vidrio opal con rosca, portalámparas E 27, clase de protección I, grado de protección IP44, aislamiento clase F. Incluso lámparas.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto. El paramento soporte estará completamente acabado.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo. Montaje, conexionado y comprobación de su correcto funcionamiento.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

El nivel de iluminación será adecuado y uniforme. La fijación al soporte será correcta.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

3.3. INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS.

- **UNIDAD DE OBRA IOX010: EXTINTOR.**

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

En caso de utilizar en un mismo local extintores de tipos diferentes, se tendrá en cuenta la posible incompatibilidad entre los distintos agentes de los mismos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro y colocación de **extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora.** Incluso soporte y accesorios de montaje.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación:

CTE. DB-HS Salubridad.

Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que la zona de ubicación está completamente terminada.

DEL CONTRATISTA.

Las instalaciones se ejecutarán por empresas instaladoras autorizadas para el ejercicio de la actividad.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo. Colocación y fijación del soporte. Colocación del extintor.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

El extintor quedará totalmente visible. Llevará incorporado su correspondiente placa identificativa.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerá frente a golpes.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Proyecto.

- **UNIDAD DE OBRA IOX010: EXTINTOR.**

MEDIDAS PARA ASEGURAR LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS DIFERENTES PRODUCTOS, ELEMENTOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS QUE COMPONEN LA UNIDAD DE OBRA.

En caso de utilizar en un mismo local extintores de tipos diferentes, se tendrá en cuenta la posible incompatibilidad entre los distintos agentes de los mismos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 34A-233B-C, con 9 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora. Incluso soporte y accesorios de montaje.

NORMATIVA DE APLICACIÓN

Instalación:

-CTE. DB-SI Seguridad en caso de incendio.

-Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que la zona de ubicación está completamente terminada.

DEL CONTRATISTA.

Las instalaciones se ejecutarán por empresas instaladoras autorizadas para el ejercicio de la actividad.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo. Colocación y fijación del soporte. Colocación del extintor.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

El extintor quedará totalmente visible. Llevará incorporado su correspondiente placa identificativa.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerá frente a golpes.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente colocadas según especificaciones de Proyecto.

- **UNIDAD DE OBRA IOS010: SEÑALIZACIÓN DE EQUIPOS CONTRA INCENDIOS.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro y colocación de **placa de señalización de equipos contra incendios, de poliestireno fotoluminiscente, de 210x210 mm.** Incluso **elementos de fijación.**

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que la zona de ubicación está completamente terminada.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo. Fijación al paramento.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

La visibilidad será adecuada.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

- **UNIDAD DE OBRA IOS020: SEÑALIZACIÓN DE MEDIOS DE EVACUACIÓN.**

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Suministro y colocación de **placa de señalización de medios de evacuación, de poliestireno fotoluminiscente, de 210x210 mm.** Incluso **elementos de fijación.**

CRITERIO DE MEDICIÓN EN PROYECTO

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

CONDICIONES PREVIAS QUE HAN DE CUMPLIRSE ANTES DE LA EJECUCIÓN DE LAS UNIDADES DE OBRA

DEL SOPORTE.

Se comprobará que su situación se corresponde con la de Proyecto y que la zona de ubicación está completamente terminada.

PROCESO DE EJECUCIÓN

FASES DE EJECUCIÓN.

Replanteo. Fijación al paramento.

CONDICIONES DE TERMINACIÓN.

La visibilidad será adecuada.

CONSERVACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

CRITERIO DE MEDICIÓN EN OBRA Y CONDICIONES DE ABONO

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

4. ESPECIFICACIONES ASTILLADORA

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

MANTENIMIENTO

A la entrega de la máquina el depósito hidráulico está lleno de aceite hidráulico hasta la marca superior del tubo de inspección. Tras 50 horas de funcionamiento debe sustituirse el filtro. Después hay que cambiarlo según lo establecido en la tabla de mantenimiento. Este cambio es imprescindible para la validez de la garantía. Los trabajos de mantenimiento y reparación deben ser llevados a cabo por personal especializado.

Cuchillas y contracuchillas

Es conveniente comprobar a diario, antes de empezar a usar la máquina, las cuchillas y las contracuchillas y asegurarse de que están bien ajustadas y en condiciones óptimas. Las cuchillas y contracuchillas desgastadas necesitan más energía para funcionar. También ocasionan desgaste en las correas de distribución. Los cojinetes se sobrecargan y el consumo de combustible aumenta.

El disco suele tener dos cuchillas, que cortan la madera en pequeños trozos. Es por ello, que el estado de las cuchillas condicionará en gran medida el corte de la madera.

Las cuchillas deben afilarse en cuanto estén visiblemente desgastadas o cuando la alimentación resulte más difícil (cuando las cuchillas rechazan la madera).

Las cuchillas se desmontan destornillando los tornillos y la arandela rectangular. Tras reemplazarlas hay que reapretarlas. El ajuste final se hace con los tornillos.

Tras afilarlas, el operario deberá asegurarse de que los bordes estén totalmente lisos y uniformes, eliminando cualquier rebaba lijándolas. Las cuchillas que no queden lisas pueden producir una mala calidad de corte, con lo que la alimentación resulta más difícil y en consecuencia las cuchillas se desgastan antes.

Al montar de nuevo las cuchillas, debe ajustar la holgura entre la cuchilla y la contracuchilla.

Instrucciones de afilado

Las cuchillas están hechas de acero endurecido. Cuando, durante el afilado, la cuchilla se calienta, el filo cortante se endurece y las hace más frágiles, pudiendo causar mellas.

Por ello, hay que tener en cuenta lo siguiente:

1. Utilización de un sistema de afilado suave y adecuado para estos materiales.
2. Uso de una afiladora sin vibraciones y estable.
3. El proceso de afilado debe llevarse a cabo dirigiendo una fuente de refrigeración directa al punto de afilado (afilado en húmedo).
4. Ajuste adecuado del ángulo de afilado.

5. PELLETIZADORA

MANTENIMIENTO

El mantenimiento de este tipo de maquinaria de granulación incluye el seguimiento de una correcta lubricación e inspección y mantenimiento de la matriz y del rodillo.

Lubricación componentes móviles del equipo

Básicamente, el aceite lubricante es necesario en la caja de cambios y en todos los cojinetes de la caja de engranajes y otras piezas giratorias que componen el sistema, para un adecuado funcionamiento de la máquina se aconseja que se revisen sus niveles antes de su puesta en marcha. Para un uso continuado de la máquina se recomienda un cambio de lubricante cada 6 meses.

Mantenimiento de rodillos y matriz

Se recomienda llevar a cabo la inspección y mantenimiento de los rodillos y de la matriz al mismo tiempo. Antes de arrancar la máquina se deberá comprobar que no hay ningún material indeseable en el interior del habitáculo de pelletizado.

PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Presupuesto por capítulos.....	265
CAPÍTULO 1: MAQUINARIA.....	265
CAPÍTULO 2: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN.....	266
CAPÍTULO 3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	267
CAPÍTULO 4: PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	272
2. Presupuesto de ejecución material (PEM).....	273
3. Presupuesto de ejecución por contrata (PEC).....	274
4. Presupuesto final.....	275

1. Presupuesto por capítulos

CAPÍTULO 1: MAQUINARIA

MAQUINARIA				
Concepto	Descripción	Precio (€)	Unidades	Total
Tractor	Tractor John Deere 5050 E	31.500,00 €	1	31.500,00 €
Astilladora	Biotrituradora astilladora JANSEN BX-62RS para tractores	3.499,00 €	1	3.499,00 €
Camión	Nissan Atleon 35.13	27.800,00 €	1	27.800,00 €
Báscula puente	Báscula para Furgonetas EP-42	9.970,00 €	1	9.970,00 €
Carretilla elevadora	RX50-13 Carretilla E Still (3 ruedas)	9.790,00 €	1	9.790,00 €
Tolva recogida	Tolva recogida granel	953,00 €	1	953,00 €
Cilindro hidráulico	Accesorio tolva	769,50 €	1	769,50 €
Tolva con tornillo sinfín	Extractor de biomasa - ECP-3000	2.600,00 €	1	2.600,00 €
Túnel de secado	Secador-microondas TL-45/304SS	9.500,00 €	1	9.500,00 €
Molino de martillos	Refinador RC-400	3.400,00 €	1	3.400,00 €
Cargador	Cargador / dispensador de materias primas - CRT-100	1.800,00 €	1	1.800,00 €
Peletizadora	Peletizadora PLT-1000 - P008	16.500,00 €	1	16.500,00 €
Unidad de filtrado	Unidad de filtrado - RC-1000	1.600,00 €	1	1.600,00 €
Enfriadora	Enfriador de pellets - RPL-1000	2.800,00 €	1	2.800,00 €
Tamizadora	Vibrador de 2 motores - VBR-30	4.000,00 €	1	4.000,00 €
Envasadora	Envasadora de big bags DCS-1000-ZL-DG	9.000,00 €	1	9.000,00 €
Cintas transportadoras	Cinta transportadora - NT4X300 ET	2.100,00 €	3	6.300,00 €

TOTAL CAPÍTULO 2: MAQUINARIA = 141.781,50 €

CAPÍTULO 2: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN

III120 Ud Luminaria suspendida tipo Downlight.

Luminaria suspendida tipo Downlight, de 320 mm de diámetro y 355 mm de altura, para lámpara fluorescente triple TC-TEL de 70 W, modelo Miniyes 1x70W TC-TEL Reflector "LAMP", con cuerpo de aluminio extruido de color RAL 9006 con equipo de encendido electrónico y aletas de refrigeración; protección IP20; reflector metalizado, acabado mate; sistema de suspensión por cable de acero de 3x0,75 mm de diámetro y 4 m de longitud máxima. Incluso lámparas.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt34lam050Aae	Ud	Luminaria suspendida tipo Downlight, de 320 mm de diámetro y 355 mm de altura, para lámpara fluorescente triple TC-TEL de 70 W, modelo Miniyes 1x70W TC-TEL Reflector "LAMP", con cuerpo de aluminio extruido de color RAL 9006 con equipo de encendido electrónico y aletas de refrigeración; protección IP20; reflector metalizado, acabado mate; sistema de suspensión por cable de acero de 3x0,75 mm de diámetro y 4 m de longitud máxima.	11,000	170,73	1878,03
mt34tuf020x	Ud	Lámpara fluorescente compacta TC-TEL de 70 W.	1,000	18,10	18,10
			Subtotal materiales:		1896,13
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,200	19,11	3,82
mo102	h	Ayudante electricista.	0,200	17,50	3,50
			Subtotal mano de obra:		7,32
3		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2,000	1903,45	38,07
Coste de mantenimiento decenal: 110,04€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		1941,52

III130 Ud Luminaria empotrada.

Suministro e instalación empotrada de luminaria cuadrada modular, de 596x596x91 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W, con cuerpo de luminaria

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt34lam010cp	Ud	Luminaria cuadrada modular, de 596x596x91 mm, para 3 lámparas fluorescentes TL de 18 W, con cuerpo de luminaria de chapa de acero acabado lacado, de color blanco y lamas transversales estriadas; reflector de aluminio, acabado brillante; balasto magnético; protección IP20 y aislamiento clase F, para empotrar.	11,000	79,49	874,39
mt34tuf010k	Ud	Tubo fluorescente TL de 18 W.	3,000	7,21	21,63
			Subtotal materiales:		896,02
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,400	19,11	7,64
mo102	h	Ayudante electricista.	0,400	17,50	7,00
			Subtotal mano de obra:		14,64
3		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2,000	910,66	18,21
Coste de mantenimiento decenal: 64,94€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		928,87

IIIX005 U Luminaria de exterior instalada en superficie o empotrada.

d

Suministro e instalación en la superficie del techo de luminaria circular, de 311 mm de diámetro y 90 mm de altura, para 1 lámpara halógena QT 32 de

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt34beg020ia	Ud	Luminaria circular, de 311 mm de diámetro y 90 mm de altura, para 1 lámpara halógena QT 32 de 75 W, con cuerpo de luminaria de aluminio inyectado y acero inoxidable, vidrio opal con rosca, portalámparas E 27, clase de protección I, grado de protección IP44, aislamiento clase F; para instalar en la superficie del techo o de la pared.	14,000	155,63	2178,82
mt34lha0	Ud	Lámpara halógena QT 32 de 75 W.	1,000	9,77	9,77
			Subtotal materiales:		2188,59
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,150	19,11	2,87
mo102	h	Ayudante electricista.	0,150	17,50	2,63
			Subtotal mano de obra:		5,50
3		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2,000	2194,09	43,88
Coste de mantenimiento decenal: 130,74€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		2237,97

TOTAL CAPÍTULO 3: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN = 5.108,36 €

CAPÍTULO 3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA

IEC010 Ud Caja de protección y medida.

Caja de protección y medida CPM2-D4, de hasta 63 A de intensidad, para 1 contador trifásico, instalada en peana prefabricada de hormigón armado, en vivienda unifamiliar o local.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1					
Materiales					
mt35cgp010k	Ud	Caja de protección y medida CPM2-D4, de hasta 63 A de intensidad, para 1 contador trifásico, formada por una envolvente aislante, precintable, autoventilada y con mirilla de material transparente resistente a la acción de los rayos ultravioletas, para instalación a la intemperie. Incluso equipo completo de medida, bornes de conexión, bases cortacircuitos y fusibles para protección de la derivación individual. Normalizada por la empresa suministradora. Según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK09 según UNE-EN 50102.	1,000	414,80	414,80
mt35cgp040h	m	Tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1.	3,000	5,44	16,32
mt35cgp040f	m	Tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1.	1,000	3,73	3,73
mt35cgp100	Ud	Peana prefabricada de hormigón armado para ubicación de 1 ó 2 cajas de protección y medida.	1,000	63,11	63,11
mt35cgp101	Ud	Juego de pernos metálicos de anclaje para sujeción de armario a peana prefabricada de hormigón armado.	1,000	10,97	10,97
mt35www010	Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	1,000	1,48	1,48
				Subtotal materiales:	510,41
2					
Mano de obra					
mo020	h	Oficial 1ª construcción.	1,003	18,56	18,62
mo113	h	Peón ordinario construcción.	1,003	17,28	17,33
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,502	19,11	9,59
mo102	h	Ayudante electricista.	0,502	17,50	8,79
				Subtotal mano de obra:	54,33
3					
Costes directos complementarios					
%	Costes directos complementarios		2,000	564,74	11,29
Coste de mantenimiento decenal: 28,80€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		576,03

IED010 m Derivación individual.

Derivación individual trifásica para local comercial u oficina, formada por cables unipolares con conductores de cobre, ES07Z1-K (AS) Cca-s1b,d1,a1 4x70+1G35 mm², siendo su tensión asignada de 450/750 V, en conducto de obra de fábrica bajo tubo protector corrugado, de polipropileno.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1					
Materiales					
mt35aia060e	m	Tubo curvable de polipropileno de doble pared (interior lisa y exterior corrugada), de color gris, de 110 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (suelos, paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 2 Julios, temperatura de trabajo -5°C hasta 90°C, con grado de protección IP549 según UNE 20324, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22.	77,000	7,83	602,91
mt35cun020j	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 70 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	308,000	20,72	6381,76
mt35cun020h	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 35 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	77,000	9,64	742,28
mt35der011a	m	Conductor de cobre de 1,5 mm² de sección, para hilo de mando, de color rojo (tarifa nocturna).	77,000	0,13	10,01
mt35ait020	Ud	Elemento cortafuegos, para evitar la propagación de las llamas en conducto de obra de fábrica en instalación eléctrica. Incluso elementos de fijación.	0,111	7,36	0,82
mt35www010	Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	0,200	1,48	0,30
				Subtotal materiales:	7738,08
2					
Mano de obra					
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,056	19,11	1,07
mo102	h	Ayudante electricista.	0,060	17,50	1,05
				Subtotal mano de obra:	2,12
3					
Costes directos complementarios					
%	Costes directos complementarios		2,000	7740,20	154,80
Coste de mantenimiento decenal: 5,29€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		7895,00

IEC020 Ud Caja general de protección.

Caja general de protección, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 250 A, esquema 9.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt35cgp020fs	Ud	Caja general de protección, equipada con bornes de conexión, bases unipolares previstas para colocar fusibles de intensidad máxima 250 A, esquema 9, para protección de la línea general de alimentación, formada por una envolvente aislante, precintable y autoventilada, según UNE-EN 60439-1, grado de inflamabilidad según se indica en UNE-EN 60439-3, con grados de protección IP43 según UNE 20324 e IK08 según UNE-EN 50102.	1,000	142,29	142,29
mt35cgp040h	m	Tubo de PVC liso, serie B, de 160 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1.	3,000	5,44	16,32
mt35cgp040f	m	Tubo de PVC liso, serie B, de 110 mm de diámetro exterior y 3,2 mm de espesor, según UNE-EN 1329-1.	3,000	3,73	11,19
mt26cgp010	Ud	Marco y puerta metálica con cerradura o candado, con grado de protección IK10 según UNE-EN 50102, protegidos de la corrosión y normalizados por la empresa suministradora, para caja general de protección.	1,000	110,00	110,00
mt35www010	Ud	Material auxiliar para instalaciones eléctricas.	1,000	1,48	1,48
			Subtotal materiales:		281,28
2 Mano de obra					
mo020	h	Oficial 1ª construcción.	0,301	18,56	5,59
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,301	17,28	5,20
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,502	19,11	9,59
mo102	h	Ayudante electricista.	0,502	17,50	8,79
			Subtotal mano de obra:		29,17
3 Costes directos complementarios					
% Costes directos complementarios			2,000	310,45	6,21
Coste de mantenimiento decenal: 15,83€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		316,66

IEO040 m Bandeja para soporte y conducción de cables eléctricos.

Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 60x200 mm, resistencia al impacto 20 Julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con resistencia a la intemperie y a los agentes químicos, con 1 compartimento, con soporte horizontal, de PVC, color gris RAL 7035.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt35une001d	m	Bandeja perforada de PVC, color gris RAL 7035, de 60x200 mm, resistencia al impacto 20 Julios, propiedades eléctricas: aislante, no propagador de la llama, estable frente a los rayos UV y con resistencia a la intemperie y a los agentes químicos, según UNE-EN 61537, suministrada en tramos de 3 m de longitud, para soporte y conducción de cables eléctricos.	51,500	15,44	795,16
mt35une006a	Ud	Pieza de unión entre tramos de bandeja, de PVC, color gris RAL 7035, de 60 mm de altura, incluso tornillos de PVC.	0,667	3,04	2,03
mt35une015ac	Ud	Soporte horizontal, de PVC, color gris RAL 7035, incluso tornillos de PVC.	1,000	7,87	7,87
			Subtotal materiales:		805,06
2 Mano de obra					
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,331	19,11	6,33
mo102	h	Ayudante electricista.	0,165	17,50	2,89
			Subtotal mano de obra:		9,22
3 Costes directos complementarios					
% Costes directos complementarios			2,000	814,28	16,29
Coste de mantenimiento decenal: 1,76€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		830,57

IEH010 m Cable con aislamiento.

Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Eca, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm² de sección, con aislamiento de PVC (V).

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35cun040aa	m	Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm ² de sección, con aislamiento de PVC (V). Según UNE 21031-3.	19,500	0,25	4,88
			Subtotal materiales:		4,88
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,010	19,11	0,19
mo102	h	Ayudante electricista.	0,010	17,50	0,18
			Subtotal mano de obra:		0,37
3		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2,000	5,25	0,11
Coste de mantenimiento decenal: 0,03€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		5,36

IEH010 m Cable con aislamiento.

Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35cun020a	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	1284,820	0,41	526,78
			Subtotal materiales:		526,78
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,010	19,11	0,19
mo102	h	Ayudante electricista.	0,010	17,50	0,18
			Subtotal mano de obra:		0,37
3		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2,000	527,15	10,54
Coste de mantenimiento decenal: 0,04€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		537,69

IEH010 m Cable con aislamiento.

Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 4 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35cun020c	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 4 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	108,000	0,90	97,20
			Subtotal materiales:		97,20
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,010	19,11	0,19
mo102	h	Ayudante electricista.	0,010	17,50	0,18
			Subtotal mano de obra:		0,37
3		Costes directos complementarios			
%		Costes directos complementarios	2,000	97,57	1,95
Coste de mantenimiento decenal: 0,07€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		99,52

IEH010 m Cable con aislamiento.

Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 16 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35cun020f	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 16 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	40,690	4,00	162,76
			Subtotal materiales:		162,76
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,015	19,11	0,29
mo102	h	Ayudante electricista.	0,015	17,50	0,26
			Subtotal mano de obra:		0,55
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	163,31	3,27
Coste de mantenimiento decenal: 0,23€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		166,58

IEH010 m Cable con aislamiento.

Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 25 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35cun020g	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 25 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	185,990	5,92	1101,06
			Subtotal materiales:		1101,06
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,025	19,11	0,48
mo102	h	Ayudante electricista.	0,025	17,50	0,44
			Subtotal mano de obra:		0,92
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	1101,98	22,04
Coste de mantenimiento decenal: 0,35€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		1124,02

IEH010 m Cable con aislamiento.

Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 35 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35cun020h	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 35 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	19,250	9,64	185,57
			Subtotal materiales:		185,57
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,025	19,11	0,48
mo102	h	Ayudante electricista.	0,025	17,50	0,44
			Subtotal mano de obra:		0,92
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	186,49	3,73
Coste de mantenimiento decenal: 0,54€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		190,22

IEH010 m Cable con aislamiento.

Cable unipolar ES07Z1-K (AS), reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 50 mm² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt35cun020i	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), siendo su tensión asignada de 450/750 V, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 50 mm ² de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 211025.	69,690	14,35	1000,05
			Subtotal materiales:		1000,05
2		Mano de obra			
mo003	h	Oficial 1ª electricista.	0,025	19,11	0,48
mo102	h	Ayudante electricista.	0,025	17,50	0,44
			Subtotal mano de obra:		0,92
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	1000,97	20,02
Coste de mantenimiento decenal: 0,78€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		1020,99

TOTAL CAPÍTULO 4: INSTALACIÓN ELÉCTRICA = 12.762,64 €

CAPÍTULO 4: PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

IOX010 Ud Extintor 21A.

Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora. Incluso soporte y accesorios de montaje.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt41ixi010a	Ud	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 21A-144B-C, con 6 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, con accesorios de montaje, según UNE-EN 3.	4,000	41,83	167,32
Subtotal materiales:					167,32
2		Mano de obra			
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,100	17,28	1,73
Subtotal mano de obra:					1,73
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	169,05	3,38
Coste de mantenimiento decenal: 162,17€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		172,43

IOX010 Ud Extintor 34A.

Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 34A-233B-C, con 9 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, con accesorios de montaje, según UNE-EN 3.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt41ixi010b	Ud	Extintor portátil de polvo químico ABC polivalente antibrasa, con presión incorporada, de eficacia 34A-233B-C, con 9 kg de agente extintor, con manómetro y manguera con boquilla difusora, con accesorios de montaje, según UNE-EN 3.	3,000	53,12	159,36
Subtotal materiales:					159,36
2		Mano de obra			
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,100	17,28	1,73
Subtotal mano de obra:					1,73
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	161,09	3,22
Coste de mantenimiento decenal: 204,22€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		164,31

IOS010 Ud Señalización de equipos contra incendios.

Placa de señalización de equipos contra incendios, de poliestireno fotoluminiscente, de 210x210 mm. Incluso elementos de fijación.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt41sny020g	Ud	Placa de señalización de equipos contra incendios, de poliestireno fotoluminiscente, de 210x210 mm, según UNE 23033-1. Incluso elementos de fijación.	20,000	3,80	76,00
Subtotal materiales:					76,00
2		Mano de obra			
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,200	17,28	3,46
Subtotal mano de obra:					3,46
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	79,46	1,59
Coste de mantenimiento decenal: 4,74€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		81,05

IOS020 Ud Señalización de medios de evacuación.

Placa de señalización de medios de evacuación, de poliestireno fotoluminiscente, de 210x210 mm. Incluso elementos de fijación.

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1		Materiales			
mt41sny020s	Ud	Placa de señalización de medios de evacuación, de poliestireno fotoluminiscente, de 210x210 mm, según UNE 23034. Incluso elementos de fijación.	20,000	3,80	76,00
Subtotal materiales:					76,00
2		Mano de obra			
mo113	h	Peón ordinario construcción.	0,200	17,28	3,46
Subtotal mano de obra:					3,46
3		Costes directos complementarios			
	%	Costes directos complementarios	2,000	79,46	1,59
Coste de mantenimiento decenal: 4,74€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):		81,05

TOTAL CAPÍTULO 5: PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS = 498,84 €

2. Presupuesto de ejecución material (PEM)

CAPÍTULO 1: MAQUINARIA 141.781,50 €

CAPÍTULO 2: INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN 5.108,36 €

CAPÍTULO 3: INSTALACIÓN ELÉCTRICA 12.762,64 €

CAPÍTULO 4: PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS 498,84 €

TOTAL 160.151,34 €

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CIENTO SESENTA MIL CIENTO CINCUENTA Y UN EUROS Y TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS.

3. Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM) 160.151,34 €

12% GASTOS GENERALES 19.218,16 €

6% BENEFICIO INDUSTRIAL 9.609,08 €

TOTAL 188.978.58 €

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de CIENTO OCHENTA Y OCHO MIL NOVECIENTOS SETENTA Y OCHO EUROS Y CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS.

4. Presupuesto final

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC) 188.978,58 €

5% PROYECTO Y DIRECCIÓN DE OBRA 9.448,93 €

TOTAL 198.427,51 €

TOTAL + 21% IVA 240.097,29 €

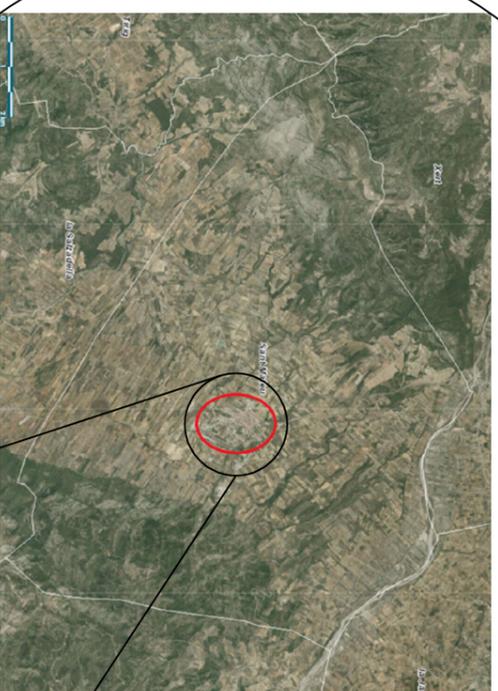
El presupuesto total asciende a DOSCIENTOS CUARENTA MIL NOVENTA Y SIETE EUROS Y VEINTINUEVE CÉNTIMOS.

PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

1. Emplazamiento
2. Parcela
3. Distribución parcela
4. Distribución maquinaria
5. Instalación de iluminación
6. Instalación eléctrica
7. Esquema unifilar
8. Instalación contra incendios

Núcleo urbano de Sant Mateu en su término municipal



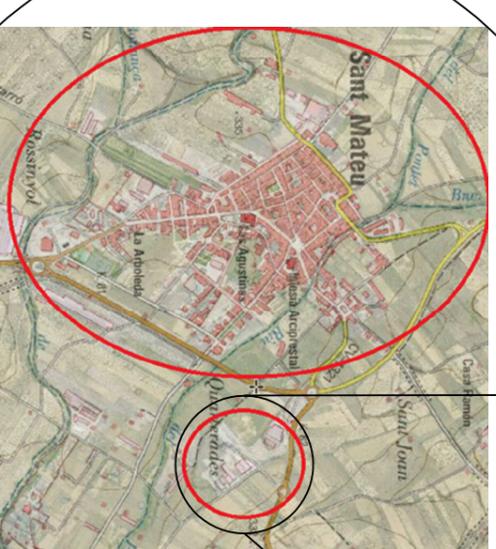
Parcela donde se ubicará el proyecto en el polígono industrial



Provincia de Castelló en España



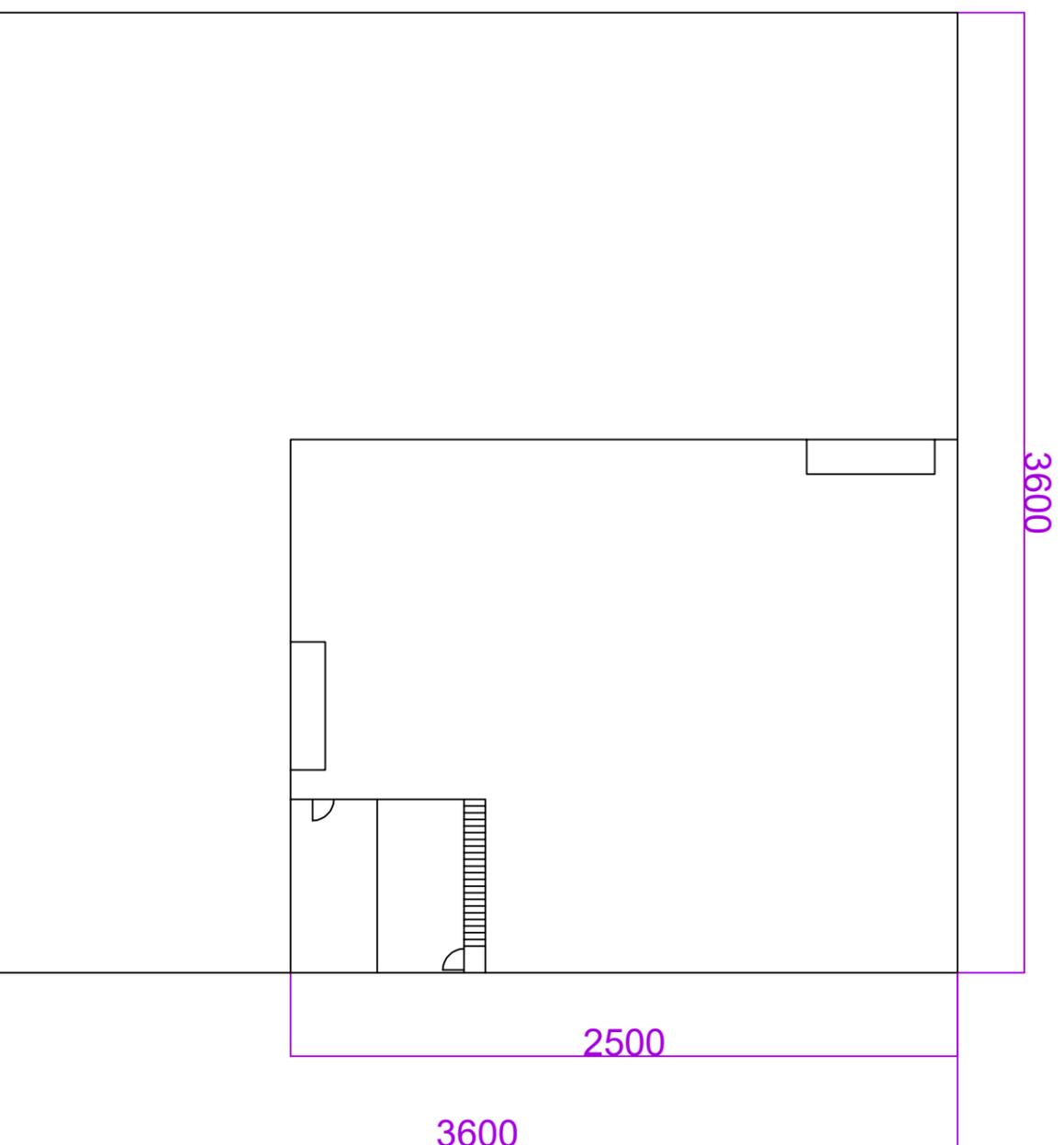
Término municipal de Sant Mateu en la provincia de Castelló



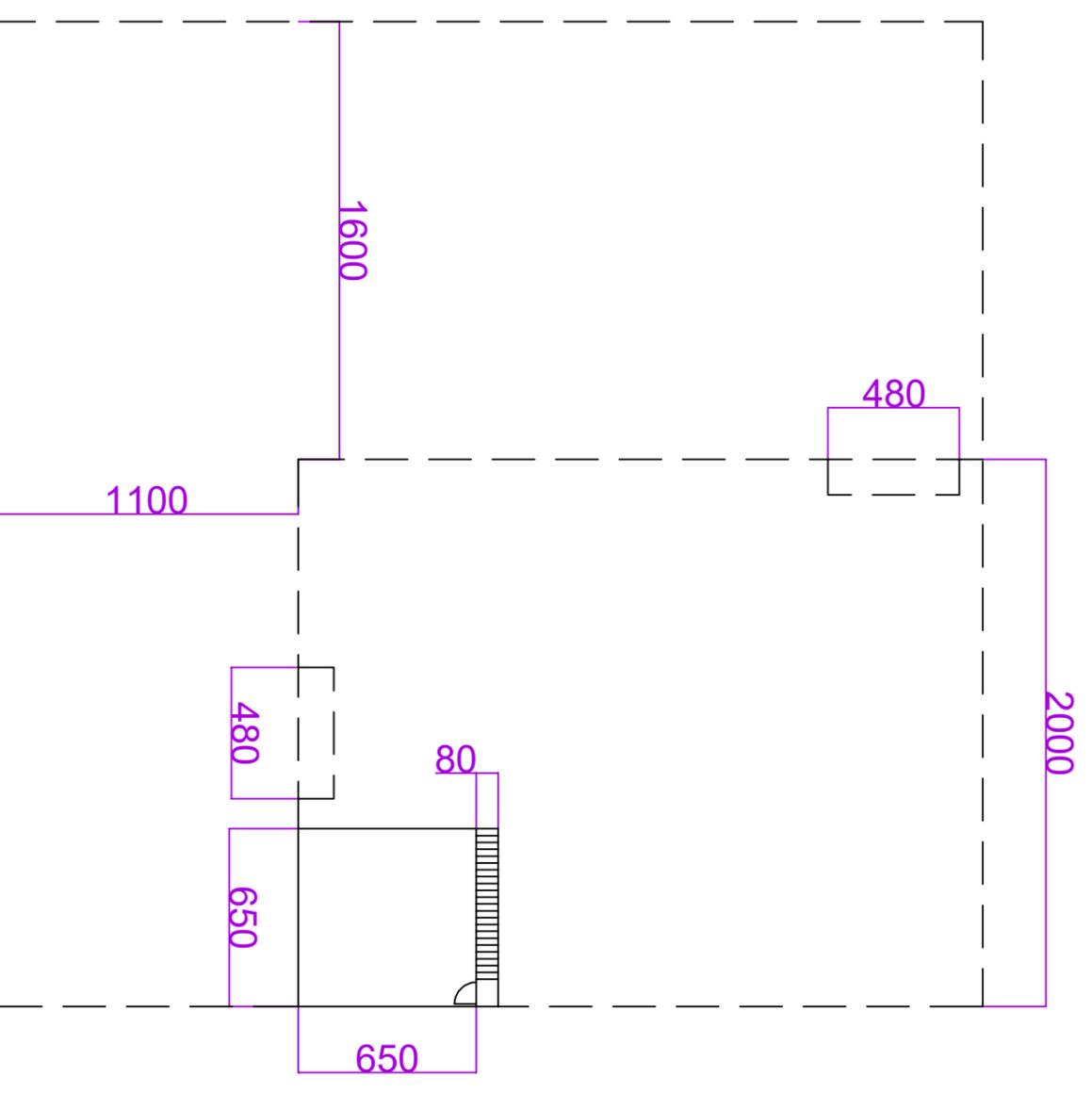
Polígono industrial de Sant Mateu (derecha) respecto al núcleo urbano (izquierda)

PROYECTO: Planta de producción de pellets en Sant Mateu	
UNIVERSITAT JAUME I	
PLANO: Emplazamiento	
AUTOR: Kevin Despons Jovaní	
ESCALA No procede	UNIDADES No procede
FECHA 04/07/2019	NÚMERO DE PLANO: 1

Planta baja

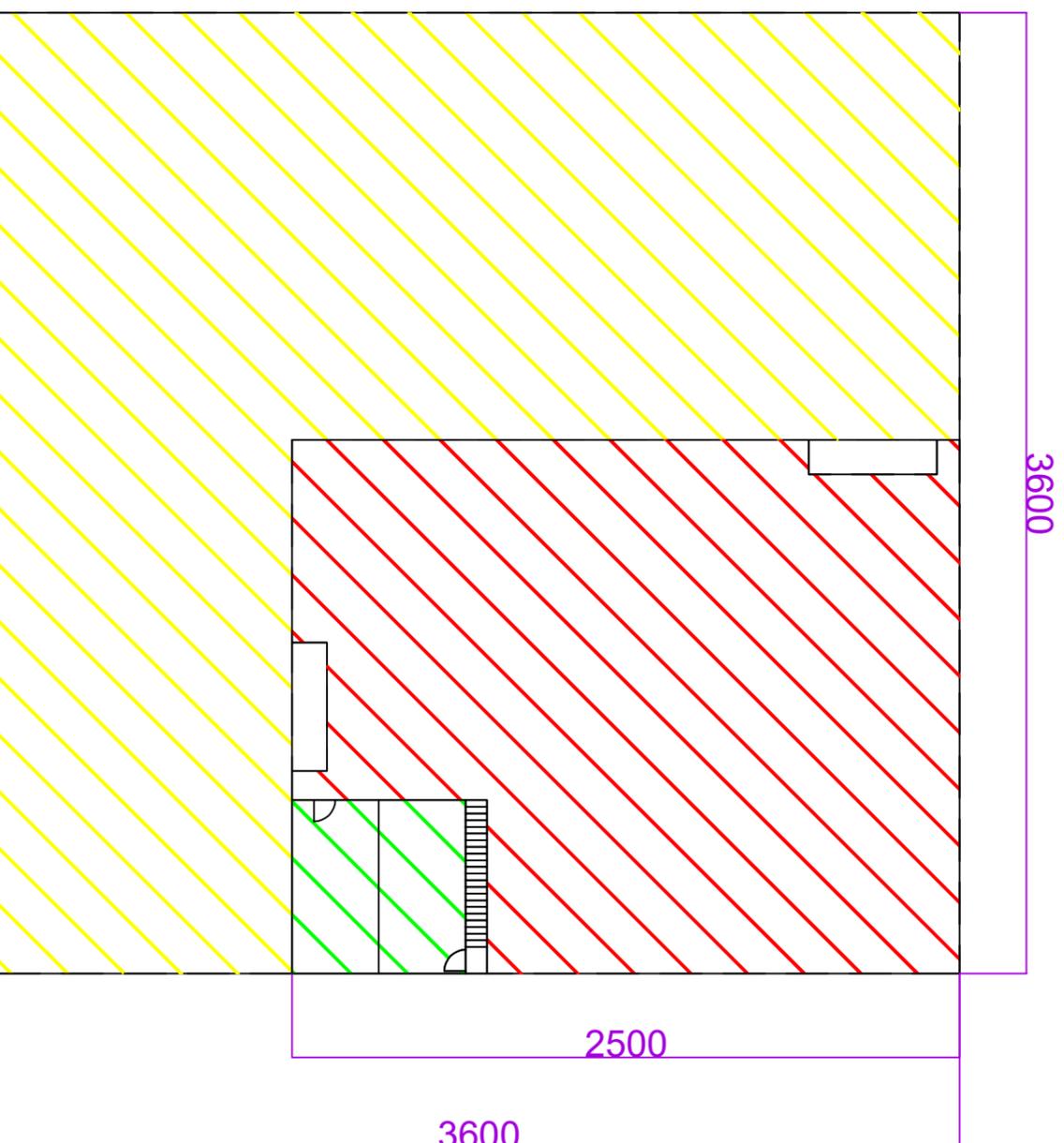


Primera planta

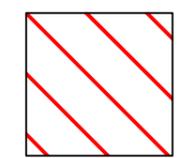
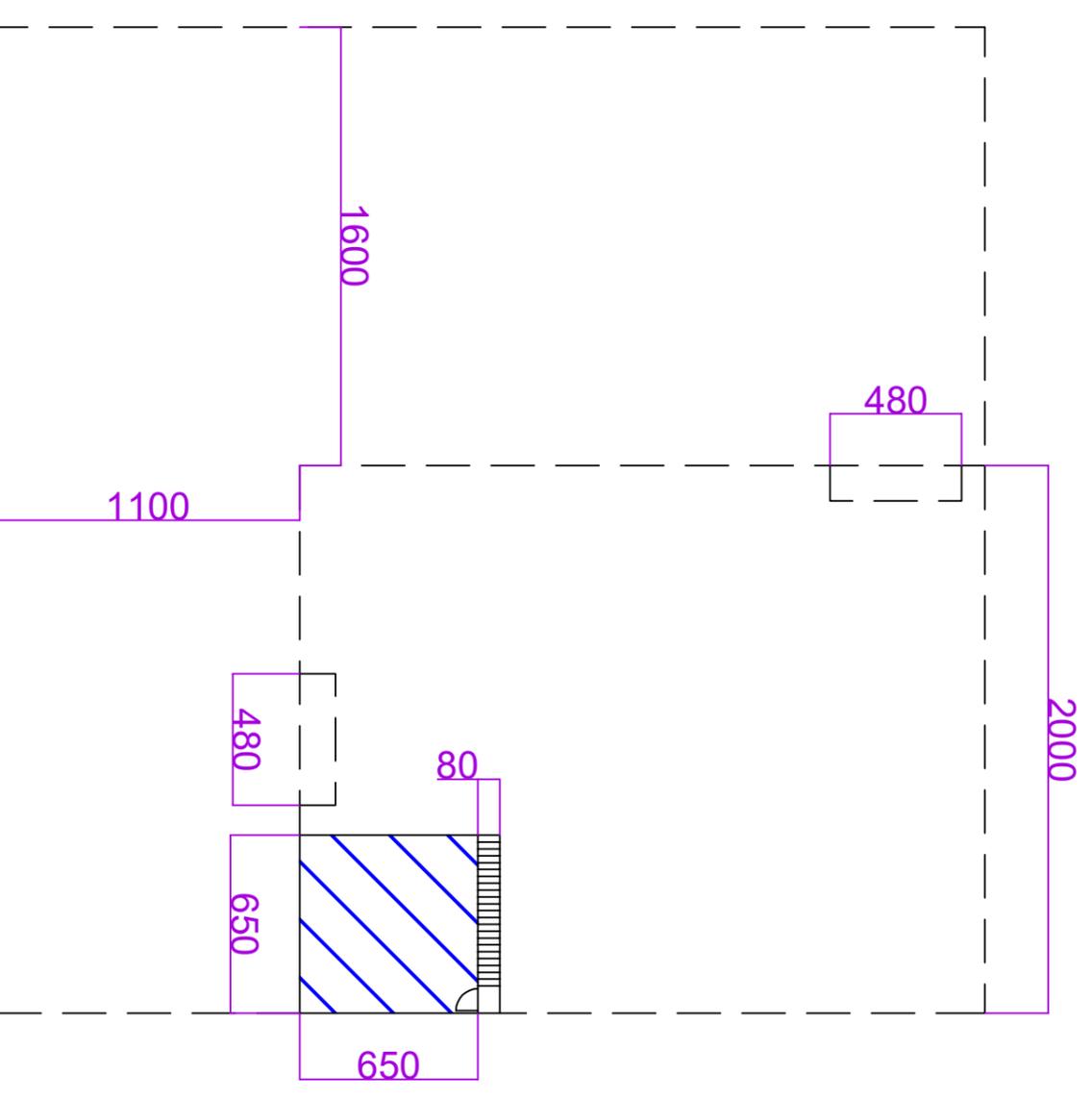


PROYECTO: Planta de producción de pellets en Sant Mateu			
UNIVERSITAT JAUME I		ESCALA 1:250	
PLANO: Parcela		FECHA 04/07/2019	
AUTOR: Kevin Despons Jovaní		NÚMERO DE PLANO: 2	

Planta baja



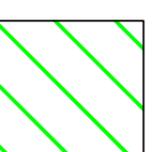
Primera planta



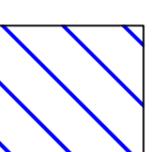
Nave



**Superficie no
construida**



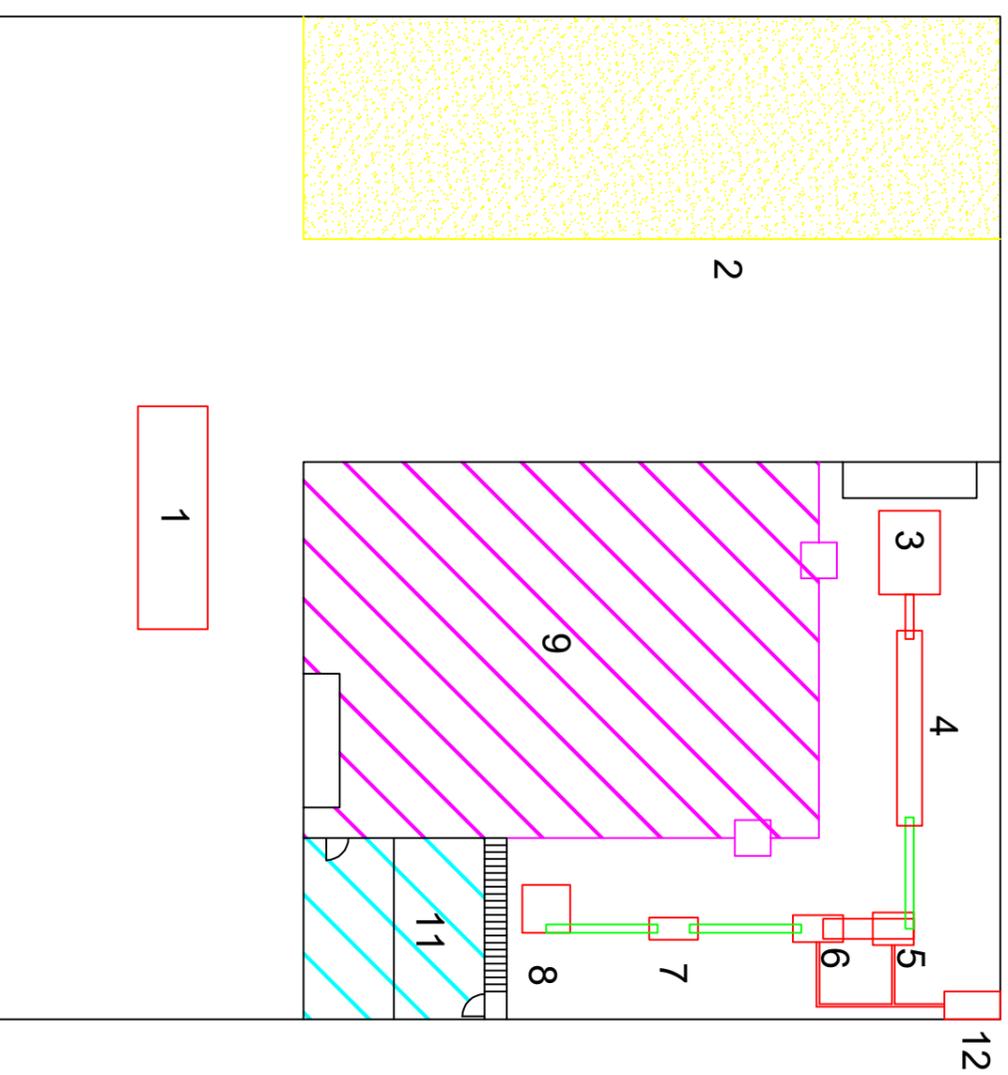
W.C.



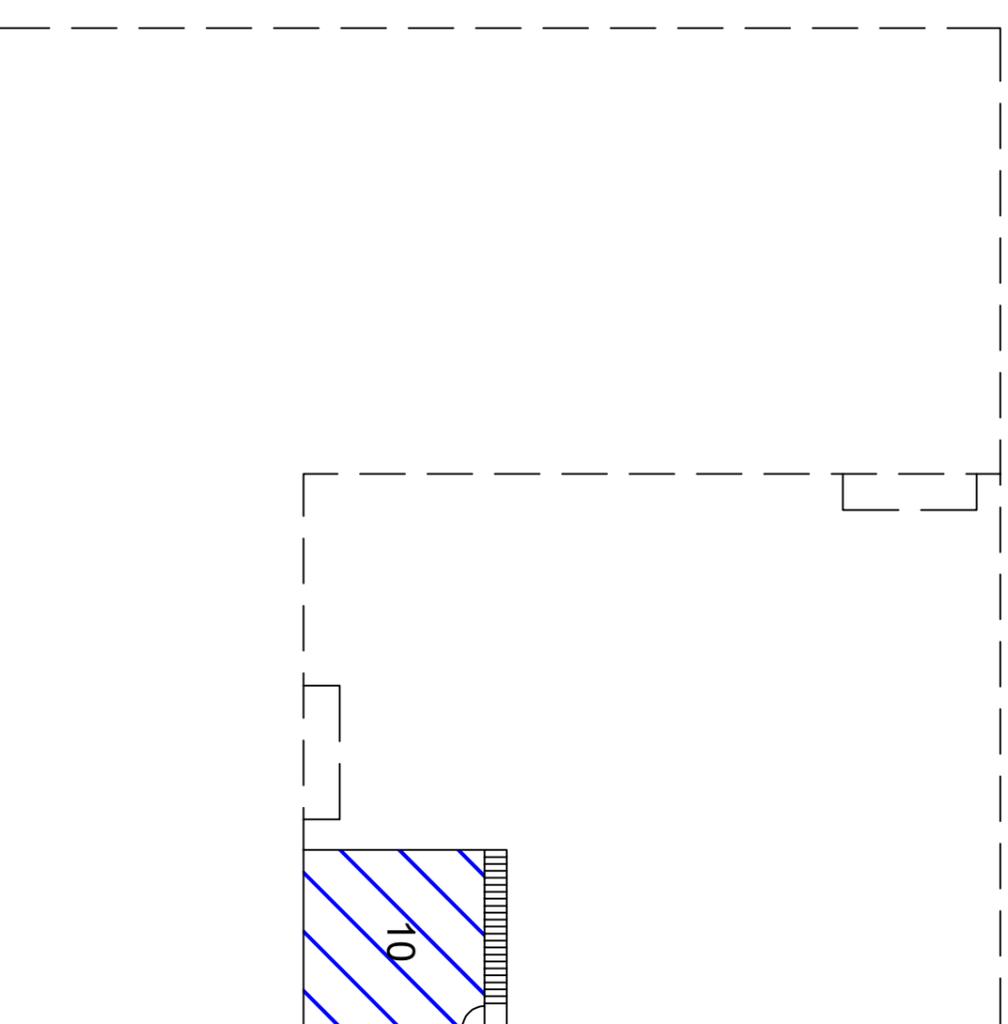
Oficinas

PROYECTO: Planta de producción de pellets en Sant Mateu			
UNIVERSITAT JAUME I		ESCALA 1:250	
PLANO: Distribución Parcela		FECHA 04/07/2019	
AUTOR: Kevin Despons Jovaní		NÚMERO DE PLANO: 3	
		UNIDADES cm	

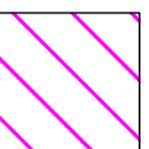
Planta baja



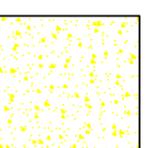
Primera planta



**Almacén
producto
terminado**



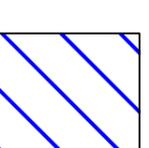
**Almacén
materia
prima**



W.C.



Oficinas



1. Báscula.

2. Almacén de materia prima.

3. Tolva extractora.

4. Secador.

5. Molino de martillos.

6. Pelletizadora.

7. Enfriadora y tamizadora.

8. Envasadora.

9. Almacén de producto final.

10. Oficina.

11. W.C.

12. Aspirador.

 Cintas transportadoras

PROYECTO: Planta de producción de pellets en Sant Mateu

UNIVERSITAT JAUME I

UNIDADES
cm

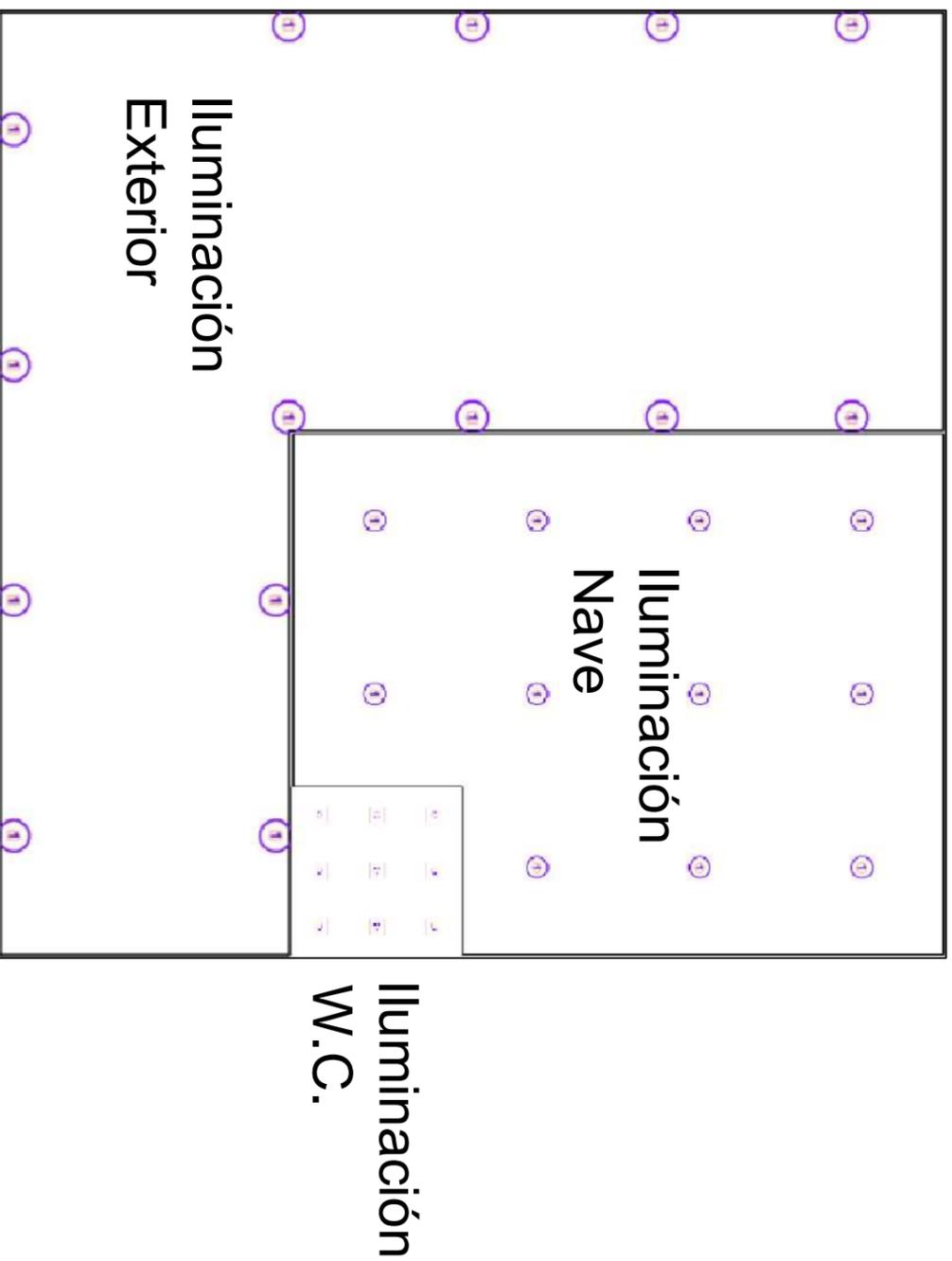
PLANO: Distribución Maquinaria

FECHA
04/07/2019

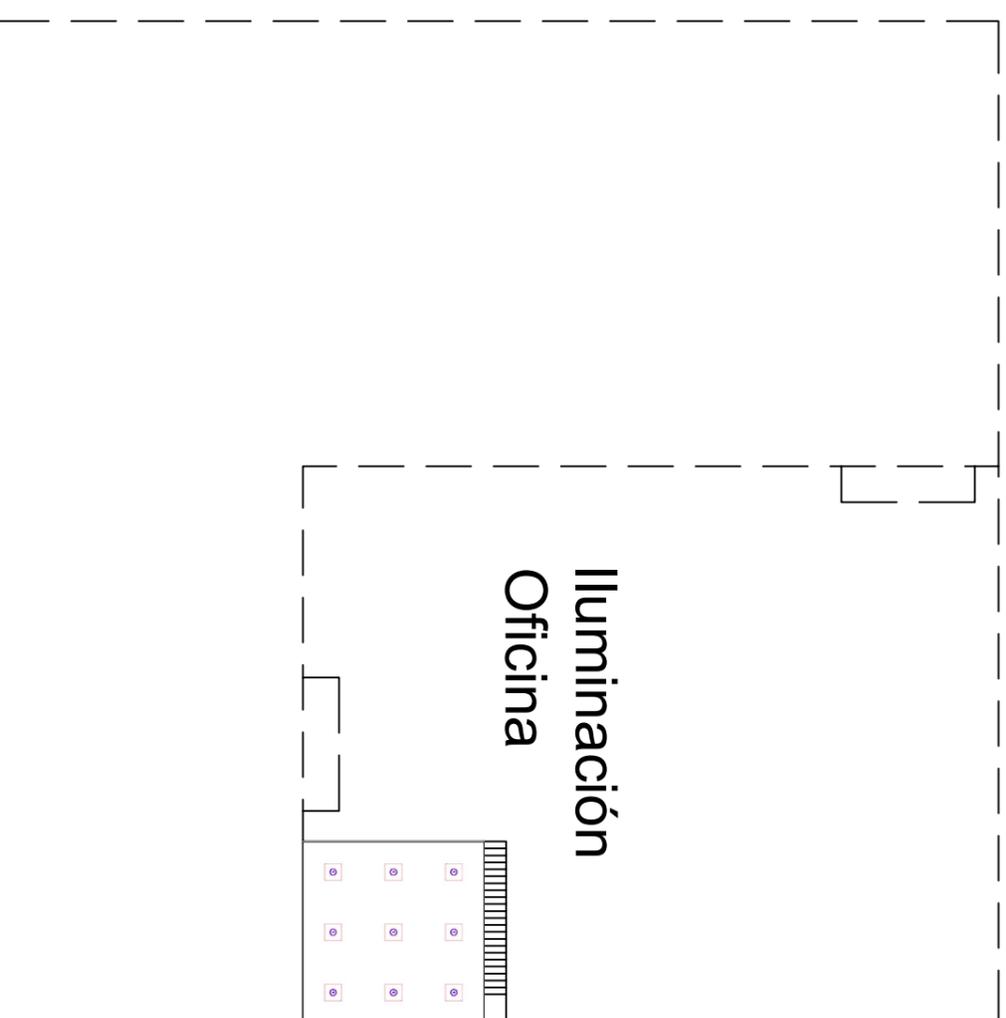
NÚMERO DE
PLANO: 4

AUTOR: Kevin Despons Jovaní

Planta baja

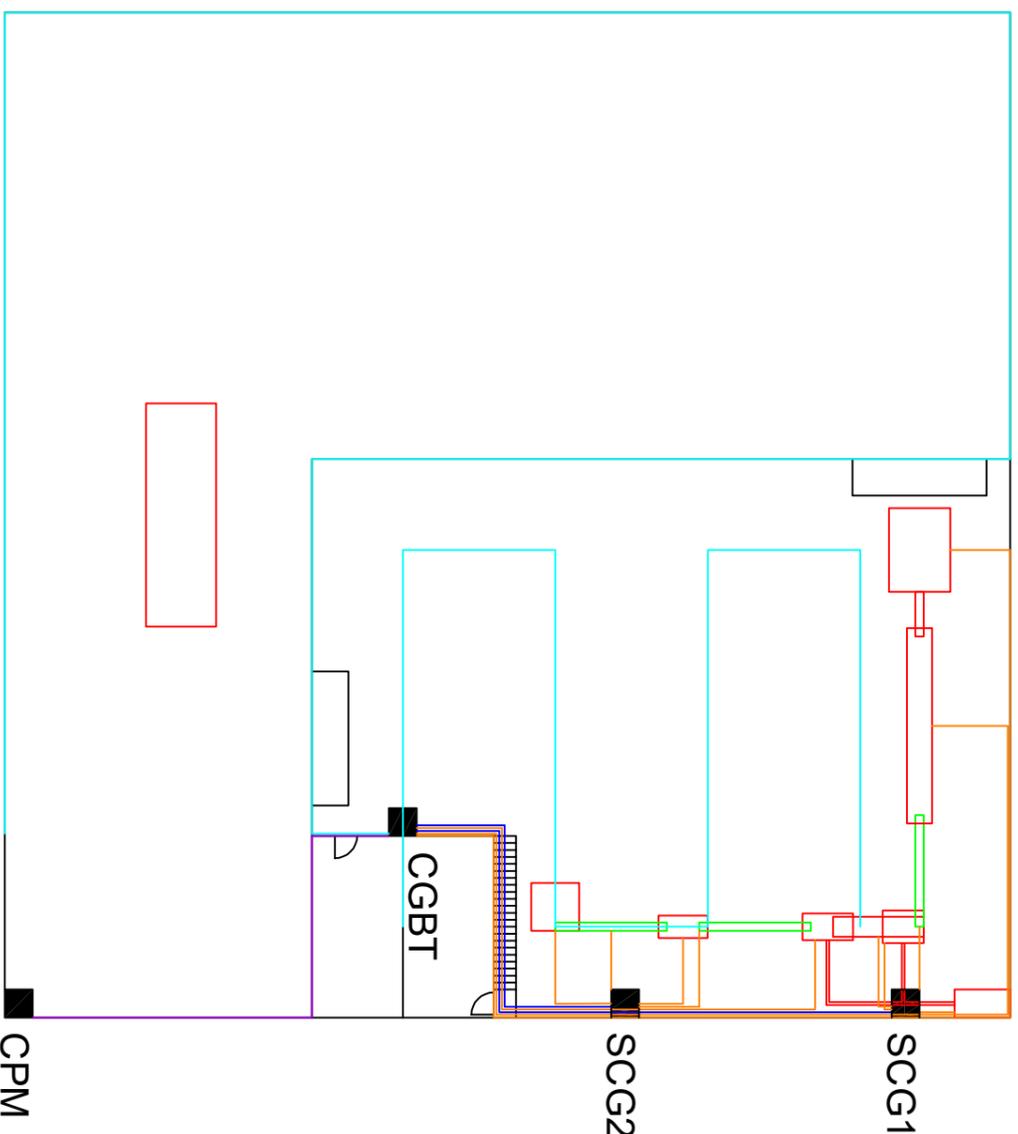


Primera planta

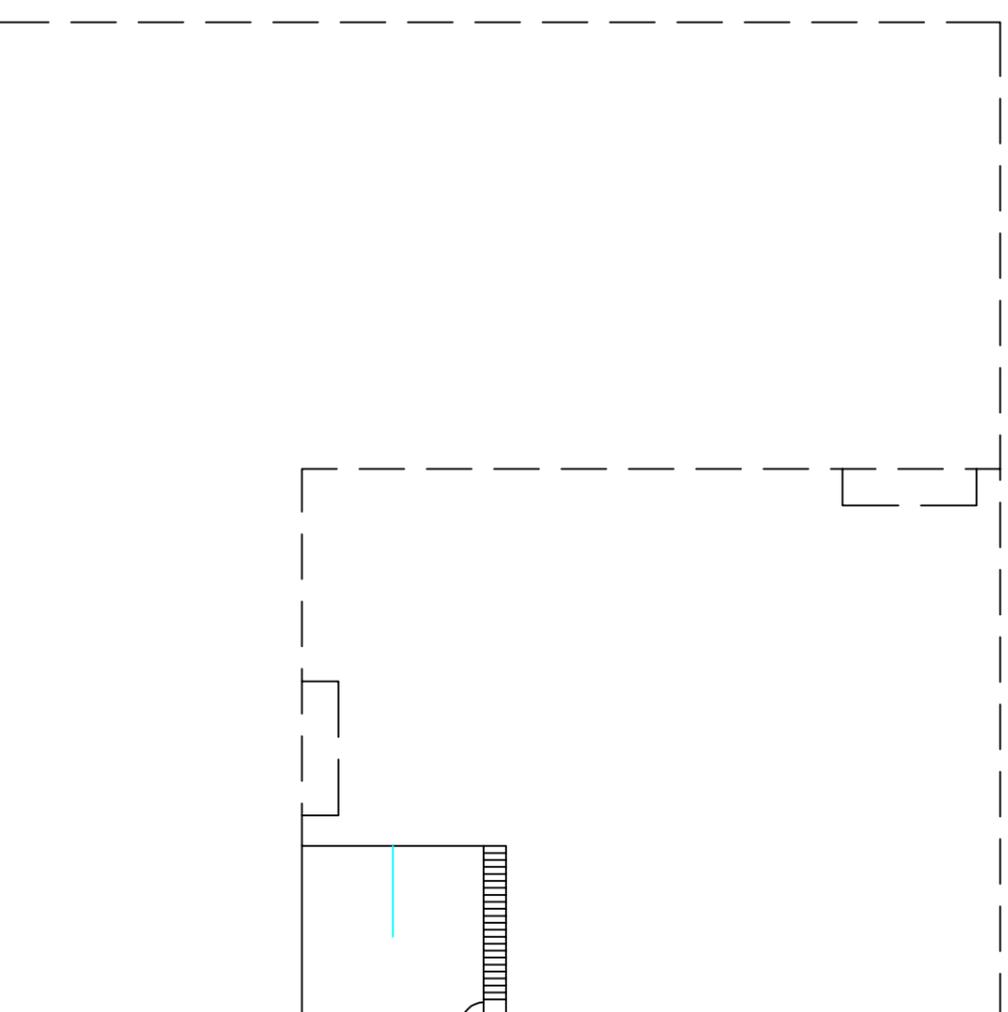


PROYECTO: Planta de producción de pellets en Sant Mateu			
UNIVERSITAT JAUME I	ESCALA 1:250	UNIDADES cm	
PLANO: Instalación iluminación		FECHA 04/07/2019	NÚMERO DE PLANO: 5
AUTOR: Kevin Despons Jovaní			

Planta baja



Primera planta



Derivación individual



Líneas Y y Z



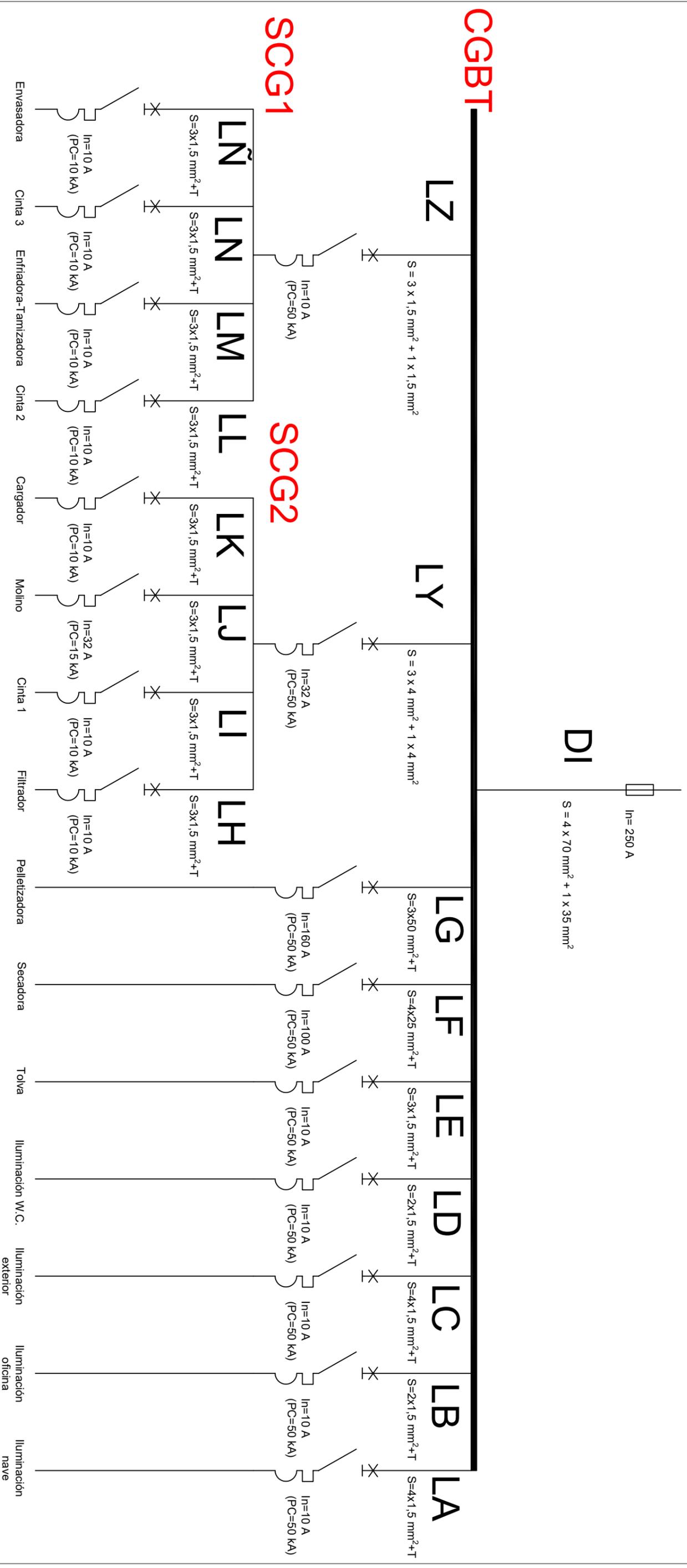
Líneas iluminación A-D



Líneas maquinaria E-Ñ

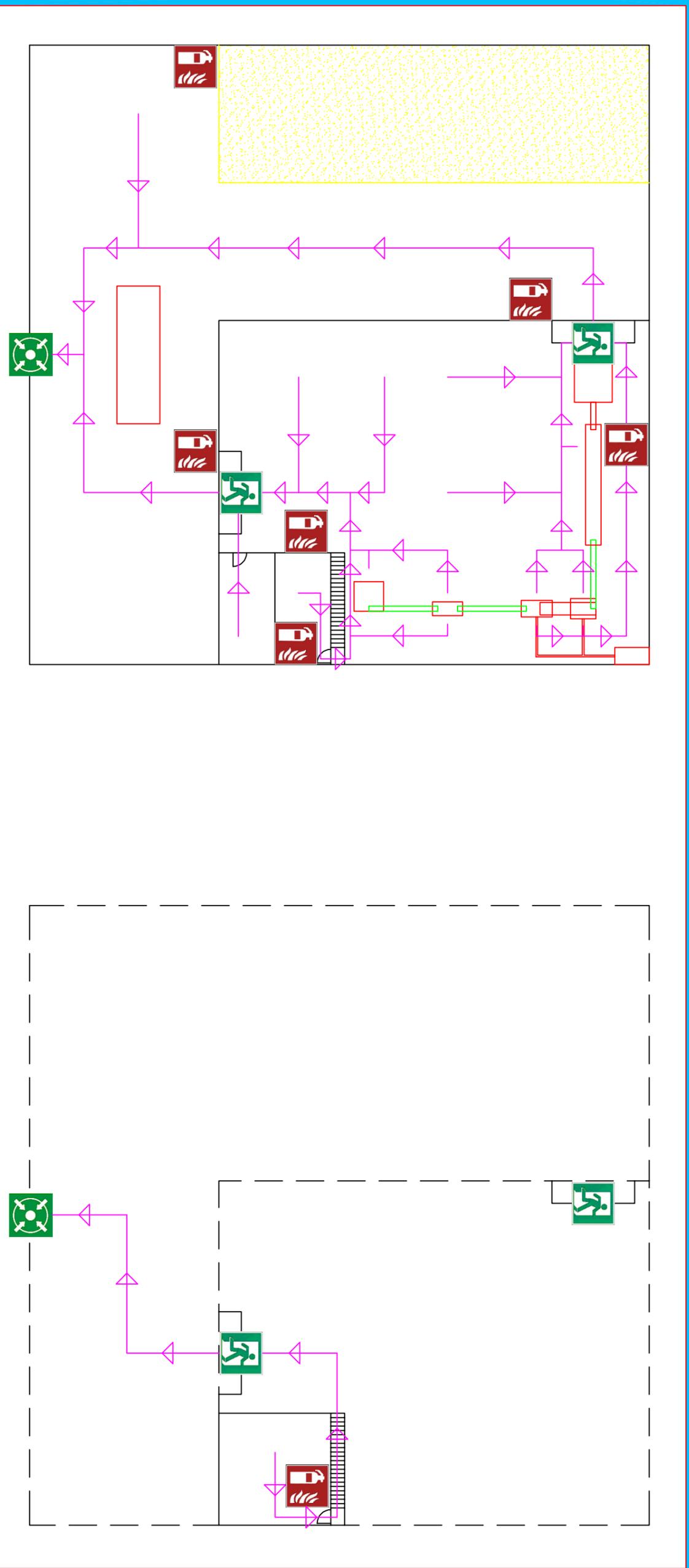
PROYECTO: Planta de producción de pellets en Sant Mateu		
UNIVERSITAT JAUME I		ESCALA 1:250
PLANO: Instalación eléctrica		FECHA 04/07/2019
AUTOR: Kevin Despons Jovaní		NÚMERO DE PLANO: 6
UNIDADES cm		

CPM



PROYECTO: Planta de producción de pellets en Sant Mateu	
UNIVERSITAT JAUME I	ESCALA No procede
PLANO: Esquema Unifilar	FECHA 04/07/2019
AUTOR: Kevin Despons Jovaní	NÚMERO DE PLANO: 7

Instalación contra incendios. Plan de emergencia. Plano de evacuación



Instrucciones de seguridad contra incendios.

Evacuación.

- En caso de incendio, mantén la calma.
- No te entretengas en recoger cosas ni retrocedas.
- Si hay humo, realiza la evacuación a ras de suelo.
- Dirígete y quédate en el punto de reunión exterior fijado hasta recibir instrucciones.
- Agrupaos por miembros del mismo servicio o de la misma sala para facilitar el reconocimiento.
- No muevas el coche de su sitio, para no colapsar el acceso de las ayudas externas.



· Extintores.



· Punto de encuentro.



· Salida de emergencia.

↳ Ruta de evacuación

PROYECTO: Planta de producción de pellets en Sant Mateu			
UNIVERSITAT JAUME I		ESCALA 1:250	
PLANO: Instalación PCI		FECHA 04/07/2019	
AUTOR: Kevin Despons Jovaní		NÚMERO DE PLANO: 8	
		UNIDADES cm	