



Universidad de Valladolid



**Máster en Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, Calidad y  
Medio Ambiente**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**ELABORACIÓN DE UN PLAN DE  
SEGURIDAD PARA UNA PLANTA DE  
PRODUCCIÓN DE PELLETS**

Autor: Pablo Miguel Hernández Vaquero

Tutor de empresa: Jesús Martín Marroquín

Tutor académico: Gregorio Antolín Giraldo

## INDICE

1.- Introducción.....	2
1.1.- Motivo del trabajo.	
1.2.- Fundación Cartif.	
1.3.- Tutores.	
2.- Justificación y objetivos.....	4
2.1.- Objetivos generales.	
2.2.- Objetivos específicos.	
3.- Medios utilizados.....	6
3.1.- Medios materiales.	
3.2.- Medios humanos.	
4.- Desarrollo de actividades.....	7
4.1.- Definición de la planta de pelletizado.	
4.2.- Aplicación del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.	
4.3.- Aplicación del Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.	
4.4.- Aplicación del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.	
4.5.- Evaluación de riesgos de la planta de pelletizado.	
4.6.- Otras actividades.	
5.- Análisis e interpretación de los resultados de la aplicación de los Reales Decretos y de la evaluación de riesgos.....	46
6.- Conclusiones extraídas.....	47
7.- Bibliografía.....	48

## **1.- INTRODUCCIÓN.**

La legislación desarrolla en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales la obligatoriedad de que exista una política de preservar la seguridad y salud de los trabajadores mediante la prevención de los riesgos derivados de su trabajo. De este modo se cumple el mandato constitucional del artículo 40.2, que dice “*velar por la seguridad e higiene en el trabajo*”.

### **1.1.- Motivo del trabajo.**

El presente documento tiene como objeto hacer una descripción del período de prácticas del Máster de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, Calidad y Medio Ambiente, llevadas a cabo durante 160 horas, y que se han desarrollado en la Fundación Cartif, versando sobre el área de prevención de riesgos laborales, en sus tres especialidades.

Este Trabajo Fin de Máster se ha realizado a partir de las tareas encomendadas por el Tutor de la empresa durante mi estancia en el Centro en el periodo de prácticas curriculares.

### **1.2.- Fundación Cartif.**

Esta empresa, situada en el Parque Tecnológico de Boecillo (Valladolid), es un Centro dedicado a la transferencia de la I+D+i a las empresas y/o Instituciones de las diferentes Administraciones, que nació en el año 1994 impulsado por miembros de los Departamentos de Ingeniería de Sistemas y Automática, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Química de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Valladolid.

Cartif es una empresa que se dedica a realizar proyectos de investigación aplicada y desarrollo, en diversos campos de la Ciencia, desde el medio ambiente hasta la robótica, pasando por alimentación, informática o calidad de aguas, ofreciendo soluciones a las empresas y ayudándolas a implementarlas.

Consta de tres edificios, aunque su principal labor se lleva a cabo entre los dos primeros edificios construidos, que además se encuentran conectados entre ellos. El tercer edificio ha sido construido recientemente y permite la realización de proyectos a mayor escala, realizándose ya experiencias a nivel de planta piloto.

El responsable de seguridad y salud en esta empresa es D. Jesús Martín Marroquín, que gestiona la seguridad y salud con la ayuda del servicio de prevención ajeno de la Sociedad de Prevención Ibermutuamur.

### **1.2.- Tutores.**

Desde la Universidad de Valladolid he estado bajo la tutorización del Dr. Gregorio Antolín Giraldo, profesor del Master Oficial en Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, Calidad y Medio Ambiente de la Universidad de Valladolid.

Por su parte, durante mi período de prácticas en la Fundación Cartif, D. Jesús Martín Marroquín ha sido el Tutor de la empresa, encargándose de supervisar mi estancia allí, acompañándome en la elaboración de este proyecto, además de permitirme conocer el funcionamiento de la prevención de riesgos laborales desde el interior de una empresa como Cartif, donde, debido a la heterogeneidad de los proyectos existentes, se han de tener una gran serie de variables en cuenta para llevar a cabo la aplicación de dicha prevención de riesgos laborales. Así mismo, el periodo de realización de prácticas me ha permitido conocer de manera práctica y teórica la legislación vigente y cómo llevarla a término en el día a día de una empresa.

## **2.- JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.**

El objetivo general del período de prácticas es la colaboración con el responsable de seguridad de la empresa para conocer el funcionamiento de los mecanismos de la prevención para poder aplicarlo posteriormente al objetivo específico de mi estancia en Cartif, transportar estos conocimientos a una fábrica de pelletizado de biomasa lignocelulósica.

### **2.1.- Objetivos generales.**

Para el objetivo general establecido de llegar a conocer el funcionamiento de los mecanismos de la prevención de riesgos laborales en una empresa, se han seguido las siguientes pautas:

- Aplicación de los conocimientos sobre la Prevención de Riesgos Laborales adquiridos durante el Máster: Siendo el objetivo principal de las prácticas, va a consistir en saber diferenciar los distintos conceptos adquiridos durante la etapa de estudio y su idoneidad de aplicación en cada momento a la hora de llevar a cabo una labor de responsabilidad en seguridad y salud en una empresa.
- Adquisición de experiencia en el sector: A través de las prácticas se busca conocer y comprender el método de aplicación de los conceptos del Máster, bajo la supervisión y desde la experiencia del Tutor en la empresa, lo cual va a ayudar a formarme en el aspecto práctico.
- Revisión de la legislación vigente en materia de prevención: Para poder llevar a cabo una adecuada labor preventiva, es necesario conocer la legislación y estar actualizado en cuanto a la misma.
- Ampliación de los conceptos preventivos: La prevención de riesgos es un campo muy amplio por lo que constantemente se están conociendo nuevos términos, especialmente al tratar un campo de trabajo que anteriormente no ha sido desarrollado, se despliegan una serie de conceptos de cariz totalmente nuevo y que han de ser conocidos, aprendidos y aplicados por el prevencionista.
- Aprendizaje de las instalaciones y lugares de trabajo: Para poder llevar a cabo una labor preventiva de forma adecuada es necesario conocer las instalaciones existentes en el lugar de trabajo y los riesgos derivados de las mismas, además de los puestos de trabajo donde se llevan a cabo las diversas actividades de la empresa.
- Conocimiento de diversos tipos de protecciones individuales (EPI's): Resulta de gran interés para un técnico de prevención conocer los diversos equipos de protección individual que hay en el mercado, ya que permitirá planificar la organización de dicha prevención. Además de la existencia de los EPI's, también es necesario conocer cuándo y dónde se deben implantar.

### **2.2.- Objetivos específicos.**

Durante mi período de prácticas en la Fundación Cartif, se me propuso trabajar sobre una planta de pelletizado, que aunque sólo es un proyecto que acaba de iniciarse, se prevé su elaboración y construcción en un futuro próximo.

Aunque llevé a cabo otras actividades, las que realicé en mayor profundidad fueron:

- Definición, en líneas generales, de la planta de pelletizado.
- Aplicación del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- Aplicación del Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Aplicación del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Evaluación de riesgos de la planta de pelletizado.

### **3.- MEDIOS UTILIZADOS.**

#### **3.1.- Medios materiales.**

Durante mi estancia en la Fundación Cartif, la empresa puso a mi disposición los materiales de oficina necesarios, además de toda la información disponible que tenían sobre el proceso de pelletizado y las máquinas utilizadas durante el mismo.

Además, tuve pleno acceso a la pequeña planta piloto de peletización, de pruebas, que tiene Cartif en sus instalaciones, lo que me ha permitido hacerme la idea de cómo es una planta de este tipo.

Por otro lado, se me mostraron todas las instalaciones de la empresa para conocer la aplicación y ubicación de diversas medidas de seguridad.

#### **3.2.- Medios humanos.**

El Tutor en la empresa se ha mostrado siempre colaborador y me ha prestado toda la ayuda necesaria para llevar a cabo este proyecto, indicándome aquellos fallos que cometía a lo largo de la elaboración del mismo.

Del mismo modo, las personas que estaban más relacionados con este proyecto y con el proceso de pelletizado se han mostrado colaboradoras conmigo, facilitándome la información que les requería y explicándome este proceso.

## **4.- DESARROLLO DE ACTIVIDADES.**

### **4.1.- Definición de la planta de pelletizado.**

La planta de fabricación de pellets de madera, actualmente en fase de estudio se trata de una planta con fines demostrativos para la obtención de pellets a partir de restos de clareos y cortas de la zona en donde va a estar situada.

La planta se ubicará en la zona de pinares que está entre Burgos y Soria, por lo que la madera de cortas y clareos procede, principalmente del tipo *Pinus Pinaster*, que es la especie forestal más abundante en la zona.

Este tipo de madera es considerada blanda, con una densidad media de 540 kg/m<sup>3</sup>.

El producto obtenido después del procesado serán los pellets, es decir, un tipo de biomasa granulada, con forma cilíndrica, formada por serrín procedente de la madera y cuyo aglomerante es la propia lignina, y que se usa como combustible.

La fábrica contará con 5 trabajadores, de los cuales, dos estarán encargados de las actividades administrativas, uno del manejo de la pala cargadora para la alimentación de la planta y los otros dos de las labores de funcionamiento y mantenimiento de la planta de procesado de pellets.

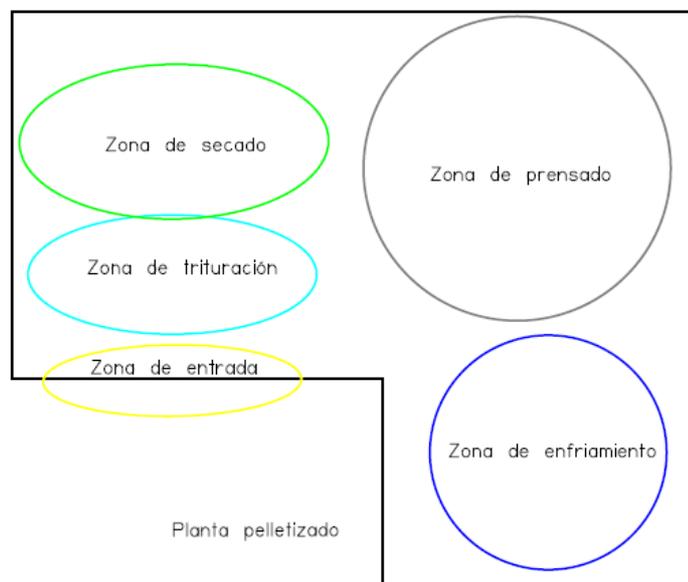
#### ***Descripción de la planta de pellets y del proceso.***

El proceso, en líneas generales, consiste en el pretratamiento de esa biomasa residual y para su adaptación a las características exigidas en el proceso, tanto en humedad como en tamaño de partícula (secado y posterior triturado de los restos de clareos y podas que llegan a la planta) que permita luego poder fabricar los pellets de acuerdo a la Normativa ENPlus europea, lo que se realizará mediante un proceso de extrusionado a través de una matriz con orificios instalada en una prensa que obliga a la biomasa a ser extruida mediante el empuje de unos rodillos. Este equipo permitirá producir los pellets, que deberán ser enfriados a la salida de la prensa, con anterioridad a su almacenaje en silos, para su incremento de dureza y para evitar su degradación por la temperatura tan alta (cerca de 100° C).

La planta producirá 10.000 t/año, y su funcionamiento está estimado en 8 horas al día por lo que realizará una producción diaria de 43 toneladas de pellets.

La planta va a tener una zona de almacenamiento de materia prima bajo cubierta, de 200 m<sup>2</sup> de superficie, una instalación de pelletizado de 1.000 m<sup>2</sup> y una zona de almacenamiento de los pellets, formada por dos silos con una capacidad de 900 toneladas.

Los equipos de la planta de pelletizado se distribuirán por zonas, de acuerdo con las tareas que cada uno desarrolle en el proceso de pelletizado. Para su mejor descripción, se puede ver su distribución en planta en la Figura 1.



**Figura 1:** Distribución en planta de los equipos de la fábrica de pelletizado.

*Zona de almacenamiento de restos de cortas y clareos.*

La planta tendrá una zona de almacenamiento de biomasa residual (campa de biomasa), que será la materia prima del proceso de pelletizado, es decir, los restos procedentes de las podas y clareos de los montes. Esta zona se encontrará separada de la nave donde se produce el proceso de pelletizado, y tendrá una extensión de  $200 \text{ m}^2$ , consistiendo en una cubierta metálica para evitar que la lluvia caiga directamente sobre la madera y varíe su contenido en humedad, aunque va a carecer de paredes (el viento que se genera contribuirá al secado de la biomasa allí depositada). Este almacén estará diseñado para que sea capaz de acumular la cantidad necesaria de madera para que la fábrica esté en funcionamiento en régimen estacionario durante una semana, por tanto, su capacidad será de 215 t.

La biomasa residual va a llegar en camiones con volquete a la fábrica. Para poder mantener la capacidad de producción estacionaria de la instalación, serán necesarios tres camiones al día para

mantener la producción estacionaria de la planta.

Los camiones serán descargados mediante el volcado del camión en la campa de descarga de biomasa residual y posteriormente se amontonará mediante una pala con el cazo adecuado al tamaño y tipo de restos forestales traídos.

Finalmente, también será necesario coger el material almacenado para introducirlo en el proceso de pelletizado, para lo cual también se usará la pala, que permitirá alimentar directamente la tolva de alimentación de materia prima al proceso.

#### *Zona de alimentación del proceso.*

Consiste simplemente en una tolva o silo, con el tamaño de salida necesario para evitar obstrucciones y una cinta transportadora que llega hasta el triturador. La tolva se alimentará con la pala cargadora desde el almacén de biomasa con la cantidad de material necesaria para las horas de producción requeridas, y desde ésta irá pasando a la cinta transportadora que será la encargada de dejar caer el material en el triturador.

En el caso de que el elemento de madera a introducir sea demasiado grande para la tolva, la pala cargadora lo depositará directamente en una segunda cinta paralela a la primera y que también desembocará en el triturador.

#### *Zona de trituración.*

La madera procedente de los clareos y cortas tiene un tamaño de astilla, que será grande para la fabricación de pellets, por lo que tiene que ser triturada a fin de convertirla en serrín a partir del cual poder fabricarlos. La Figura 2 muestra un tipo de triturador del mercado.

La materia prima, procedente de la tolva de alimentación, llega al triturador a través de la cinta transportadora, caen en éste y ya salen con el tamaño deseado a otra cinta transportadora que lleva el material triturado hasta el secadero.

Durante este proceso se va a producir una enorme cantidad de polvo proveniente de la molienda de los residuos de madera.



**Figura 2:** Tritrador de un eje – Franssons.

### *Zona de secado.*

El material ya triturado y reducido al tamaño deseado llega, a través de una cinta transportadora, al secadero o corrector de humedad, ya que el material llega con un contenido de humedad entre el 40 y el 50% como mucho y para el proceso de pelletizado debe tener entorno al 10%.



**Figura 3:** Secador de cinta textil KAHL.

El secado se realizará a través de un secadero de cinta (la Figura 3 muestra un tipo de secador de cinta textil del mercado), el cual puede llegar a alcanzar temperaturas entre 90 y 110° C, aunque la temperatura de salida del producto se encuentra entre los 60 y 70° C. Esta relativamente baja temperatura significa un proceso de secado suave y previene la liberación de compuestos volátiles de la biomasa residual y posterior emisión de sustancias olorosas a la atmósfera. Esto evita que se reduzca el poder calorífico de los pellets, por no perder esos compuestos volátiles que contiene la materia prima, y evita la generación de posibles atmósferas explosivas en el interior del secadero, así como la contaminación atmosférica por la emisión de dichos volátiles al exterior del secadero.

El secadero va a recibir el calor necesario para el proceso de secado de una caldera de biomasa, que pueda consumir pellets y/o astillas, que será alimentada, siempre que se pueda, con las partidas de calidad inferior a la apta para la fabricación de los pellets de calidad y su posterior comercialización. Esta caldera estará en las inmediaciones del secadero para evitar pérdidas de calor en las conducciones del fluido caloportador de la energía térmica.

### *Zona de pelletizado (prensado).*

Una vez que la madera ha sido triturada y secada, se elevará a la tolva o silo suministrador del serrín de biomasa a la prensa a través de un elevador de cangilones, al cual llega gracias a una pequeña cinta transportadora. Durante este proceso de elevación y vuelque del serrín en la tolva también se va a generar una gran cantidad de polvo que exigirá tomar medidas para evitar que se genere una atmósfera explosiva.

Una vez que el material está en la tolva, por gravedad va a ir entrando en la prensa para producir por extrusión los pellets. El proceso de pelletización como tal consiste en comprimir a altas presiones el serrín sobre una matriz agujereada, éste proceso funde ~~suelta~~ la lignina que su posterior enfriamiento solidifica y sirve de aglomerante del resto de la biomasa provocando que las fibras

queden pegadas y formen los pellets.

La prensa de pelletizado consiste en una matriz anular, con agujeros de 6 u 8 mm de diámetro, sobre la que cae el serrín, el cual va a ser prensado mediante unos rodillos que giran alrededor del eje central de la matriz. El serrín, al ser prensado se va introduciendo poco a poco en los agujeros de la matriz, tomando así la forma característica del pellet mediante su extrusión y produciéndose la fusión de la lignina y la compactación del pellet.

Finalmente, se establece la longitud del pellet y según llega a dicha longitud una cuchilla corta el pellet para que salga por la boca final de la máquina pelletizadora. Una vez que el pellet cae de la prensa pasa a una cinta transportadora que los elevará hasta el equipo enfriador.

La Figura 4 muestra un tipo de prensa de pelletizado del mercado.



**Figura 4:** Prensa de pelletizado. KAHL.

#### *Zona de enfriado y temple del pellet.*

Una vez formado el pellet, éste tiene una temperatura elevada, entre 80 y 130° C, que le provocaría grietas y un deterioro importante si fuese almacenado en esas circunstancias. Por esto, después de la prensa los pellets son transportados, mediante una cinta transportadora, a un enfriador tipo ciclónico. La Figura 5 muestra un tipo de enfriador del mercado

Este enfriador va a reducir la mencionada temperatura y también va a reducir algo la humedad de los pellets, dejándola en torno a un 2%.

El pellet cae desde el tornillo al enfriador por la parte de arriba de éste, el aire frío entra por la parte inferior del equipo y sale por la superior de manera que, al atravesar los pellets, los enfría.

En este proceso se produce polvo al golpearse los pellets con las paredes del enfriador y con la masa de pellets que ya estén enfriándose. Además el aire que entra pone en suspensión la mayor cantidad de polvo y finos que pueda existir. Para eliminar este polvo y así, evitar la creación de atmósferas explosivas, el aire con las partículas de polvo en suspensión se filtrará mediante un filtro de mangas.

Finalmente, una vez que los pellets son enfriados hasta una temperatura aceptable, éstos salen por la parte inferior del enfriador y, a través de otra cinta transportadora, son llevados hasta los silos de almacenaje, que se encuentran en el exterior de la planta.



**Figura 5:** Sistema de enfriamiento de los pellets.

*Zona de almacenaje de los pellets.*

Está formada por dos silos de acero inoxidable con capacidad para almacenar la producción de un mes, es decir, unas 900 toneladas.

Los pellets llegan hasta los silos mediante una cinta transportadora que los sube hasta la parte superior de los silos, por donde son introducidos en su interior.

Finalmente, para el transporte de los pellets a su destino se cargarán en camiones cisterna, los cuales se colocarán directamente debajo de los silos, que es por donde se extraerán los pellets.

La Figura 6 muestra el sistema de almacenamiento y carga de pellets en camión.

Debido a la caída que sufren los pellets al entrar en el silo y a su posible degeneración con el paso del tiempo, el interior del silo puede contener polvo y finos en suspensión. Para evitar la creación de atmósferas explosivas se han de tomar medidas que no permitan esa situación.



**Figura 6:** Silo de almacenamiento y carga de pellets en camión.

#### 4.2.- Aplicación del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Trata de regular las medidas a adoptar para prevenir los riesgos derivados de un incendio que se pueda producir tanto en la zona de almacenamiento como en la zona de fabricación de una planta industrial.

A través del tipo de instalación (independiente, formando parte de un edificio o colindante con otra) y de las materias primas utilizadas en el proceso de producción y de las materias obtenidas como productos del mismo, establece qué instalaciones y qué aparatos contra incendios se deben disponer y cómo hacerlo. Así mismo, también se establecen ciertas condiciones de almacenamiento y distancias de seguridad que se deben respetar a fin de mantener esa seguridad contra incendios.

Siguiendo los criterios de este Real Decreto, en el artículo 2 del Anexo I, *Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios*, en este caso, la planta de fabricación de pellets junto con sus almacenes, tanto de materia prima como de producto finalizado, se trata de una instalación de tipo C (Figura 7) en la que la fábrica se encuentra aislada del resto de edificios colindantes.

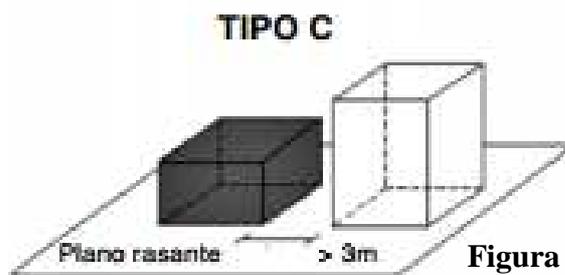


Figura 7: Almacenamiento tipo C

Para la aplicación de este Reglamento sobre seguridad contra incendios, se va a estudiar por separado el riesgo intrínseco de cada uno de los almacenes y de la planta de pelletizado.

#### *Zona de almacenamiento de la biomasa residual de cortas y clareos.*

Tal y como se ha indicado en la descripción de la instalación, esta zona consta simplemente de una cubierta de 200 m<sup>2</sup> y que se encuentra separada de la nave del proceso de pelletizado. Por esto, si se considera la zona de almacenamiento como una instalación propia, se podría clasificar como una instalación de tipo D (Figura 8).

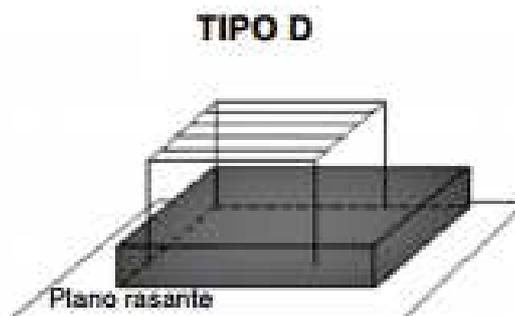


Figura 8: Almacenamiento tipo D

Además, si se sigue lo establecido por el artículo 6.5 del Anexo II, *Requisitos constructivos de los establecimientos industriales según su configuración, ubicación y nivel de riesgo intrínseco*, en el que se establece que la separación entre el almacén y el edificio de fabricación de la planta sea al menos igual que la altura de las pilas formadas en el almacenaje y nunca inferior a 5 metros, queda sectorizada la planta de peletización y se evita el riesgo de propagación de incendios tanto del almacén a la planta, como de la planta al almacén.

Una vez clasificado el edificio en un tipo hay que calcular su carga de fuego corregida y ponderada, según el artículo 3 del Anexo I.

Para ello, hay que tener en cuenta que se almacenará la cantidad suficiente de biomasa de pino como para tener abastecida la planta durante una semana (5 días), por lo que será necesario tener 215 t de biomasa residual almacenadas, o lo que es lo mismo 400 m<sup>3</sup>.

Carga de fuego del almacén:

$$Q_s = \frac{\sum G_i * q_i * C_i}{A} * Ra$$

Donde:

- $G_i$  es la cantidad de material almacenado en kilos, en este caso será 215.000 kg.
- $q_i$  es el poder calorífico, en este caso será 6.300 MJ/m<sup>3</sup> (tabla 1.4, *Poder calorífico de diversas sustancias*).
- $C_i$  es el coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad del combustible, en este caso será 1,00 debido a que se trata de combustible sólido con una temperatura de ignición superior a los 200° C (tabla 1.1, *Grado de peligrosidad de los combustibles*).
- $A$  es el área de la zona de almacenaje, en este caso será de 200 m<sup>2</sup>.
- $Ra$  es el coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad inherente a la actividad industrial desarrollada, en este caso será de 1,5 (tabla 1.2, *Valores de densidad de carga de fuego media de diversos procesos industriales, de almacenamiento de productos y riesgo de activación asociado Ra*).

Esto da una carga de fuego del almacén de:

$$Q_s = \frac{215.000 \text{ kg} * \frac{16,7 \text{ MJ}}{\text{kg}} * 1,00}{200 \text{ m}^2} * 1,5 = 26.928,75 \text{ MJ/m}^2$$

Por tanto, según la tabla 1.3, *Nivel de riesgo intrínseco*, y con esta carga de fuego, se tendrá un almacén con un riesgo intrínseco alto de nivel 8.

En este caso, al tratarse de un establecimiento tipo D, habrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones a la hora del almacenaje, según el punto 2.2 del Anexo II sobre la distribución de los materiales combustibles en las áreas de incendio:

- Altura máxima de cada pila no superior a 15 metros.

- Longitud máxima de cada pila no superior a 45 metros si el pasillo entre pilas es como mínimo de 2,5 metros y no superior a 20 metros si el pasillo es mayor o igual a 1,5 metros.

### ***Almacenamiento de los pellets.***

Los pellets una vez fabricados pasarán a ser almacenados en dos silos con capacidad suficiente como para almacenar la producción de aproximadamente un mes, es decir, se podrán almacenar hasta unas 900 t de pellets.

Como la densidad media de los pellets es de  $1.250 \text{ kg/m}^3$ , esto dará un volumen total de los silos de  $720 \text{ m}^3$ .

Así mismo, el poder calorífico medio de los pellets es de  $9,8 \text{ GJ/m}^3$ , por lo que esto va a dar una carga de fuego total de los silos de  $7.056 \text{ GJ}$  y, por tanto, se tendrá un almacenamiento con un riesgo intrínseco alto de nivel 8.

### ***Fábrica de pellets.***

En la fábrica de pelletizado no se almacena material, sólo va a estar presente el material necesario para el correcto funcionamiento de la fábrica y aunque se producirá una acumulación de mayor cantidad de materia en la tolva de alimentación de material en el triturado, o en el enfriador de los pellets, en ningún momento se tratará de un almacenamiento como tal de los productos, si no que se tratarán de partes inherentes al proceso y en las que nunca habrá material que sobrepase al necesario en una jornada de trabajo, tal y como establece este Real Decreto.

La carga de fuego que presenta la fábrica, por el proceso de fabricación, será:

$$Q_s = \frac{\sum q_s * S_i * C_i}{A} * Ra$$

Donde:

- $Q_s$ ,  $C_i$ ,  $Ra$  y  $A$  tienen el mismo significado que en el caso anterior del almacenaje.
- $q_{si}$  es la densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en  $\text{MJ/m}^2$  o  $\text{Mcal/m}^2$  (tabla 1.2).
- $S_i$  es la superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego,  $q_{si}$  diferente, en  $\text{m}^2$ .
- Como en este caso toda la planta está dedicada a la misma actividad coincidirán  $S_i$  y  $A$ , con lo que la carga de fuego de la fábrica de pelletizado será:

$$Q_s = 700 \text{ MJ/m}^2 * 1,5 = 1050 \text{ MJ/m}^2$$

Según esta carga de fuego, tenemos un nivel de riesgo intrínseco medio de nivel 3.

Sin embargo, en este caso, sí tenemos que tener en cuenta que el almacenamiento de los pellets y la fábrica están en contacto por lo que el nivel de riesgo intrínseco de uno influirá en el otro. Por tanto, en este caso, el riesgo alto del almacén de los pellets va a provocar que el riesgo

intrínseco de la nave del proceso sea la misma.

Por esto se establece que el nivel de riesgo intrínseco de toda la fábrica es alto de nivel 8.

Según la tabla 2.1, *Máxima superficie construida admisible de cada sector de incendio*, la fábrica está dentro de lo permitido ya que para el nivel 8 de riesgo intrínseco y un edificio tipo C, la máxima superficie permitida construida posible es de 2.000 m<sup>2</sup>.

Una vez establecido el nivel de riesgo intrínseco de la planta, habrá que establecer las medidas a adoptar necesarias en función de ese riesgo, así se establece, según el Anexo II:

*Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas* (artículo 6.2):

Como el nivel de riesgo de la fábrica es alto, deberán existir dos salidas alternativas, donde la longitud máxima de recorrido de evacuación hasta ellas sea de 25 metros.

*Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión en los edificios industriales* (artículo 7):

Debido a que se trata de una planta con un riesgo intrínseco alto y su superficie es de 1.000 m<sup>2</sup>, se debe disponer de un sistema de evacuación de humos en la nave de pelletizado. Éste puede ser natural o forzado en el caso de que la otra opción sea impracticable.

El diseño y ejecución de los sistemas de control de humos y calor se realizará de acuerdo a lo especificado en la norma UNE-23 585.

*Perímetro y accesos:*

Como la fábrica de pelletizado se encuentra en una zona forestal y el riesgo que presentan sus instalaciones es el más alto posible habrá que tener en cuenta las siguientes consideraciones, según el artículo 10, *Riesgo de fuego forestal*:

- Ha de mantener una franja perimetral de 25 metros de anchura permanentemente libre de vegetación baja y arbustiva con la masa forestal esclarecida y las ramas bajas podadas.
- Como no pueden establecerse dos vías de acceso alternativas a la planta, el acceso único debe finalizar en un fondo de saco, de forma circular, de 12,5 metros de radio.

A su vez el Anexo III, *Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales*, establece para este nivel de riesgo intrínseco las siguientes disposiciones:

*Sistemas manuales de alarma de incendios* (artículo 4):

Se tendrán que instalar sistemas manuales de alarma de incendios tanto en fábrica como en el almacenaje de la materia prima y de los pellets.

En la planta de pelletizado se deberá situar, en todo caso, un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25 metros.

#### *Sistemas de hidrantes exteriores (artículo 7):*

Aunque según el R.D. no se necesitan, debido a que no se llega a los límites establecidos, se recomienda, debido al poco margen existente para alcanzar dicho límite y a la situación de la industria que se encuentra alejada de núcleos de población importantes y entre zonas boscosas, establecer una red de hidrantes.

Esta red debe cumplir que la zona protegida por cada uno de ellos es la cubierta por un radio de 40 metros, medidos horizontalmente desde el emplazamiento del hidrante.

Además, al menos uno de los hidrantes deberá tener una embocadura de 100 milímetros.

Deberá tener un caudal de 2.000 L/minuto y una autonomía de 90 minutos.

La presión mínima en las bocas de salida de los hidrantes será de 5 bares cuando se estén descargando los caudales indicados.

#### *Extintores de incendio (artículo 8):*

Se instalarán extintores de incendios tanto en la fábrica como en el almacén de materias primas. Los extintores deberán ser de tipo A, ya que se tratan de combustibles sólidos. En la fábrica se deberán poner 5 extintores como mínimo y con una eficacia mínima 34 A, mientras que en el almacén de las cortas y maderas se deberá instalar como mínimo un extintor también de eficacia 34 A.

La distancia entre cualquier punto del sector y el extintor no debe sobrepasar los 15 metros, excepto en el caso del almacén de materias primas que podrá ser ampliado el recorrido hasta los 25 metros, debido a que es un establecimiento de tipo D.

#### *Sistemas de bocas de incendio (artículo 9):*

Se deberá instalar un sistema de bocas de incendio en la fábrica de pelletizado, al ser un establecimiento de tipo C con una superficie construida de 1.000 m<sup>2</sup> y presentar un nivel de riesgo intrínseco alto.

Deberá ser una BIE de tipo DN 45mm con un tiempo de autonomía de 90 minutos y cuya simultaneidad sea de tres.

#### *Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios (artículo 6):*

Se deberá establecer un sistema de abastecimiento de agua debido a que hay que dar servicio a los hidrantes y a las BIEs.

Como coexisten en el establecimiento un sistema de hidrantes con otro sistema de BIEs y se trata de un edificio con planta al nivel de rasante solamente, se deberá dimensionar el sistema de abastecimiento para el caudal de agua requerido por el sistema de hidrantes ( $Q_H$ ) y la reserva de agua necesaria para dicho sistema ( $R_H$ ).

Por tanto, para mantener el caudal requerido por los hidrantes durante el tiempo especificado se deberá tener un depósito de 180 m<sup>3</sup>.

*Sistemas de extinción por agentes extintores gaseosos (artículo 15):*

En los silos, a fin de extinguir la posible aparición de fuegos, se establece la necesidad de un sistema de introducción de gas inertizante desde el fondo del silo.

Además, se debe tener en cuenta la expansión de los pellets cuando son mojados, pudiendo llegar a expandirse 3,5 veces su volumen, por lo que se debe evitar el uso de agua para la extinción del fuego en los silos ya que puede llevar a reventar el silo, con los consiguientes problemas y situaciones de riesgo que puede generar este hecho.

*Sistemas de alumbrado de emergencia (artículo 16):*

Aunque no sea obligatoria su implantación en la fábrica ya que la ocupación es inferior a 10 personas, sin embargo es aconsejable, su instalación debido a que su nivel de riesgo intrínseco es alto y uno de sus principales riesgos es la posible formación de nubes de polvo.

En el caso de que se implante deberá cumplir:

- Ser fija, estar provista de fuente de energía propia y entrar en funcionamiento automáticamente al producirse un fallo el 70% de su tensión nominal de servicio.
- Mantener las condiciones de servicio durante una hora, desde que se produzca el fallo.
- Proporcionar una iluminancia de un lux al menos, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación, y de 5 lux en donde están instalados los equipos centrales o los cuadros de control.
- El cociente entre la iluminación máxima y la mínima debe ser inferior a 40, para que exista uniformidad en la iluminación.
- Se considerará nulo el factor de reflexión de paredes y techos a la hora de establecer los niveles de iluminación.

*Señalización (artículo 17):*

Se señalarán las salidas, tanto de uso habitual o de emergencia, así como los medios de protección contra incendios de utilización manual.

Finalmente, de acuerdo con el Capítulo III del R.D., *Inspecciones periódicas*, se establece que la industria deberá ser inspeccionada cada dos años por un organismo de control facultado para la aplicación de este reglamento, debido a que es un establecimiento de riesgo intrínseco alto (artículo 7).

### **4.3.- Aplicación del Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.**

Este Real Decreto es el encargado de transponer al ordenamiento jurídico español la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 1999/92/CE, de 16 de diciembre.

En él se establecen una serie de obligaciones del empresario con objeto de prevenir las explosiones y de proteger a los trabajadores contra éstas.

Entre las obligaciones que se establecen están algunas de carácter similar a otras normativas, como la evaluación de los riesgos, medidas de prevención y protección de los mismos, coordinación de actividades o la formación e información de los trabajadores; pero también se establecen otras de carácter específico como la clasificación en zonas de las áreas de riesgo, las características que deben cumplir los equipos instalados o introducidos en las zonas clasificadas y la obligatoriedad de desarrollar el Documento de Protección contra Explosiones, en el que se deben recoger todos los aspectos preventivos que se hayan desarrollado en la empresa.

Una atmósfera explosiva es la mezcla con el aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gases, vapores, nieblas o polvos, en la que, tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada.

En el caso de la fábrica de pelletizado la mezcla estará formada por aire y polvo procedente de la madera. Este tipo de polvo, procedente de madera blanda, va a presentar las siguientes características:

- T<sup>a</sup> autoignición (polvo en suspensión) = 450° C.
- T<sup>a</sup> autoignición (capa de polvo) = 225° C.
- Mínima energía de ignición: 17 mJ.
- Mínima concentración de explosividad (LIE): 70 g/m<sup>3</sup>.
- Máxima presión de explosión: 8,1 bares.
- Velocidad máxima de aumento de presión: 537 bar/s.
- Índice de deflagración: 146 bar\*m/s.
- Se requiere un 10,5% en volumen de oxígeno para la ignición.
- Temperatura de ignición en superficie caliente con capa de polvo de 5 mm: 300° C.
- Temperatura de ignición en superficie caliente con capa de polvo de 19 mm: 260° C.

Las zonas que se deben estudiar frente al riesgo de atmósferas explosivas son la nave de fabricación de los pellets y los silos donde van a ser guardados, ya que en estas zonas es donde se van a poder producir las condiciones necesarias de explosividad debido a la existencia de procesos capaces de generar nubes de polvo.

### ***Fábrica de pellets.***

La cantidad de polvo generado, al día, en el proceso de fabricación es el 5,1% del peso tratado, por tanto se generarán 2.193 kg de polvo y finos diarios. De esta cantidad, la mitad, aproximadamente 1.097 kg, serán partículas menores de 63 µm, que son las partículas que pueden generar problemas.

La principal fuente generadora de polvo en el proceso de fabricación es el triturador. Sin embargo, también hay otros momentos en el proceso en los cuales se producirá polvo y, por tanto, son susceptibles de generar una atmósfera explosiva, como son el volcado del material ya triturado en la tolva para el prensado desde el elevador de cangilones, el prensado del serrín o el volcado de los pellets en el enfriador, ya que al golpearse según caen sueltan polvo y finos.

Por esto, toda la planta de pelletizado va a tener la anteriormente mencionada cantidad de polvo en suspensión, con lo que se va a estar en condiciones de explosividad en todo el recinto hay que establecer las diferentes zonas de riesgo en función de la proximidad a la fuente de polvo ya que la nube de polvo se encontrará concentrada en mayor medida alrededor de donde es generada y no va a sufrir una expansión uniforme como si se tratase de un gas.

La cantidad de polvo en suspensión que presenta condiciones de explosividad es de 70 g/m<sup>3</sup>, la cual es superada ampliamente en la fábrica si no se toman medidas para evitar la expansión del polvo generado.

Por esto, se establecerá la necesidad de implantar sistemas de extracción localizada en aquellos puntos generadores de partículas pulverulentas y finos, que ya han sido mencionados. Estos sistemas de extracción deberán ser capaces de eliminar del recinto la práctica totalidad del polvo generado, por lo que deberán tener una potencia capaz de aspirar, al menos, los 1.097 kg de partículas que se generan al día y que presentan serios problemas, aunque lo óptimo sería que el sistema de extracción fuese capaz de eliminar la totalidad del polvo generado, también aquellas partículas de mayor diámetro, es decir los 2.193 kg que se generan en el proceso de pelletizado.

El sistema de extracción estará formado por un ciclón que será el encargado de realizar este proceso en los diversos puntos peligrosos de la instalación.

Por tanto, se deberá establecer una extracción forzada sobre el triturador, sobre el enfriador y sobre la tolva de alimentación a la prensa y en la prensa.

Una vez que ya están establecidos los mecanismos de extracción de polvo se pueden clasificar las zonas de acuerdo con el Anexo I, *Clasificación de las áreas en las que pueden formarse atmósferas explosivas*, según el cual se establece el siguiente criterio en función de su peligrosidad:

- Zona 20: Emplazamiento en el que una atmósfera explosiva en forma de nube de polvo combustible en el aire está presente continuamente o durante largos períodos o frecuentemente.
- Zona 21: Emplazamiento en el que una atmósfera explosiva en forma de una nube de polvo combustible en el aire es susceptible de formarse ocasionalmente en funcionamiento normal.

- Zona 22: Emplazamiento en el que una atmósfera en forma de una nube de polvo combustible en el aire no es probable que se produzca en condiciones de funcionamiento normal y si se produce es de corta duración.

En función de esta clasificación, se establecerá que el conjunto de la fábrica es una *zona 22* ya que no es probable que se forme una nube de polvo que pueda originar una atmósfera explosiva, pero en el caso de que un sistema de extracción se estropee sí podría darse la circunstancia.

Así mismo, existirá una *zona 20* en el punto de emisión del polvo, es decir en aquellos equipos en los que hemos establecido la necesidad de instalar una ventilación forzada, así como en los conductos de extracción y filtros que contengan.

Finalmente, se establecerá una *zona 21* entorno a los puntos de zona 20 de un metro de radio, según las recomendaciones establecidas a estos efectos, por, entre otros, la Sociedad de Prevención Fremap.

**Medidas a adoptar** (a partir del Anexo II y otras consideraciones específicas debido al tipo de material con el que se trabaja):

- Los trabajadores deben ser debidamente informados sobre cómo y dónde surge el riesgo de explosión, así como de las medidas preventivas que se han de adoptar. Además, se les deberá informar sobre los protocolos o procedimientos a seguir en estas zonas, donde será necesario tener permisos de trabajo para ciertas actividades, como son las susceptibles de generar chispas.
- Evitar soldar o cortar en la nave donde se produce el proceso de pelletizado, y en caso de realizarse estas actividades siempre bajo autorización y asegurándose de que no existen nubes de polvo peligrosas en la nave.
- Evitar la formación de capas de polvo en general, y especialmente sobre superficies calientes, ya que presentan un riesgo alto de ignición. Se realizará mediante un programa exhaustivo de limpieza que permita que las capas de polvo generadas durante el proceso no se acumulen, dando lugar a situaciones peligrosas.
- Evitar el uso de aparatos de aire comprimido durante cualquier actividad, incluida también la limpieza de la nave, ya que pueden poner en suspensión el polvo acumulado en las superficies y generar una atmósfera altamente explosiva.
- Evitar acciones que produzcan fricción, impactos, rozamientos o chispas.
- Evitar la existencia de cargas electrostáticas en la zona, para lo que se emplearán materiales antiestáticos y se deberá disponer de una adecuada y efectiva puesta a tierra.
- Disponer en los conductos de los sistemas de extracción de sistemas de detección y extinción de chispas. Estos aparatos consistirán en la detección de partículas incandescentes mediante infrarrojos, colocando unas boquillas extintoras aguas abajo de los detectores, a una distancia que dependerá de la velocidad del flujo.
- Los motores eléctricos y demás aparatos eléctricos, tales como lámparas o señales

luminosas de emergencia deberán respetar la legislación de atmósferas explosivas, por lo que deberán ser equipos ATEX de tipo 3, como mínimo, debido a la clasificación de toda la fábrica como zona 22, excepto los elementos que existan en el interior de las zonas 20 y 21 donde las categorías de los aparatos deberán ser como mínimo 1 y 2, respectivamente, tal y como se observa en la siguiente tabla del Anexo II:

CLASIFICACIÓN DE LA ZONA donde se va a instalar o utilizar el equipo	CATEGORÍA DEL EQUIPO
0 - 20	1
1 - 21	2 Pueden utilizarse equipos de categoría 1 por ofrecer mayor seguridad.
2 - 22	3 Pueden utilizarse equipos de categoría 1 y 2 por ofrecer mayor seguridad.

**Tabla 1:** Clasificación de zonas explosivas.

### **Silos.**

Los silos presentan un importante foco de peligrosidad respecto a la existencia de atmósferas explosivas ya que siempre van a existir finos y polvo que se generen por el proceso de llenado del silo y que se van a adherir a su superficie lateral o a quedar en suspensión en su interior.

Así, según el Anexo I, se va a definir el interior de los silos como *zona 20*, y su escotilla y un metro alrededor de la misma como *zona 20*, ya que es muy poco probable que se generen nubes de polvo con la suficiente densidad al abrir la escotilla para acceder a su interior.

Además, hay que tener en cuenta que el producto almacenado son pellets, y que los combustibles de biomasa son generalmente porosos y susceptibles de calentarse por sí mismos y/o producirse una ignición espontánea provocado por el crecimiento de microorganismos, oxidación química y absorción de humedad.

### **Medidas a adoptar:**

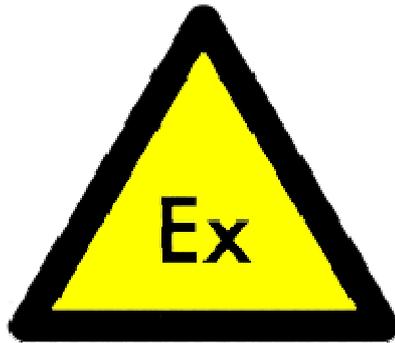
- Pintura antiestática, silos metálicos y puesta a tierra, para evitar la aparición de chispas debidas a cargas electrostáticas y que puedan originar una explosión.
- Sistemas de extracción de polvo durante el llenado del silo.
- Sistemas de control de la humedad en el interior del silo para mantenerla por debajo del 15%, lo que va a permitir que no aparezcan microorganismos y no se produzca el autocalentamiento de los pellets en el silo.
- Sistemas de detección y extinción de chispas, como los anteriormente comentados, en la entrada del silo.
- El silo deberá tener un panel de venteo para evitar que supere, en caso de explosión, la presión reducida de explosión. Este panel además deberá cumplir una serie de condiciones como son que esté instalado en la parte superior del silo; que el producto no puede llegar a tapanlo nunca, por lo que se establecerá un nivel máximo de llenado en el

silo que ha de respetarse obligatoriamente; y se debe proteger el panel de venteo para evitar que puedan caer personas a través de él.

- Empleo de equipos ATEX de categoría 1 para operar dentro de los silos.

Finalmente, para ambos casos, y de acuerdo con el Anexo III, todas las zonas con riesgo de atmósferas explosivas deberán ser señalizadas de la siguiente manera (Figura 9):

- Deberán tener forma triangular.
- Deberán ser letras negras sobre fondo amarillo con bordes negros.



**Figura 9:** Señal de zona explosiva

#### 4.4.- Aplicación del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Este Real Decreto busca evaluar y adecuar los lugares de trabajo para prevenir los riesgos relativos a su utilización. Supone la trasposición al ordenamiento jurídico español de la Directiva 89/654/CEE, de 30 de noviembre.

A continuación se establecen las medidas que habrá que tener en cuenta a la hora de diseñar las instalaciones de la planta de pelletizado, a fin de que cumplan las medidas adecuadas para preservar la seguridad y la salud de los trabajadores de dicha planta.

##### *Espacios de trabajo (artículo 2 del Anexo I):*

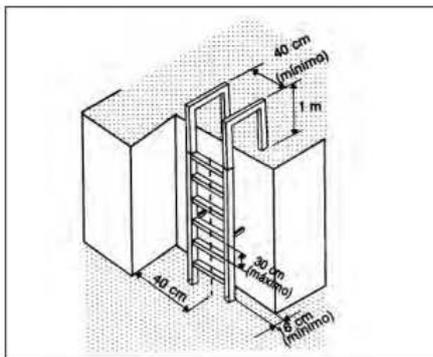
- Las oficinas deberán contar con una altura de 2,5 metros y tener 2 metros cuadrados por trabajador.
- Además, las oficinas deberán estar adecuadamente separadas del resto de la planta de fabricación mediante una separación física tal como una pared.

##### *Vías de circulación (artículo 5 del Anexo I):*

- Establecer las zonas de circulación de los camiones que entregan la materia de cortas, así como de los que recogen el producto una vez realizado.
- Establecer las zonas de circulación de las carretillas que alimenten la planta y que se desplacen entre el almacén y la planta.
- Límite de velocidad en todo el recinto de 20 km/h.
- La anchura mínima de las puertas exteriores y de los pasillos será de 80 cm y de 1 m, respectivamente.

*Escalas fijas (artículo 8 del Anexo I):* existirá al menos una escale fija en la zona de la tolva de la prensa, a fin de poder acceder a la misma para llevar a cabo labores de mantenimiento.

- La anchura mínima de las escaleras fijas será de 40 cm y la distancia máxima entre peldaños de 30 cm.
- La distancia entre el frente de los escalones y las paredes más próximas al lado del ascenso será, por lo menos, de 75 cm. La distancia mínima entre la parte posterior de los escalones y el objeto fijo más próximo será de 16 cm. Habrá un espacio libre de 40 cm a ambos lados del eje de la escala si no está provista de jaulas u otros dispositivos equivalentes. Todo esto es como se ve en la Figura 10.



**Figura 10:** Medidas en las escalas fijas

**Escaleras de mano** (artículo 9 del Anexo I): pueden ser necesarias para labores de mantenimiento y de limpieza de la nave.

- Las escaleras de mano tendrán la resistencia y los elementos de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización en las condiciones requeridas no suponga un riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. En particular, las escaleras de tijera dispondrán de elementos de seguridad que impidan su apertura al ser utilizadas. Las escaleras de mano deberán ser conformes con la norma UNE EN 131 partes 1 y 2: 1994, sobre los tipos, tamaños, requisitos, ensayos y marcado de las mismas.
- Las escaleras de mano se utilizarán de la forma y con las limitaciones establecidas por el fabricante. No se emplearán escaleras de mano, y en particular, escaleras de más de 5 m de longitud, de cuya resistencia no se tengan garantías. Queda prohibido el uso de escaleras de mano de construcción improvisada.
- Antes de utilizar una escalera de mano deberá asegurarse su estabilidad. La base de la escalera deberá quedar sólidamente asentada. En el caso de escaleras simples la parte superior se sujetará, si es necesario, al paramento sobre el que se apoya y cuando éste no permita un apoyo estable se sujetará al mismo mediante una abrazadera u otros dispositivos equivalentes.
- Las escaleras de mano simples se colocarán, en la medida de lo posible, formando un ángulo aproximado de 75 grados con la horizontal. Cuando se utilicen para acceder a lugares elevados sus largueros deberán prolongarse al menos 1 metro por encima de ésta.
- El ascenso, descenso y los trabajos desde escaleras se efectuarán de frente a las mismas. Los trabajos a más de 3,5 metros de altura, desde el punto de operación al suelo, que requieran movimientos o esfuerzos peligrosos para la estabilidad del trabajador, sólo se efectuarán si se utiliza cinturón de seguridad o se adoptan otras medidas de protección alternativas. Se prohíbe el transporte y manipulación de cargas por o desde escaleras de mano cuando su peso o dimensiones puedan comprometer la seguridad del trabajador. Las escaleras de mano no se utilizarán por dos o más personas simultáneamente.
- Las escaleras de mano se revisarán periódicamente. Se prohíbe la utilización de escaleras de madera pintadas, por la dificultad que ello supone para la detección de sus posibles defectos.

**Vías y salidas de evacuación** (punto 10 del Anexo I): las vías y salidas de evacuación deben cumplir además de lo establecido en cuanto a distancias de recorrido anteriormente mediante el R.D. 2267/2004, las siguientes condiciones:

- Las vías y salidas de evacuación deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en el exterior o zona de seguridad.
- En caso de peligro, los trabajadores deberán poder evacuar todos los lugares de trabajo rápidamente y en condiciones de máxima seguridad.
- Las puertas de emergencia deberán abrirse hacia el exterior y no deberán estar cerradas, de forma que cualquier persona que necesite utilizarlas en caso de urgencia pueda abrirlas fácil e inmediatamente. Estarán prohibidas las puertas específicamente de emergencia que sean correderas o giratorias.
- Las puertas situadas en los recorridos de las vías de evacuación deberán estar señalizadas adecuadamente. Se deberán poder abrir en cualquier momento desde el

interior sin ayuda especial. Cuando los lugares de trabajo estén ocupados, las puertas deberán poder abrirse.

- Las vías y salidas específicas de evacuación deberán señalizarse conforme a lo establecido en el R.D. 485/1997.
- Las vías y salidas de evacuación, así como las vías de circulación que den acceso a ellas, no deberán estar obstruidas por ningún objeto de manera que puedan utilizarse sin trabas en cualquier momento. Las puertas de emergencia no deberán cerrarse con llave.
- En caso de avería de la iluminación, las vías y salidas de evacuación que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad. Esto es tener una dotación de al menos 5 lúmenes/m<sup>2</sup>, un flujo luminoso de las luminarias mínimo de 30 lúmenes y una separación de las mismas de al menos 4 veces la altura a la que estén instaladas (entre 2 y 2,5 m).

**Orden, limpieza y mantenimiento (Anexo II):** Las normas relativas al orden, limpieza y mantenimiento, son especialmente importantes en este caso ya que permitirán reducir las posibilidades de generar la concentración de polvo aerotransportado mínima para provocar una atmósfera explosiva o la capa de polvo acumulada suficiente para que se incendie.

- Las zonas de paso, salidas y vías de circulación de los lugares de trabajo y, en especial, las salidas y vías de circulación previstas para la evacuación en casos de emergencia, deberán permanecer libres de obstáculos de forma que sea posible utilizarlas sin dificultades en todo momento.
- Los lugares de trabajo, incluidos los locales de servicio, y sus respectivos equipos e instalaciones, se limpiarán periódicamente y siempre que sea necesario para mantenerlos en todo momento en condiciones higiénicas adecuadas.
- Las operaciones de limpieza no deberán constituir por sí mismas una fuente de riesgo para los trabajadores que las efectúen o para terceros, realizándose a tal fin en los momentos, de la forma y con los medios adecuados.
- Los lugares de trabajo y, en particular, sus instalaciones, deberán ser objeto de un mantenimiento periódico, de forma que sus condiciones de funcionamiento satisfagan siempre las especificaciones del proyecto, subsanándose con rapidez las deficiencias que puedan afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.

**Condiciones ambientales (Anexo III):**

- La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deben suponer un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores. En este caso, el polvo generado por la madera blanda tiene un VLA-ED de 10 mg/m<sup>3</sup>, que en principio no será superado debido a los sistemas de extracción implantados.
- Asimismo, y en la medida de lo posible, las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deben constituir una fuente de incomodidad o molestia para los trabajadores. A tal efecto, deberán evitarse las temperaturas y humedades extremas, los cambios bruscos de temperatura, las corrientes de aire molestas, los olores desagradables, la irradiación excesiva y, en particular, la radiación solar a través de ventanas, luces o tabiques acristalados.
- En los locales de trabajo cerrados deberán cumplirse, en particular, las siguientes

condiciones:

- La temperatura de los locales donde se realicen trabajos sedentarios propios de oficinas o similares estará comprendida entre 17 y 27° C. La temperatura de los locales donde se realicen trabajos ligeros estará comprendida entre 14 y 25° C.
- La humedad relativa estará comprendida entre el 30 y el 70%, excepto en los locales donde existan riesgos por electricidad estática en los que el límite inferior será el 50%.
- Los trabajadores no deberán estar expuestos de forma frecuente o continuada a corrientes de aire cuya velocidad exceda los siguientes límites:
  - Trabajos en ambientes no calurosos: 0,25 m/s.
  - Trabajos sedentarios en ambientes calurosos: 0,5 m/s.
  - Trabajos no sedentarios en ambientes calurosos: 0,75 m/s.
- La renovación mínima del aire de los locales de trabajo será de 30 m<sup>3</sup> de aire limpio por hora y trabajador, en el caso de trabajos sedentarios en ambientes no calurosos ni contaminados por humos y de 50 m<sup>3</sup> en los casos restantes, a fin de evitar el ambiente viciado y los olores desagradables.
- El aislamiento térmico de los locales cerrados debe adecuarse a las condiciones climáticas propias del lugar.
- En las operaciones de carga y descarga de los camiones, al ser lugares de trabajo al aire libre, deberán tomarse medidas para que los trabajadores puedan protegerse, en la medida de lo posible, de las inclemencias del tiempo.
- Las condiciones ambientales de los locales de descanso, de los locales para el personal de guardia, de los servicios higiénicos y de los locales de primeros auxilios deberán responder al uso específico de estos locales ajustarse, en todo caso, a lo anteriormente dispuesto.

#### ***Iluminación (Anexo IV):***

- La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características que se efectúe en ella, teniendo en cuenta los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad y las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.
- Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada en zonas concretas que requieran niveles de iluminación elevados.
- El nivel mínimo exigido en la fábrica de pelletizado será de:
  - Zona de la nave (exigencias visuales moderadas): 200 Lux.
  - Zona de oficinas (exigencias visuales altas): 500 Lux.

- La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:
  - La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
  - Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
  - Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
  - Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o en sus proximidades.
  - No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.
- La zona de producción y de oficinas dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.
- Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctrico, de incendio o de explosión, por lo que en el caso de la nave de peletización deberán ser ATEX de categoría 3 o superior.

***Servicios higiénicos y locales de descanso (Anexo V):***

- Las oficinas y la nave dispondrán de agua potable en cantidad suficiente y fácilmente accesible. Se evitará toda circunstancia que posibilite la contaminación del agua potable. En las fuentes de agua se indicará si ésta es o no potable, siempre que puedan existir dudas al respecto.
- Vestuarios, duchas, lavabos y retretes:
  - Se dispondrán de vestuarios ya que en este caso existe la necesidad del uso de ropa protectora frente al polvo, o al menos la necesidad de cambiarse de ropa una vez finalizada la jornada laboral.
  - Los vestuarios estarán provistos de asientos y de armarios o taquillas individuales con llave, que tendrán la capacidad suficiente para guardar la ropa y el calzado. Los armarios o taquillas para la ropa del trabajo y para la de calle estarán separados debido al estado de contaminación y suciedad que puede tener la ropa de trabajo.
  - Se dispondrán, en las proximidades de los puestos de trabajo y de los vestuarios, de locales de aseo con espejos, lavabos con agua corriente, caliente, jabón y un sistema de secado con garantías higiénicas. Se dispondrán además duchas de agua corriente, caliente y fría. En este caso con un local de aseo será suficiente.

- La comunicación entre los locales de aseo y los vestuarios debe ser fácil.
- Deberá haber un local de descanso que reúna las condiciones de comodidad adecuadas, que en este caso se encontrará en las oficinas.

***Material y locales de primeros auxilios (Anexo VI):***

- Se dispondrá del material de primeros auxilios adecuado para tratar las principales afecciones que pueden darse en el lugar de trabajo, que en este caso valdrá con un botiquín portátil que contenga desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pinzas y guantes desechables.
- La ubicación del botiquín estará en las oficinas, ya que es un lugar cercano a cualquiera de las otras instalaciones y además permitirá preservar su contenido del polvo generado en la fábrica.
- El material de primeros auxilios deberá ser revisado periódicamente y se irá reponiendo tan pronto como caduque o sea utilizado.
- No es necesaria la existencia de un local de primeros auxilios ya que el número de trabajadores no llega a los 50.

#### 4.5.- Evaluación de riesgos de la planta de pelletizado.

Una vez descrita la planta y aplicados los Reales Decretos antes desarrollados a la misma, se procede a evaluar los riesgos que persisten en la planta de pelletizado y que no pueden ser eliminados en origen.

##### Metodología de la evaluación.

Para la evaluación se ha utilizado el método desarrollado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, que basa la estimación del riesgo para cada peligro en la determinación de la potencial severidad del daño (consecuencias) y la probabilidad de que ocurra el hecho.

De esta forma, se evaluarán los riesgos para cada peligro, a fin de poder clasificar los peligros según el nivel del riesgo y de este modo establecer prioridades para las acciones preventivas en la planta.

##### *Criterios de evaluación*

En lo respectivo a la severidad del daño, se tienen en cuenta las partes del cuerpo afectadas y la naturaleza del daño, Tabla 2.

<b>SEVERIDAD DEL DAÑO</b>	
<b>LIGERAMENTE DAÑINO (LD)</b>	Daños superficiales: cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo.  Molestias e irritación: dolor de cabeza, disconfort.
<b>DAÑINO (D)</b>	Quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores, etc.  Sordera, dermatitis, asma, trastornos musculo-esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor.
<b>EXTREMADAMENTE DAÑINO (ED)</b>	Amputaciones, fracturas mayores, envenenamientos, lesiones múltiples, lesiones fatales.  Cáncer, otras enfermedades que acorten severamente la vida, enfermedades agudas.

**Tabla 2:** Severidad del daño

Para la probabilidad (Tabla 3) se han considerado las medidas de control ya implantadas, los requisitos legales y los códigos de buena práctica comprobados como medidas específicas de control.

<b>PROBABILIDAD DE QUE OCURRA EL RIESGO</b>	
<b>BAJA (B)</b>	El daño ocurrirá raras veces.
<b>MEDIA (M)</b>	El daño ocurrirá algunas veces.
<b>ALTA (A)</b>	El daño ocurrirá siempre o casi siempre.

**Tabla 3:** Probabilidad de que ocurra el riesgo

*Niveles de riesgo.*

La estimación del nivel de riesgo se obtendrá a partir de los factores anteriormente analizados y el cuadro siguiente, Tablas 4 y 5:

		<b>CONSECUENCIAS</b>		
		<i>LD</i>	<i>D</i>	<i>ED</i>
<b>PROBABILIDAD</b>	<i>B</i>	T	TO	MO
	<i>M</i>	TO	MO	I
	<i>A</i>	MO	I	IN

**Tabla 4:** Nivel de riesgo

Estos niveles forman la base a partir de la cual se deben establecer las prioridades para la implantación de las diversas acciones preventivas.

<b>RIESGO</b>	<b>ACCIÓN</b>
<i>Trivial (T)</i>	No se requiere acción específica.
<i>Tolerable (TO)</i>	<p>No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante.</p> <p>Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.</p>
<i>Moderado (MO)</i>	<p>Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado.</p> <p>Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.</p>
<i>Importante (I)</i>	<p>No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo.</p> <p>Cuando al riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.</p>
<i>Intolerable (IN)</i>	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca e riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

**Tabla 5:** Riesgo y acciones a tomar asociadas.

## EVALUACIÓN DE RIESGOS DE LA PLANTA

Zonas	Riesgos	P	C	R	Causas	Medidas y/o controles preventivos
<b>Almacenamiento de restos de cortas y clareos</b>	Atropellos	B	ED	MO	Atropello por uno de los camiones que entran en la planta a descargar los restos de cortas y clareos.	Mantener a todo el personal que no sea imprescindible fuera de la zona de circulación y descarga de los camiones.  Habilitar zonas de paso de peatones.  Velocidad máxima de circulación de los camiones de 20km/h en el recinto.
	Caídas al mismo nivel	A	LD	MO	Posibilidades de tropiezos y/o resbalamientos debido a la existencia en el suelo de restos procedentes de la madera y a la existencia de suelo mojado y charcos por estar a la intemperie.	Implantar un programa de limpieza de la zona para eliminar los restos que hayan podido caer de la madera.  Mantener en buenas condiciones el sistema de drenaje de la plataforma de descarga.  Usar botas de seguridad con suela antideslizante.
	Riesgos de discomfort térmico	A	LD	MO	La fábrica está situada en una zona de fuertes heladas en invierno y calor elevado en verano.	Suministrar la ropa adecuada a cada estación del año.  Establecer un protocolo de actuación para los días de clima extremo, tanto de frío como de calor, en el que se establezcan los tiempos y actividades para evitar problemas de hipotermia o de deshidratación e insolación respectivamente.

<b>Entrada al proceso</b>	Atropellos	B	ED	MO	Atropello por la pala excavadora durante el transporte del material del almacén a la cinta de alimentación.	Mantener a todo el personal que no sea imprescindible fuera de la zona de circulación y descarga de los camiones.  Habilitar zonas de paso de peatones.  Velocidad máxima de circulación de 20km/h en el recinto.
<b>Trituración</b>	Exposición al polvo	A	LD	MO	Insuficiente o mal funcionamiento de la extracción y/o mal estado de las juntas de las tomas y conducciones.	Implantar un programa de mantenimiento exhaustivo de los sistemas de extracción y de las juntas.  Usar ropa de manga larga siempre, así como guantes, mascarilla y gafas.
	Ruido	A	D	I	El triturado de la madera por la máquina genera un nivel de ruido elevado.	Usar protecciones auditivas cuando se va a trabajar en el entorno del triturador.  Mantenerse en el área de efecto del ruido sólo el tiempo imprescindible.
	Contacto eléctrico	B	D	TO	Posible contacto con alguna parte en mal estado de la instalación eléctrica del triturador o de la extracción.	Revisar de manera periódica la instalación eléctrica del equipo y comprobar su buen funcionamiento.  Cuando se realice el mantenimiento de la máquina, asegurarse de que el equipo está desenchufado.  Seguir el manual de usuario, que debe ser proporcionado por el fabricante.
	Riesgo de atrapamiento	B	ED	MO	El operador puede quedar atrapado en el triturador.	Durante la fase de operación, no introducir ninguna parte del cuerpo o ningún objeto en la entrada de alimentación.  Cuando se realicen las acciones de mantenimiento, seguir las

						instrucciones proporcionadas por el fabricante en el manual de usuario.
	Explosión	B	ED	MO	La concentración de polvo en el aire asciende por encima de la concentración mínima de explosividad y existe una fuente de energía superior a la de ignición.	<p>Revisión diaria del buen funcionamiento de los sistemas de extracción forzada por el operario encargado del funcionamiento del equipo.</p> <p>Evitar procesos de soldado y demás procesos que generen chispas o sean fuente de calor en las zonas ATEX establecidas como 20 y 21.</p> <p>Protocolo de limpieza de la zona para evitar la acumulación de capas de polvo.</p> <p>No emplear en ningún caso aire a presión en el entorno.</p> <p>Empleo de ropa y calzado antiestáticos por los operarios.</p>
	Proyección de partículas	B	D	TO	Debido a la trituración de los restos de la madera pueden salir proyectadas astillas que impacten en el operario.	Empleo de gafas de seguridad por los operarios cercanos al triturador.
<b>Secado</b>	Quemaduras	M	D	MO	Entrar en contacto con alguna parte caliente del secador de cinta, con los pellets según salen del secador o con la caldera.	<p>Instalar un piloto que indique si el secador está en funcionamiento o no, así como la caldera.</p> <p>Usar siempre guantes de protección térmica de hasta 110° C como mínimo, así como gafas.</p> <p>Lavabo de emergencias donde poder lavar con abundante agua</p>

						<p>fría la zona que ha entrado en contacto con el secador.</p> <p>Realizar las labores de mantenimiento siempre con el aparato completamente frío.</p>
	Riesgo de atrapamiento	B	ED	MO	El operador puede quedar atrapado por el secador.	<p>Durante la fase de operación, no introducir ninguna parte del cuerpo o ningún objeto en la entrada de alimentación.</p> <p>Cuando se realicen las acciones de mantenimiento, seguir las instrucciones proporcionadas por el fabricante en el manual de usuario.</p>
<b>Prensado</b>	Exposición al polvo	A	LD	MO	Insuficiente o mal funcionamiento de la extracción y/o mal estado de las juntas de las tomas y conducciones.	<p>Implantar un programa de mantenimiento exhaustivo de los sistemas de extracción y de las juntas.</p> <p>Usar ropa de manga larga siempre, así como guantes, mascarilla y gafas.</p>
	Contacto eléctrico	B	D	TO	Posible contacto con alguna parte en mal estado de la instalación eléctrica del elevador de cangilones, de la prensa o de la extracción.	<p>Revisar de manera periódica la instalación eléctrica de los equipos y comprobar su buen funcionamiento.</p> <p>Cuando se realice el mantenimiento de las máquinas, asegurarse de que el equipo está desenchufado.</p> <p>Seguir el manual de usuario de cada equipo, que debe ser proporcionado por el fabricante.</p>
	Riesgo de atrapamiento	B	ED	MO	El operador puede quedar atrapado por el elevador de cangilones o por la prensa.	<p>No introducir ninguna parte del cuerpo o ningún objeto en la entrada de alimentación tanto del elevador de cangilones como de la prensa.</p> <p>No introducir ninguna parte del cuerpo o ningún objeto en la</p>

					<p>zona de prensado de la máquina. Instalar protecciones para evitar esto, de manera que al retirar la protección, la prensa pare automáticamente si no se ha parado anteriormente.</p> <p>Cuando se realicen las acciones de mantenimiento, seguir las instrucciones proporcionadas por el fabricante en los distintos manuales de usuario.</p>
Cortes	B	ED	MO	<p>El operador puede introducir alguna parte del cuerpo en la zona de acción de la cuchilla de corte de los pellets.</p>	<p>No introducir ninguna parte del cuerpo o ningún objeto en la zona de corte de la máquina.</p> <p>Instalar protecciones para, de manera que al retirar la protección, la prensa pare automáticamente si no se ha parado anteriormente.</p>
Explosión	B	ED	MO	<p>La concentración de polvo en el aire asciende por encima de la concentración mínima de explosividad y existe una fuente de energía superior a la de ignición.</p>	<p>Revisión diaria del buen funcionamiento de los sistemas de extracción forzada por el operario encargado del funcionamiento del equipo.</p> <p>Evitar procesos de soldado y demás procesos que generen chispas o sean fuente de calor en las zonas ATEX establecidas como 20 y 21.</p> <p>Protocolo de limpieza de la zona para evitar la acumulación de capas de polvo.</p> <p>No emplear en ningún caso métodos de aire a presión en el entorno.</p> <p>Empleo de ropa y calzado antiestáticos por los operarios.</p>

<b>Enfriado</b>	Exposición al polvo	A	LD	MO	<p>Insuficiente o mal funcionamiento de la extracción y/o mal estado de las juntas de tomas y conducciones.</p> <p>Inversión del sentido de giro del ventilador.</p>	<p>Implantar un programa de mantenimiento exhaustivo de los sistemas de extracción y de las juntas.</p> <p>Asegurarse el correcto sentido de funcionamiento del ventilador.</p> <p>Usar ropa de manga larga siempre, así como guantes, mascarilla y gafas.</p>
	Ruido	A	D	I	<p>El triturado de la madera por la máquina genera un nivel de ruido elevado.</p>	<p>Usar protecciones auditivas cuando se va a trabajar en el entorno del triturador.</p> <p>Mantenerse en el área de efecto del ruido sólo el tiempo imprescindible.</p>
	Contacto eléctrico	B	D	TO	<p>Posible contacto con alguna parte en mal estado de la instalación eléctrica del secador.</p>	<p>Revisar de manera periódica la instalación eléctrica del equipo y comprobar su buen funcionamiento.</p> <p>Cuando se realice el mantenimiento de la máquina, asegurarse de que el equipo está desenchufado.</p> <p>Seguir el manual de usuario, que debe ser proporcionado por el fabricante.</p>
	Quemaduras	M	LD	TO	<p>Entrar en contacto con los pellets antes de su enfriado.</p>	<p>Usar siempre guantes de protección térmica de hasta 130° C como mínimo.</p> <p>Lavabo de emergencias donde poder lavar con abundante agua fría la zona que ha entrado en contacto con los pellets.</p> <p>Realizar las labores de mantenimiento siempre enfriador vacío.</p>

	Riesgo de atrapamiento	B	ED	MO	El operador puede quedar atrapado por el ventilador	<p>No introducir ninguna parte del cuerpo o ningún objeto en la entrada de aire del ventilador.</p> <p>Instalar rejilla de seguridad para impedir que se puedan alcanzar las aspas del ventilador con alguna parte del cuerpo.</p> <p>Cuando se realicen las acciones de mantenimiento, seguir las instrucciones proporcionadas por el fabricante en el manual de usuario.</p>
	Explosión	B	ED	MO	La concentración de polvo en el aire asciende por encima de la concentración mínima de explosividad y existe una fuente de energía superior a la de ignición.	<p>Revisión diaria del buen funcionamiento de los sistemas de extracción forzada por el operario encargado del funcionamiento del equipo.</p> <p>Evitar procesos de soldado y demás procesos que generen chispas o sean fuente de calor en las zonas ATEX establecidas como 20 y 21.</p> <p>Protocolo de limpieza de la zona para evitar la acumulación de capas de polvo.</p> <p>No emplear en ningún caso métodos de aire a presión en el entorno.</p> <p>Empleo de ropa y calzado antiestáticos por los operarios.</p>
<b>Almacenaje de los pellets</b>	Exposición al polvo	A	D	I	Trabajos dentro del silo.	<p>Usar ropa de manga larga siempre, así como guantes y máscara.</p> <p>Trabajar con el silo vaciado y una vez lavado.</p>
	Explosión	B	ED	MO	La concentración de polvo en el aire asciende por	Evitar procesos de soldado y demás procesos que generen chispas o sean fuente de calor en las zonas ATEX establecidas

					encima de la concentración mínima de explosividad y existe una fuente de energía superior a la de ignición.	<p>como 20 y 21.</p> <p>Protocolo de limpieza de la zona para evitar la acumulación de capas de polvo.</p> <p>No emplear en ningún caso métodos de aire a presión en el entorno.</p> <p>Empleo de ropa y calzado antiestáticos por los operarios.</p>
	Intoxicación	M	ED	I	La concentración de CO en el interior del silo es superior a 10mg/m <sup>3</sup> .	<p>Instalar medidor de CO y de O<sub>2</sub>.</p> <p>Instaurar protocolo de trabajo en el interior de los silos.</p>
	Riesgo de atrapamiento	B	LD	T	El operador puede quedar atrapado dentro del silo.	Implantar un protocolo de actuación para los trabajos en el interior de los silos para evitar esta situación.
	Caídas a distinto nivel	M	D	MO	Trabajos en el exterior del silo.	<p>Obligatoriedad de uso de arnés en la realización de los trabajos en altura.</p> <p>Uso de plataforma elevadora para la realización de los trabajos en altura.</p> <p>Señalización del panel de venteo del silo para evitar caer a través de él.</p>

	Caídas al mismo nivel	A	LD	MO	Posibilidad de resbalamientos debido a la existencia en el suelo de polvo y finos procedentes de la madera, así como de pellets, y a la existencia de suelo mojado y charcos por estar a la intemperie.	<p>Implantar un programa de limpieza de la zona para eliminar los restos de polvo o los pellets que hayan podido caer al suelo.</p> <p>Mantener en buenas condiciones el sistema de drenaje de la plataforma de llenado de los camiones.</p> <p>Usar botas con suela antideslizante.</p>
	Atropellos	B	D	TO	Atropello por uno de los camiones que entran en la planta a cargar.	<p>Mantener a todo el personal que no sea imprescindible fuera de la zona de circulación y carga de los camiones.</p> <p>Habilitar zonas de paso de peatones.</p> <p>Velocidad máxima de circulación de los camiones de 20km/h en el recinto.</p>
	Riesgos de disconfort térmico	A	LD	MO	La fábrica está situada en una zona de fuertes heladas en invierno y calor elevado en verano.	<p>Suministrar la ropa adecuada a cada estación del año.</p> <p>Establecer un protocolo de actuación para los días de clima extrema, tanto de frío como de calor, en el que se establezcan los tiempos y actividades para evitar problemas de hipotermia o de deshidratación e insolación respectivamente.</p>

4.5.1.- BALANCE ECONÓMICO DE LA IMPLANTACIÓN DE LAS MEDIDAS.

<b>Medida</b>	<b>Número</b>	<b>Coste (€)</b>	<b>Responsable de implantación</b>	<b>Fecha prevista de implantación</b>	<b>Fecha de implantación</b>	<b>Firma responsable</b>
Botas seguridad antiestáticas y/o impermeables	3	23,96				
Abrigo	1	34,68				
Guantes de trabajo	1	2,17				
Gafas de seguridad	3	4,03				
Protecciones auditivas	3	18,30				
Buzos de trabajo	1	13,78				
Buzos antiestáticos	2	29,89				
Mascarillas	3	0,43				

Guantes de trabajo de protección térmica	2	3,75				
Arnés	1	27,95				
Lavabo de emergencia	1	331,67				
Medidor de CO y O <sub>2</sub>	2	653,40				

<b>TOTAL</b>	1924,49 €	<b>Firma responsable:</b>  Fdo:
--------------	-----------	---------------------------------------

#### **4.6.- Otras actividades.**

Mi proceso formativo durante mi estancia en CARTIF se completó con otras actividades como las visitas a las diversas instalaciones de CARTIF y con la revisión de la legislación más recurrente en Prevención de Riesgos.

##### **Visitas a CARTIF.**

A lo largo de las semanas que he estado en CARTIF, he conocido todas las instalaciones de los tres edificios que posee esta empresa en el Parque Tecnológico de Boecillo, así he aprendido, más allá del papel, cuales son las fuentes de riesgo que existen en las instalaciones de un edificio de oficinas normal, pero también las características propias de varios proyectos y aparatos de laboratorio que tienen en sus instalaciones, del mismo modo también he conocido sus medidas de emergencia.

En cuanto a las instalaciones generales, he aprendido a reconocer las distintas funciones de cada tubería en función de su color (agua, aire comprimido, gas...), he visto como se deben tener las instalaciones donde se encuentren los centros de datos, la caldera, los transformadores y generadores de luz o los cuadros eléctricos.

Del mismo modo, he aprendido cómo deben ser almacenadas las diversas botellas de gases para su uso en el laboratorio, lo que, según la legislación, en CARTIF está en un espacio ventilado en el exterior del edificio, con las puertas enrejadas para impedir el acceso a las bombonas de los no responsables pero permitir su buena ventilación; los gases inflamables están separados de los que no lo son, así como las botellas en uso de las que se encuentran almacenadas.

También he visto cómo deben ser ubicadas las diversas medidas de emergencia y la manera correcta de usar cada una en su momento y según lo que ocurra, conociendo la idoneidad de uso en ciertas ocasiones de extintores de polvo CO<sub>2</sub> en vez de polvo ABC, o al revés, de las BIEs, etc.

##### **Revisión de la legislación.**

Durante este tiempo, también he podido tener un conocimiento mayor de la legislación vigente en la actualidad en materia de prevención de riesgos laborales:

- Legislación sobre riesgo eléctrico:
  - R.D. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
  - R.D. 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Instrucciones técnicas como son:
  - ITC – BT – 01: Terminología.
  - ITC – BT – 03: Instalaciones autorizadas.
  - ITC – BT – 18: Puesta a tierra.

- ITC – BT – 24: Instalaciones interiores o receptoras. Protección contra los contactos eléctricos directos e indirectos.
- Puestos de Trabajo:
  - R.D. 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Seguridad contra incendios:
  - R.D. 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
  - Código Técnico de la Edificación.
- Seguridad en atmósferas explosivas:
  - R.D. 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Sustancias químicas y productos peligrosos y almacenamiento:
  - R.D. 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
  - R.D. 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Compatibilidad electromagnética:
  - R.D. 1580/2006, de 22 de diciembre, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- Legislación sobre aparatos a presión:
  - R.D. 769/1999, de 7 de mayo, por el que dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el R.D. 1244/1979, de 4 de abril, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión.
  - R.D. 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de aparatos a presión y sus interacciones técnicas complementarias.

### **Mediciones ambientales**

Durante mi estancia en Cartif también me han enseñado los aparatos de mediciones de las emisiones y los EPIs necesarios para realizarlas.

Así he conocido como son la sonda cinética, la medición del Índice de opacidad de Bacharach, la medición de la inmisión de partículas o el analizador de COV's.

## **5.- ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LOS REALES DECRETOS Y DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS.**

Una planta de pelletizado presenta una serie de riesgos que, de no ser tratados adecuadamente, pueden generar situaciones potencialmente dañinas para los trabajadores.

Esto es debido a la existencia de un potente combustible, como es la madera y sus derivados, y a la generación de grandes cantidades de polvo, lo que nos va a generar una atmósfera explosiva en la fábrica.

Por estos motivos, se deben implantar los Reales Decretos tratados a lo largo de este Trabajo Fin de Máster, ya que nos dan las pautas para actuar sobre el foco del problema y evitar así el riesgo en su mayor parte.

Mediante el R.D. 2267/2004, se establecen las medidas pertinentes para evitar que en caso de incendio, éste pueda degenerar en una situación en el que sea imposible controlarlo. Así, se han establecido las medidas que, a la luz de este Real Decreto, se han considerado oportunas. Algunas de esas medidas vienen impuestas por dicho Decreto, mientras que otras, apoyándonos en él, se han considerado adecuadas y que podrían redundar en un gran beneficio para la instalación, máxime cuando aún no está construida y, por tanto, no supone tener que modificarla, sino simplemente incorporarlas en el proyecto de ejecución.

Por otro lado, a través del R.D. 681/2003, se define atmósfera explosiva, lo que nos lleva a establecer las diferentes áreas en función de la posibilidad de explosión que se dé en ellas y por tanto a actuar adecuadamente y a establecer los requisitos que deben tener los diferentes aparatos y que deben cumplir los diferentes trabajos realizados en el interior de dichas zonas. Además, la aplicación de este Decreto conlleva el establecer una serie de medidas preventivas que llevan a evitar la aparición de esas posibles atmósferas explosivas al tratar el riesgo directamente en origen, y, en el caso de no poder hacerlo así, también ayuda a establecer otras medidas correctoras.

Finalmente, el R.D. 486/1997, ayuda a establecer las características que deben poseer las instalaciones que va a tener la planta de pelletizado, de forma que cumplan condiciones de seguridad y salud para los trabajadores.

La Evaluación de Riesgos permite establecer aquellos riesgos que no han podido ser eliminados en origen y por tanto deben aplicárseles una serie de medidas correctoras de carácter unipersonal, caso de los EPIs, o de carácter procedimental. En esta evaluación se ha comprobado que la mayoría de riesgos importantes con una probabilidad alta han sido eliminados en origen. Quedando aquellos que pueden ser subsanados en su mayoría gracias a los anteriormente citados protocolos de actuación o a los EPIs.

## **6.- CONCLUSIONES EXTRAÍDAS.**

En un primer momento, puedo decir que la experiencia en la Fundación Cartif me ha permitido poner en práctica gran parte de los conocimientos adquiridos durante el curso académico. Del mismo modo, he tenido que poner en práctica las habilidades y destrezas propias de un técnico en prevención de riesgos laborales.

Además, la realización de estas prácticas me ha permitido profundizar en los mencionados conocimientos, habilidades y destrezas, así como conocer el modo de ponerlas en funcionamiento a la hora de realizar un análisis preventivo de una instalación industrial.

Por lo tanto, puedo concluir que la realización de las prácticas en la Fundación Cartif ha sido altamente satisfactoria y he conseguido aglutinar y dar forma a todos los conceptos que había adquirido teóricamente. También he aprendido a desglosar la legislación que durante el curso nos han comentado y a tratarla en la forma adecuada en función de los requisitos de cada instalación.

## 7.- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo:

- Real Decreto 2267/2004, Reglamento de protección contra incendios en establecimiento industriales.
- Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en los Lugares de Trabajo.
- Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relativos a la Utilización de los Lugares de Trabajo.
- Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España 2013.

The Pellet Handbook, *Ingwald Obernberger & Gerold Thek*, Earthscan (2010).

Manuales de instrucciones de los diversos equipos empleados.

Prevención y Protección de explosiones de polvo en instalaciones industriales, *Xavier de Gea Rodríguez*, Fremap (2007).

El polvo de la madera: riesgo laboral y su prevención, *Secretaría de Salud Laboral y Medio Ambiente MCA-UGT Federación de Industria* (2009).