



Universitat Jaume I

**Escola Superior de Tecnologia i Ciències Experimentals
Grau en Enginyeria Química**

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo

Trabajo Fin de Grado

Autor/a

Rubén Jiménez González

Tutor/a

María José Gimeno Pérez

Castellón, Octubre de 2019

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

0.RESUMEN

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

El presente proyecto trata sobre el diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo. Hoy en día, cada vez está más en auge la pintura en polvo, debido a que es un recubrimiento con unas características excepcionales, y, sobre todo, que es un compuesto 100 % libre de COVs (compuestos orgánicos volátiles), por lo que se reduce considerablemente el impacto ambiental comparado con las pinturas líquidas, que si utilizan disolventes en su fabricación. La instalación propuesta tiene una capacidad de producción de 20.000 toneladas al año, y constará de varias líneas de producción, las cuales cada una de ellas se compone de: un equipo de pesaje industrial de la formulación, un mezclador de alta velocidad, una extrusora de doble husillo, una banda de enfriamiento con rodillos y trituradora, y un sistema de clasificación compuesto de un molino clasificador de aire, ciclón, filtro, y tamiz vibratorio. Para la elección de los diferentes equipos que componen la instalación, se hará una comparativa entre distintos equipos de diferentes compañías, y se seleccionará el más adecuado, así como el cálculo de las dimensiones y propiedades del ciclón y el sistema de transporte neumático. Por último, se realizará el presupuesto total de la instalación.

Aquí se muestra el diagrama de flujo de la instalación:

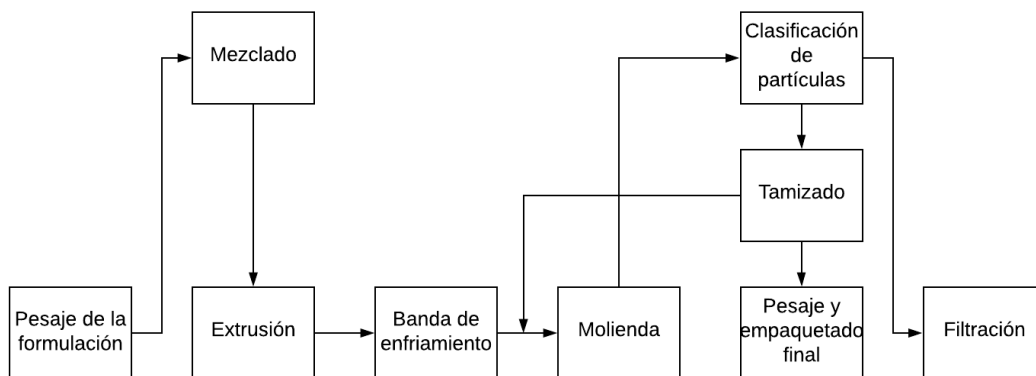


Figura R.1. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la pintura en polvo.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

1.ÍNDICE GENERAL

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Los documentos básicos del siguiente proyecto serán los siguientes:

1. Índice general.
2. Memoria.
3. Anexos.
4. Planos.
5. Pliego de condiciones.
6. Estado de mediciones.
7. Presupuesto.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

2.MEMORIA

ÍNDICE

1. Objeto.....	5
2. Justificación.....	6
3. Antecedentes.....	7
3.1. Generalidades.....	7
3.2. Componentes de la pintura en polvo.....	7
3.3. Tipos de pintura en polvo.....	9
3.4. Ensayos para la determinación del producto final como apto.....	10
3.5. Descripción del proceso de fabricación.....	10
3.5.1. Pesaje de las materias primas.....	11
3.5.2. Premezcla.....	11
3.5.2.1. Mezclador de tambor de aro.....	12
3.5.2.2. Mezclador de doble cono.....	13
3.5.2.3. Mezclador horizontal.....	14
3.5.2.4. Mezclador de alta velocidad.....	15
3.5.2.5. Mezclador cónico.....	16
3.5.3. Extrusión en caliente.....	17
3.5.3.1. Extrusión con husillo único y doble husillo.....	18
3.5.4. Banda enfriadora en continuo.....	19
3.5.5. Molienda fina.....	20
3.5.5.1. Molino de martillos.....	21
3.5.5.2. Molino de clasificación de aire.....	22
3.5.5.3. Molino jet.....	23
3.5.6. Ciclón.....	24

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

3.5.7. Filtro de mangas.....	25
3.5.8. Tamizado.....	26
3.5.9. Pesaje y empaquetado.....	27
3.6. Sectores de aplicación.....	29
3.7. ¿Qué se hace con la pintura en polvo fabricada en la instalación?.....	29
3.7.1. Pretratamiento.....	30
3.7.2. Aplicación del polvo.....	30
3.7.3. Horno de curado.....	31
4. Normas y referencias.....	33
4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas.....	33
4.2. Bibliografía.....	33
4.3. Páginas web.....	34
4.4. Software empleado.....	35
5. Definiciones y abreviaturas.....	36
5.1. Definiciones.....	36
5.2. Abreviaturas.....	36
6. Requisitos de diseño.....	38
6.1. Características generales.....	38
7. Análisis de soluciones.....	40
7.1. Sistema de pesaje de la formulación.....	40
7.2. Mezclador.....	41
7.3. Extrusora.....	42
7.4. Estructura metálica.....	44
7.5. Banda de enfriamiento en continuo.....	44

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

7.6. Tolva.....	45
7.7. Molino.....	47
7.8. Ciclón.....	48
7.9. Filtro de mangas.....	49
7.10. Tamiz vibratorio.....	50
7.11. Sistema de pesaje y empaquetado.....	51
7.12. Soplantes.....	51
7.13. Conducciones y accesorios.....	52
7.13.1 Conducción desde la tolva hasta el molino (Tramo 1).....	53
7.13.2. Conducción desde el molino hasta el ciclón (Tramo 2).....	54
7.13.3. Conducción desde el ciclón hasta el filtro de mangas (Tramo 3).....	55
7.13.4. Conducción desde el tamiz hasta la conducción de la tolva al molino (Tramo 4).....	56
7.14. Carretilla elevadora.....	57
8. Resultados finales.....	58
9. Estudio de la viabilidad económica.....	60
9.1. Resumen del presupuesto.....	60
9.2. Presupuesto de explotación.....	61
9.2.1. Inversión inicial.....	61
9.2.2. Gastos directos.....	61
9.2.3. Gastos indirectos.....	62
9.2.4. Ingresos.....	63
9.2.5. Beneficio bruto.....	64
9.2.6. Beneficio neto.....	65

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

9.2.7. Flujo de caja.....	65
9.2.8. Valor actual neto.....	66
9.2.9. Tasa interna de rentabilidad.....	67
9.2.10. Periodo de retorno.....	68

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

1. Objeto.

El objeto del siguiente proyecto es el diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo. Para ello, se diseñará una instalación con la idea de producir alrededor de 20.000 toneladas al año. Se harán cálculos para la determinación de la capacidad de producción de las máquinas, así como el diseño y dimensionado algunos de los equipos y las conducciones, también se realizará una búsqueda exhaustiva de los diferentes equipos que sean más recomendables para su utilización en la instalación propuesta.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

2. Justificación.

El desarrollo de este proyecto se debe a la asignatura EQ 1044 “Trabajo final de grado”, que se encuentra en el 4º curso del Grado en Ingeniería Química, por el cual se debe realizar un proyecto de carácter profesional, relacionado con un ámbito de la ingeniería química.

La idea del proyecto surge tras realizar 270 horas de prácticas en la empresa MIVA COATINGS (120 horas de la asignatura EQ 1034 “Estancia en prácticas”, y 150 horas de la asignatura EQ 1044). MIVA COATINGS es una empresa que fabrica, distribuye y comercializa todo tipo de pinturas, tanto líquidas como en forma de polvo.

Las prácticas en la empresa MIVA COATINGS se realizaron en el laboratorio de I + D de pintura en polvo. Durante la estancia, se llevaron a cabo diferentes tareas, como son el desarrollo y pruebas de distintas formulaciones para ser aplicadas en superficies metálicas, así como el estudio de diferentes formulaciones de baja temperatura de curado. Gracias al conocimiento adquirido en lo referente a las pinturas en polvo y los distintos equipos utilizados para la fabricación de estas, se piensa en la elaboración del siguiente proyecto.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

3. Antecedentes.

3.1. Generalidades.

La pintura en polvo es un tipo de recubrimiento orgánico, libre de compuestos líquidos, el cual se aplica en forma de polvo seco, y por medio del calor se adhiere con el material deseado. Se utiliza para cubrir, proteger y decorar distintos materiales, tales como metal, plástico, vidrio y madera MDF (tablero de fibra de densidad media), entre otros. Estos recubrimientos se pueden encontrar en infinidad de colores y acabados (antigraffiti, gofrado, metalizado, texturado, etc.).

El uso de este tipo de recubrimiento ha ido ganando mucha popularidad desde que se comenzará a utilizar en los años 50, gracias a sus magníficas propiedades finales:

- Dureza.
- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia química.
- Buenas propiedades mecánicas (resistencia al impacto).
- Excelente acabado.
- Fácil aplicación (electrostática).
- Bajo impacto ambiental.

Dentro de todas las características, se podría decir que la más importante y por la cual su uso está siendo cada vez más extendido es que este tipo de pintura es 100 % libre de COVs (compuestos orgánicos volátiles), por lo que se reduce considerablemente el impacto ambiental de estos recubrimientos frente al de las pinturas líquidas, que si utilizan disolventes en el proceso de fabricación; así como reducción de los costes de producción debido a que no hay que usar sistemas de ventilación, filtración y recuperación de los COVs.

3.2. Componentes de la pintura en polvo.

Los principales componentes que conforman cualquier pintura en polvo son los siguientes:

- *Resinas:* Son polímeros y constituyen el principal componente de las pinturas en polvo, ya que otorgan las características básicas al recubrimiento:
 - Resistencia química.
 - Dureza.

- Durabilidad al exterior.
- Brillo.
- Resistencia al calor y a la luz.

Las resinas termoestables son las más utilizadas hoy en día en la fabricación de pinturas en polvo, (90% del mercado de pinturas en polvo). Funden a temperaturas comprendidas entre 120-200°C, dependiendo del tipo de resina y según el uso que se le vaya a dar y las propiedades que se quieran conseguir, se utilizará un tipo de resina u otra. Más adelante se detallarán las principales características de cada tipo de resina termoestable.

- *Agentes de curado (Endurecedores)*: Son compuestos que reaccionan con las resinas y facilitan que se forme y compacte la película de pintura sobre el recubrimiento al que se aplica. No deben ser reactivos a temperatura ambiente, y deben reaccionar completamente a temperaturas entre 100-180 °C. Los endurecedores más usados son:
 - Aminas.
 - Anhídridos.
 - Isocianatos bloqueados. (grupo isocianato más fenoles).
- *Pigmentos*: Son compuestos de naturaleza orgánica e inorgánica. Deben ser inertes y resistentes a las temperaturas de horneado. Son los que confieren al recubrimiento el color final. Los pigmentos usados de forma más habitual son:
 - Dióxido de titanio (blancos).
 - Ftalocianinas (azules y verdes).
 - Óxidos de hierro (rojos).
 - Aluminio y bronce (Efectos metalizados).

Según el color que se desea conseguir, en la formulación de una pintura en polvo se pueden mezclar diferentes pigmentos para conseguir el color final deseado, siempre y cuando sean compatibles entre sí.

- *Aditivos*: Son sustancias químicas orgánicas e inorgánicas que, añadidas en muy baja proporción, pueden modificar de manera considerable las propiedades del recubrimiento final. Los aditivos más usados son:
 - Poliuretanos epoxídicos.
 - Poliuretanos poliamínicos.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

- *Cargas*: Son el “relleno” de los recubrimientos en polvo. Son sustancias inorgánicas inertes que se usan para mejorar la aplicación y las propiedades mecánicas al recubrimiento, como la resistencia a la abrasión, la resistencia al impacto y la dureza.

Las más utilizadas son:

- Barita.
- Carbonato cálcico.

3.3. Tipos de pintura en polvo.

Dentro de los recubrimientos en polvo, los diferentes tipos de pintura en polvo que se utilizan se clasifican en función de la resina termoestable que ha sido utilizada en su formulación. En la *Tabla M.3.1* se muestran las diferentes propiedades de cada tipo de resina termoestable.

Tabla M.3.1. Principales propiedades de las diferentes pinturas en polvo (Complete Guide to Powder Coatings).

Tipo de pintura	Poliéster	Epoxi	Híbrida	Poliuretano	Acrílica
Resistencia al exterior	Excelente	Pobre	Regular	Buena	Excelente
Resistencia a la corrosión	Muy buena	Excelente	Excelente – Muy buena	Muy buena	Buena
Resistencia química	Muy buena - buena	Excelente	Muy buena	Muy buena	Muy buena
Resistencia al calor	Buena	Muy buena	Muy buena - Buena	Muy buena	Buena
Resistencia al impacto	Buena	Excelente - Muy buena	Muy buena	Muy buena	Regular
Dureza	HB - 4H	HB - 5H	HB – 2H	HB - 3H	HB – 4H
Flexibilidad	Muy buena	Excelente - muy buena	Muy buena	Muy buena	Regular
Adhesión	Excelente	Excelente	Excelente	Muy buena	Regular

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

3.4. Ensayos para la determinación del producto final como apto.

Durante la producción de la pintura en polvo, se tiene que comprobar que la pintura en polvo que se está fabricando cumple con los estándares de calidad demandados por el cliente, por lo que se le realizan varias pruebas para determinar su aptitud. Todas estas pruebas se realizan utilizando láminas pequeñas de aluminio o acero, dependiendo de donde se vaya a recubrir la pintura a fabricar. Para conseguir el recubrimiento final, se utilizan pistolas electrostáticas, y hornos de curado, explicados en el “*Apartado 3.7. ¿Qué se hace con la pintura en polvo fabricada en la instalación?*”, solo que en este caso se produce a escala de laboratorio.

En la *Tabla M.3.2* se muestran las diferentes pruebas que se realizan a las pinturas en polvo, así como los equipos usados para realizar las pruebas.

Tabla M.3.2. Ensayos que se realizan a las pinturas en polvo.

Tipo de ensayo	Equipo utilizado
Color	Cabina de luz
	Espectrofotómetro
Brillo	Brillómetro
Espesor	Medidor de espesor
Flexibilidad	Mandril cónico
Resistencia al impacto	Impactómetro

3.5. Descripción del proceso de fabricación.

En lo referente al proceso de fabricación de las pinturas en polvo, se puede pensar que el proceso al que más se asemeja sería al de la fabricación de pinturas líquidas, pero lo cierto es que el proceso de fabricación que más se asemeja es el de los plásticos. El diagrama de flujo del proceso de fabricación se muestra en la *Figura M.3.1*.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

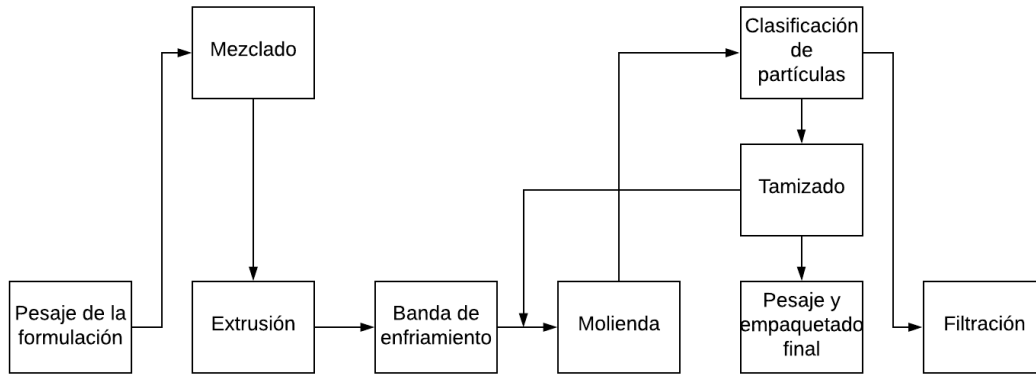


Figura M.3.1. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de la pintura en polvo.

3.5.1. Pesaje de las materias primas.

El primer paso para la fabricación es el pesaje de los distintos componentes que forman las pinturas en polvo (resinas, agentes de curado, pigmentos, aditivos y cargas). Para el pesaje de los diferentes componentes, las cantidades a utilizar de cada sustancia dependerán de la formulación que se vaya a utilizar.

3.5.2. Premezcla.

La premezcla de los diferentes componentes de la pintura en polvo, antes de pasar a la extrusión en caliente, es un proceso muy a tener en cuenta en la fabricación, ya que, si no se realiza de manera adecuada, una vez que la mezcla pase por la extrusión en caliente ya no se podrá volver a mezclar y las propiedades de la pintura en polvo final pueden no ser óptimas. Los aditivos y pigmentos son los componentes más problemáticos en este proceso debido a que tienen porcentajes en peso respecto del total muy bajos.

Si la premezcla resultante no está debidamente homogénea, los defectos en el recubrimiento final pueden ser los siguientes:

- Malas propiedades mecánicas.
- Color irregular en la superficie recubierta.
- Menor brillo.
- Defectos en la superficie del recubrimiento.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Para una premezcla ideal, los componentes deben tener tamaños de partícula muy similar entre sí, pero en la práctica esto es imposible, ya que entre las resinas y los pigmentos tienen diferentes tamaños de partícula (cm-mm).

Los mezcladores que se pueden usar en esta etapa son los siguientes:

3.5.2.1. Mezclador de tambor de aro.

La *Tabla M.3.3.* muestra las características más relevantes del mezclador de tambor de aro.

Tabla M.3.3. Características del mezclador de tambor de aro.

Principio de funcionamiento	Rotación del mezclador mediante un bastidor que gira sobre sí mismo.
Características	Tiempo de mezcla entre 10-15 minutos
	Capacidad máxima del mezclador: 200 L
	Apto para cambios frecuentes de color
	Poca producción
Ventajas	Simple y barato
	Fácil mantenimiento y limpieza
Desventajas	Mezcla no efectiva para pigmentos en baja proporción
	Capa de poco espesor de los componentes dentro del contenedor

En la *Figura M.3.2* se muestra una imagen del equipo.



Figura M.3.2. Mezclador de tambor de aro (Powder Coatings Chemistry and Technology).

3.5.2.2. Mezclador de doble cono.

Las características del mezclador de doble cono se pueden ver en la *Tabla M.3.4.*

Tabla M.3.4. Características del mezclador de doble cono.

Principio de funcionamiento	Recipiente gira sobre sí mismo, produciéndose la mezcla de los componentes.
Características	Capacidad máxima de 4.000 L.
	Distribución uniforme de las partículas
Ventajas	Facilidad de operación
	Fácil limpieza y mantenimiento
Desventajas	Para pequeñas proporciones de pigmentos, no se consigue una mezcla adecuada.

En la *Figura M.3.3* se muestra una imagen del mezclador de doble cono.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.



Figura M.3.3. Mezclador de doble cono (Powder Coatings Chemistry and Technology).

3.5.2.3. Mezclador horizontal.

La *Tabla M.3.5.* muestra las características del equipo.

Tabla M.3.5. Características del mezclador horizontal.

Principio de funcionamiento	Mezcla de los diferentes componentes en contracorriente, y en la dirección radial.
Características	Capacidad de 100 hasta 40.000 L.
	Alta eficacia de mezcla, incluso para bajas proporciones de pigmentos.
Ventajas	Fácil extracción de los elementos de mezcla, para limpieza y mantenimiento.
Desventajas	Si se trabaja en un rango de velocidades alto, puede provocar una reducción excesiva del tamaño de partícula.

En la *Figura M.3.4* muestra una imagen del equipo.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

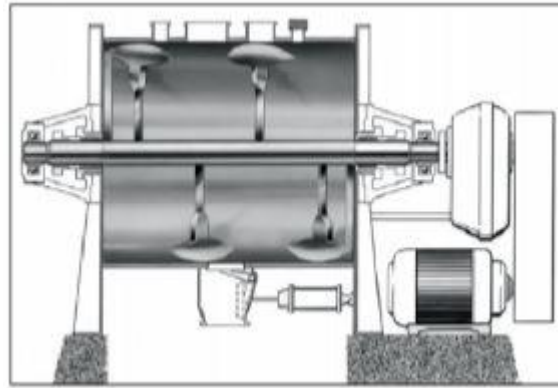


Figura M.3.4. Mezclador horizontal (Powder Coatings Chemistry and Technology).

3.5.2.4. Mezclador de alta velocidad.

Las características de este tipo de mezclador se muestran en la *Tabla M.3.6*.

Tabla M.3.6. Características del mezclador de alta velocidad.

Principio de funcionamiento	Mezclador en posición invertida, sellado neumáticamente. Rotor a alta velocidad desplaza las partículas.
Características	Muy efectivos para la mezcla de pintura en polvo.
	Tiempo de mezcla ente 10 s y 10 min. (En general tiempos muy cortos).
	Velocidades de rotación entre 5-10 m/s
	Apto para grandes capacidades.
Ventajas	Limpieza fácil y rápida para cambios frecuentes de color.
Desventajas	Se puede producir sobrecalentamiento. (Se puede instalar un circuito de refrigeración).

Se puede ver una imagen de este equipo en la *Figura M.3.5*.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.



Figura M.3.5. Mezclador de alta velocidad (Powder Coatings Chemistry and Technology).

3.5.2.5. Mezclador cónico.

Como se puede ver en la *Tabla M.3.7*, se recogen las características más importantes del mezclador cónico.

Tabla M.3.7. Características del mezclador cónico.

Principio de funcionamiento	El tornillo de rotación desplaza la mezcla en tres direcciones: horizontal, hacia arriba y hacia abajo.
Características	Alta eficacia de trabajo con un consumo bajo de energía.
Ventajas	Idóneos para grandes producciones de color uniforme.
Desventajas	Edificio de dos pisos necesario para su instalación. (Bastante altos).
	No adecuados para cambios frecuentes de color.
	No tienen una limpieza fácil.

En la *Figura M.3.6* se muestra una imagen del equipo.

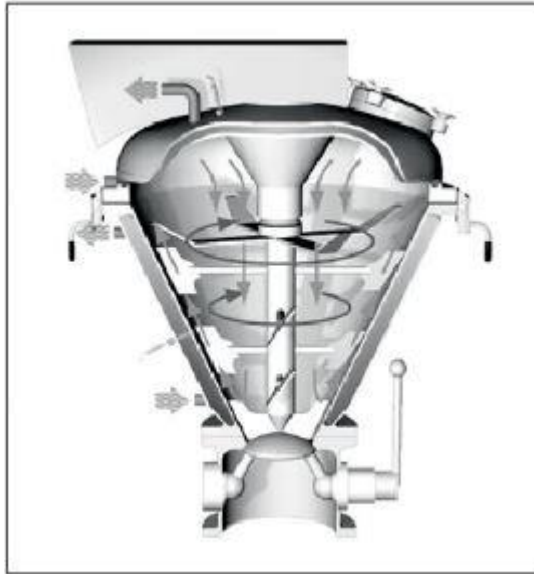


Figura M.3.6. Mezclador cónico (Powder Coatings Chemistry and Technology).

3.5.3. Extrusión en caliente.

La extrusión, es el proceso más importante en la fabricación de pinturas en polvo, ya que en esta etapa se desarrollan varios procesos fundamentales. Cabe decir que en el proceso de extrusión se pueden llevar a cabo seis funciones principales:

- Transporte del material sólido hacia la zona de fusión.
- Fusión o plastificación del material.
- Transporte o bombeo y presurización del fundido.
- Mezclado.
- Desgasificado (Depende de la extrusora).
- Conformado (No es la forma del producto final).

Para la fabricación de pinturas en polvo, tres tipos de extrusoras pueden ser utilizadas:

- Extrusora de un solo husillo.
- Extrusora de doble husillo.
- Extrusora de rodillos planetarios.

A continuación, se detallarán en profundidad la extrusión con un husillo y con dos husillos, ya que son los dos tipos de extrusoras que se usan mayoritariamente para la fabricación de

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

pinturas en polvo. Las extrusoras de rodillos planetarios no se detallarán en profundidad ya que su uso es muy minoritario.

3.5.3.1. Extrusión con husillo único y doble husillo.

El diseño y el modo de operación de la extrusión en caliente, ya sea de uno o de doble husillo, es el mismo para los dos tipos. En la *Figura M.3.7* se puede ver un esquema representativo de todas las partes que componen una extrusora.

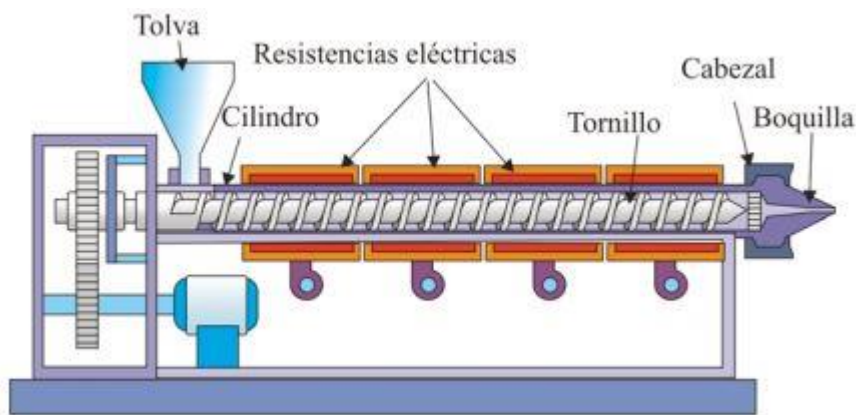


Figura M.3.7. Esquema representativo de una extrusora con un husillo (Tecnología de polímeros).

El modo de operación de la extrusora es el siguiente: el material es introducido por la tolva de alimentación, la cual hace que la mezcla entre de manera uniforme y constante al interior de la extrusora. El material pasa por el interior del cilindro o también llamado “cañón”, en el cual hay un husillo o tornillo de Arquímedes el cual va girando y va transportando el material. Gracias a las resistencias eléctricas se consigue calentar el interior del cilindro y conseguir así la fusión de la mezcla. En la parte final de la extrusora, hay un cabezal el cual posee una boquilla, para que el material salga todo con la misma geometría preestablecida.

El calor necesario para fundir las resinas, y los demás componentes, excepto los pigmentos, se consigue en parte debido a la transferencia de calor entre las paredes de la extrusora y el material a fundir, gracias a un sistema de resistencias eléctricas, y por el calor que se genera debido a gradientes de cizalla en el interior. En cuanto al control de la temperatura, se utiliza agua de refrigeración para que la temperatura no supere los 120-130 °C.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Este sistema se utiliza para mantener estable la temperatura, ya que, si la temperatura aumenta demasiado, se pueden producir defectos en el recubrimiento final, sobre todo en pinturas en polvo con baja temperatura de curado.

Las extrusoras pueden contener un husillo o doble husillo en su interior. Las extrusoras de doble husillo, pueden ser tornillos de giro contrario, que giran cada uno en un sentido, o husillos co-rotatorios, los cuales giran los dos en el mismo sentido. Las extrusoras de doble husillo que se utilizan para fabricar pinturas en polvo utilizan husillos co-rotatorios en su interior, debido a que tienen acción autolimpiable. En la *Figura M.3.8* se muestra una imagen de los tornillos co-rotatorios.

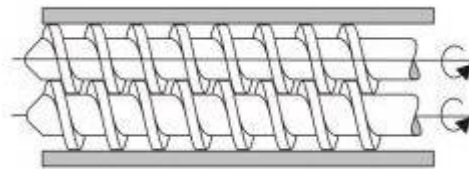


Figura M.3.8. Tornillos co-rotatorios (Tecnología de polímeros).

En la *Tabla M.3.8* se muestran las características de los dos tipos de extrusoras.

Tabla M.3.8. Características de las extrusoras de uno y doble tornillo.

<u>Un husillo</u>	<u>Dos husillos</u>
Baja alimentación	Buena alimentación
Mal control de la alimentación	Buen control de la alimentación
Buena fusión	Muy buena fusión
Regular mezcla distributiva y dispersiva	Buena mezcla distributiva y dispersiva
No autolimpiable	Autolimpiable
Diseño no modular	Diseño modular
Regular desgasificación	Buena desgasificación
Buena presurización	Presurización limitada

3.5.4. Banda enfriadora en continuo.

Cuando la mezcla que se encuentra en el interior de la extrusora sale por la boquilla de esta, sale en forma de masa plástica. Esta masa plástica se hace pasar a través de dos rodillos, para

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

dejar esta masa resultante en forma de lámina con muy pocos milímetros de espesor. Los rodillos están enfriados para así reducir la temperatura de la mezcla. Una vez que pasan por los rodillos, después se transporta por una cinta transportadora de varios metros de longitud, que tiene un sistema de refrigeración con agua, para así poder enfriar la lámina resultante, y una vez que acabe la cinta, se puedan triturar en trocitos pequeños, llamados “chips”. Al final de la cinta transportadora se encuentra una trituradora que parte la lámina en trocitos pequeños, de entre 1 y 15 mm de tamaño.

En la *Figura M.3.9* se muestra un esquema de la banda enfriadora.

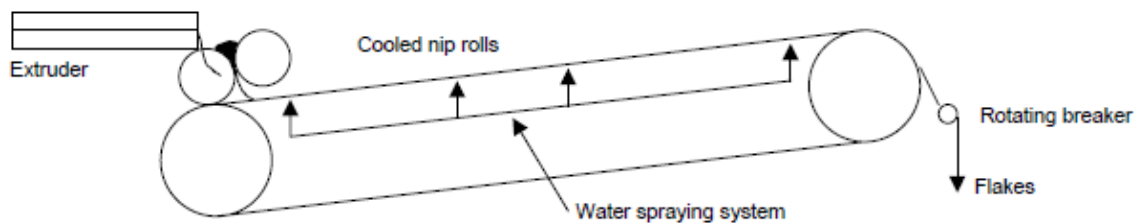


Figura M.3.9. Esquema de una banda enfriadora en continuo
(www.steelbeltsystems.com).

3.5.5. Molienda fina.

La molienda es el siguiente paso en el proceso de producción de pinturas en polvo, una vez que se consiguen los chips en la banda enfriadora en continuo. El objetivo de la molienda es reducir el tamaño de partícula de los chips y obtener el producto en forma de polvo.

En la *Figura M.3.10* se muestra la distribución de tamaños de partícula que se consigue de forma general con el sistema de molienda.

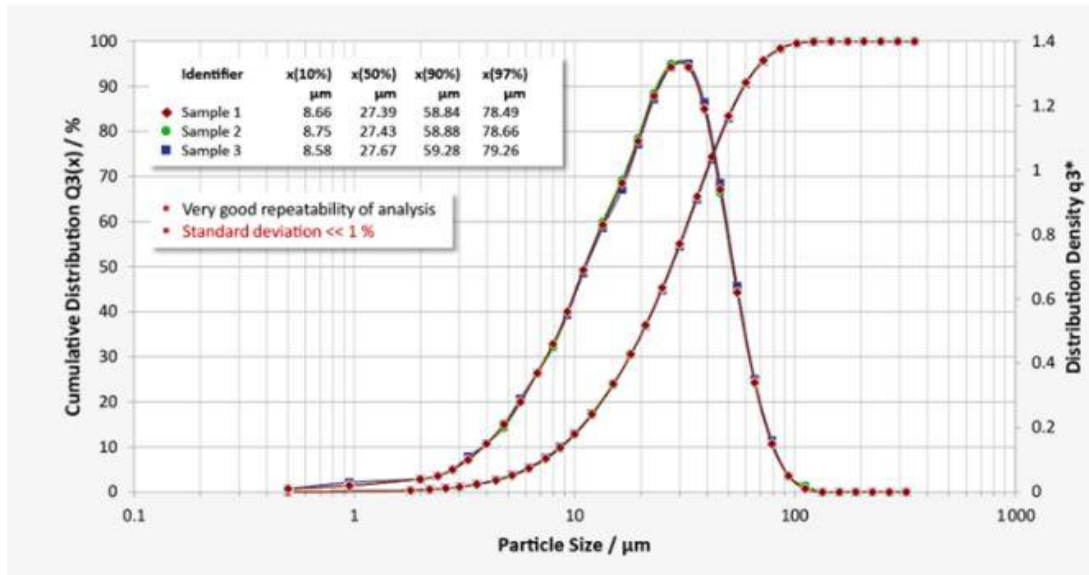


Figura M.3.10. Distribución de tamaños de partícula producida por el sistema de molienda (www.azom.com).

Como se puede ver en la *Figura M.3.10*, de forma general, en el proceso de molienda se consigue que el 97% de las partículas se encuentren por debajo de 78 micras, que el 90% se encuentren por debajo de 58 micras, un d_{50} de 27 micras, y un d_{10} de 8 micras. A continuación, se muestran los equipos de molienda que se pueden utilizar en el proceso de fabricación.

3.5.5.1. Molino de martillos.

La *Tabla M.3.9* muestra las características más importantes de estos molinos.

Tabla M.3.9. Características de los molinos de martillos.

Principio de funcionamiento	Reducción del tamaño de partícula por el impacto de los martillos contra el material
Características	Velocidades de 1.000 a 5.000 rpm
	Reducción del tamaño de partícula $d_{97} = 80-500 \mu\text{m}$
Ventajas	Equipo simple y barato
Desventajas	No contiene equipo clasificador en su interior
	Puede producir sobrecalentamiento

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

En la *Figura M.3.11* se muestra una imagen del equipo.

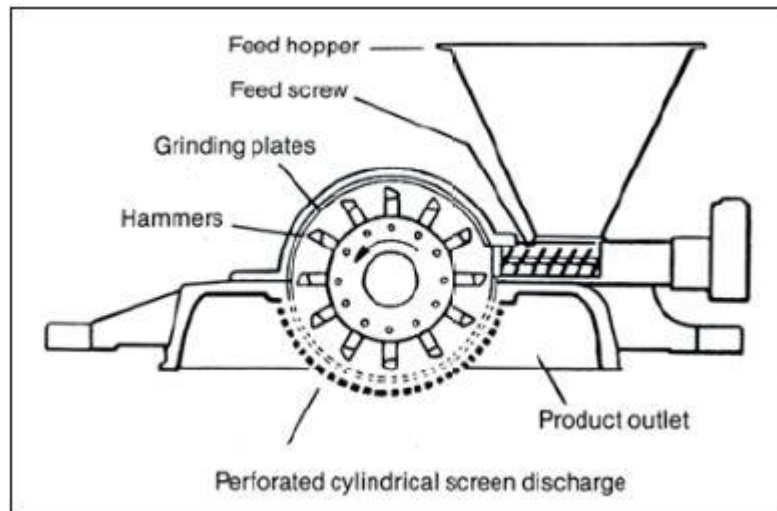


Figura M.3.11. Esquema representativo de un molino de martillos (Powder Coatings Chemistry and Technology).

3.5.5.2. Molino de clasificación de aire.

En la *Tabla M.3.10* se pueden ver las características de estos equipos.

M.3.10. Características de los molinos clasificadores de aire.

Principio de funcionamiento	Reducción del tamaño de partícula debido al impacto del material con un disco de pines
Características	Clasificación del material dentro del equipo, gracias a rueda clasificadora en el interior.
	Reducción del tamaño de partícula $d_{97} = 10-150 \mu\text{m}$
	Muy buena distribución del tamaño de partícula
Ventajas	Ajuste del diámetro de corte del molino en función de la velocidad de la rueda clasificadora
Desventajas	Equipo costoso

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

En la *Figura M.3.12* se muestra una imagen del equipo.

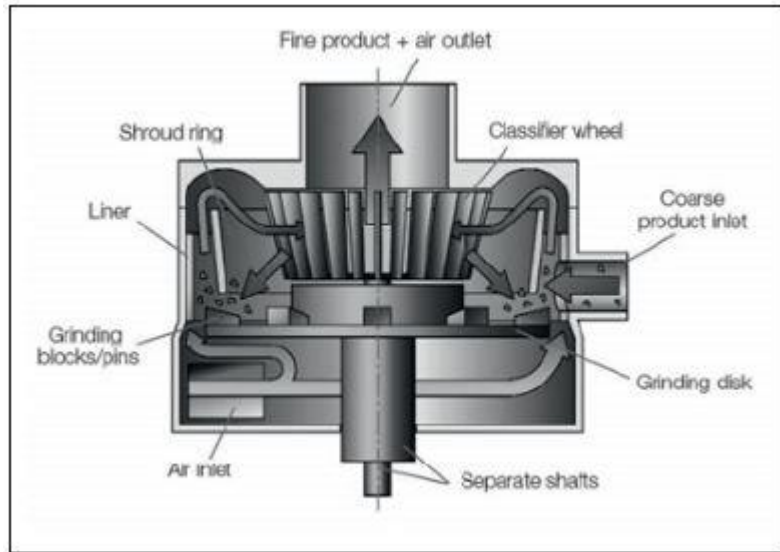


Figura M.3.12. Esquema de un molino de clasificación de aire (Powder Coatings Chemistry and Technology).

3.5.5.3. Molino jet.

Las características de estos molinos están recogidas en la *Tabla M.3.11*.

Tabla M.3.11. Características de los molinos jet.

Principio de funcionamiento	Reducción del tamaño de partícula mediante aire a presión.
Características	Velocidades del aire de presión de hasta 500 m/s y 6 bares de presión.
	Reducción del tamaño de partícula $d_{97} = 1-100 \mu\text{m}$.
	Sistema de clasificación en el interior del equipo.
Ventajas	Se pueden obtener tamaños de partícula en el rango de 10-35 μm .
Desventajas	Equipo muy costoso.

En la *Figura M.3.13* se muestra una imagen del molino.

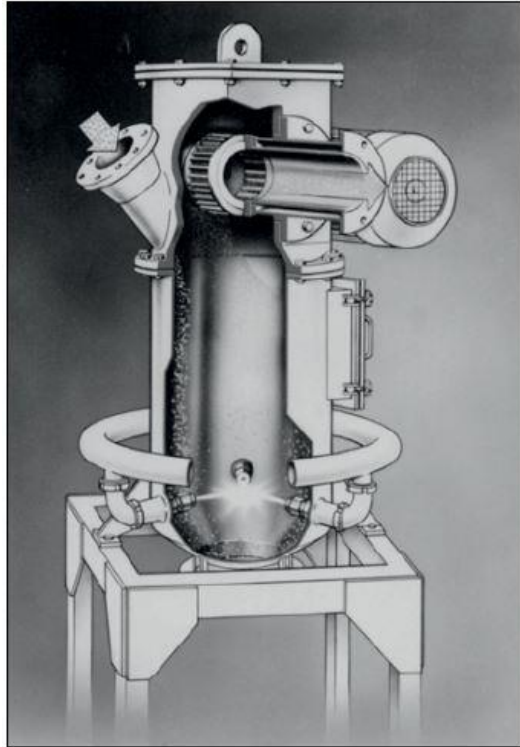


Figura M.3.13. Esquema de un molino jet (Powder Coatings Chemistry and Technology).

3.5.6. Ciclón.

Después de que el producto atraviese el molino, el polvo micronizado resultante pasa al ciclón. En el ciclón el objetivo fundamental es separar las partículas por debajo de $10\ \mu\text{m}$ de las demás, debido a que las partículas por debajo de este valor dan problemas a la hora de aplicar la pintura en polvo sobre el recubrimiento.

En la *Figura M.3.14* se muestra un esquema del ciclón.

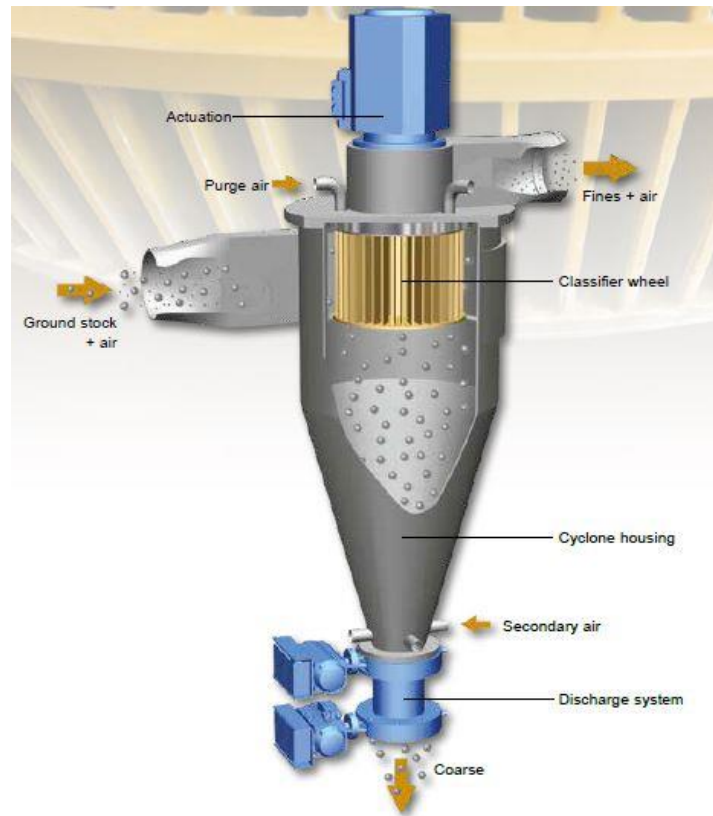


Figura M.3.14. Esquema representativo del ciclón. (www.neuman-esser.de).

3.5.7. Filtro de mangas.

Las partículas con un tamaño menor a $10\ \mu\text{m}$ que abandonan el ciclón, son transportadas hasta un filtro de mangas. En el filtro de mangas se produce la purificación de la corriente gaseosa ya que, al filtro entra una corriente de gas y sólidos, y el gas que abandona el filtro ya no contiene sólidos.

En la *Figura M.3.15* se muestra un esquema de un filtro de mangas.

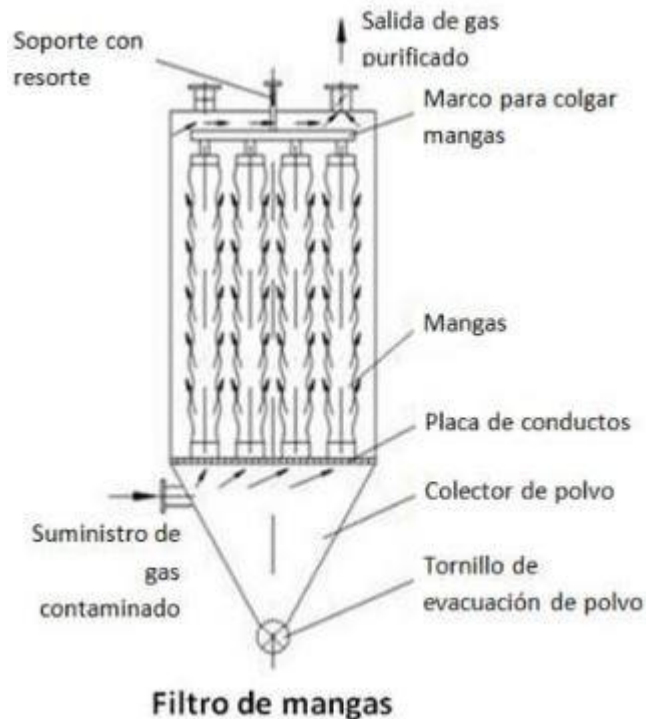


Figura M.3.15. Esquema representativo de un filtro de mangas (intech-gmbh.es).

3.5.8. Tamizado.

Las partículas gruesas que abandonan el ciclón son transportadas hasta un tamiz, el cual se encarga de separar las partículas en dos fracciones: las que son adecuadas, y las que no son válidas, que se hayan podido introducir del molino al ciclón. Se utiliza para asegurar que el producto final cumple con el tamaño de partícula deseado. Los equipos que se utilizan son los tamices vibratorios. Las partículas que no consiguen atravesar el tamiz son recirculadas al equipo de molienda. En la *Figura M.3.16* se muestra un esquema del tamiz vibratorio.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

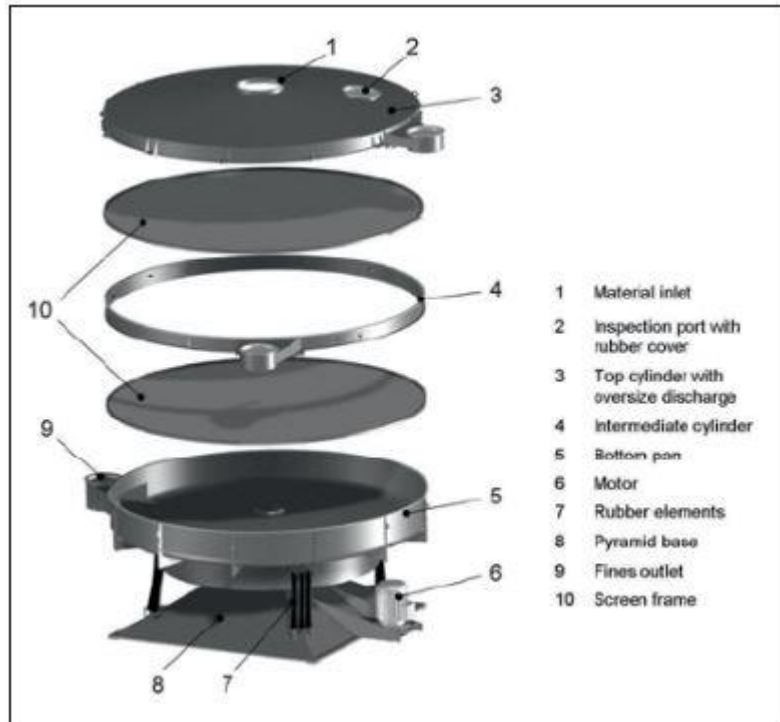


Figura M.3.16. Esquema representativo del tamiz vibratorio (Powder Coatings Chemistry and Technology).

3.5.9. Pesaje y empaquetado.

Una vez que ya se obtiene el producto final se utiliza un sistema de pesaje y empaquetado en el que el producto se almacena en paquetes de 30 kg cada uno.

Para concluir, en la *Figura M.3.17* se muestra el esquema típico de una instalación.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

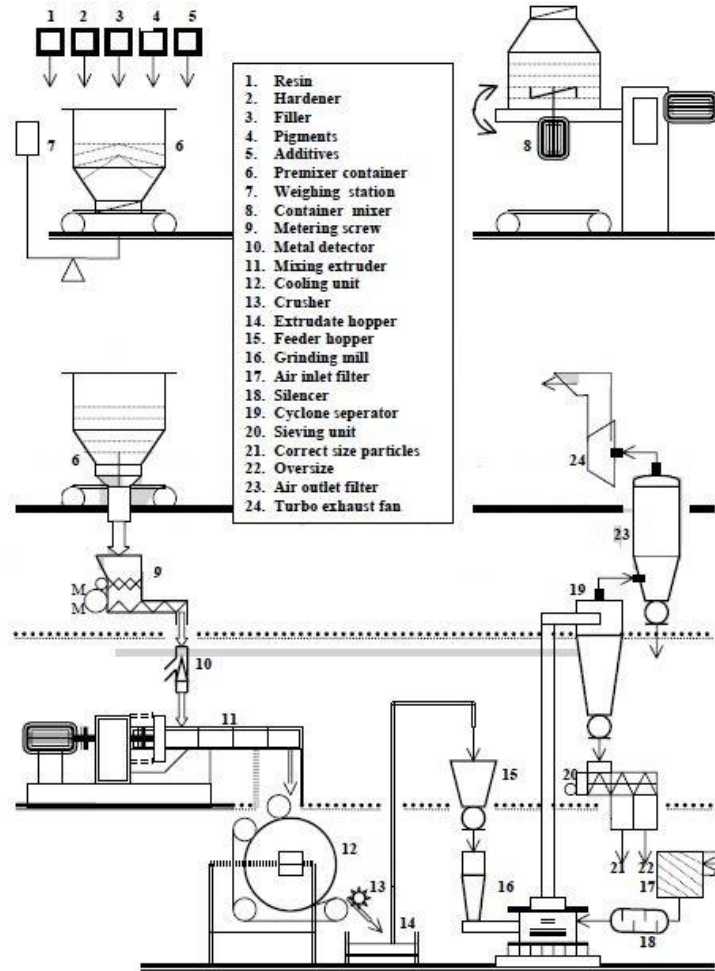


Figura M.3.17. Instalación para la fabricación de pinturas en polvo (Complete Guide to Powder Coatings).

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

3.6. Sectores de aplicación.

Hoy en día, gracias a que los recubrimientos en polvo se han convertido en un acabado con unas propiedades finales excepcionales, y ser económicamente rentable, estas pinturas se utilizan en infinidad de sectores. En la *Tabla M.3.12* se muestran los diferentes productos que se fabrican en cada sector de aplicación.

Tabla M.3.12. Sectores de aplicación de la pintura en polvo (powdercoating.org).

Sector de aplicación	Productos
Electrodomésticos	Cocinas, microondas, refrigeradores, lavadoras, secadoras, etc.
Exterior	Equipamiento agrícola (Tractores). Equipamiento deportivo (Bicicletas, canastas, palos de golf, etc.). Señales.
Arquitectura y construcción	Asientos de estadios, marcos de ventanas y puertas, fachadas de edificios industriales, etc.
Industria automóvil	Carrocería, ruedas, agarraderas del transporte público, etc.
Objetos	Extintores de incendios, estanterías, chinchetas, lápices electrónicos.

3.7. ¿Qué se hace con la pintura en polvo fabricada en la instalación?

La pintura en polvo que se produce se utiliza para recubrir superficies de todos tipos (metales en su gran mayoría, vidrio, plástico y madera), para los usos y aplicaciones que se han descrito en el “*Apartado 3.6*”.

Para ello, existen instalaciones en las que se utiliza la pintura en polvo para recubrir los materiales descritos anteriormente.

En la *Figura M.3.18* se puede ver el diagrama de flujo que siguen estas instalaciones:

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

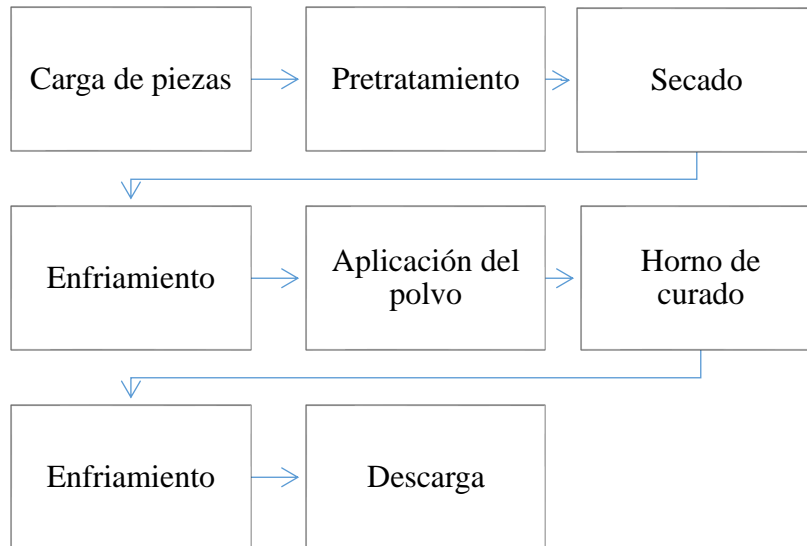


Figura M.3.18. Diagrama de flujo de instalación de aplicación de pintura en polvo.

Ahora se detallan las principales operaciones que se llevan a cabo en las instalaciones de aplicación de pintura en polvo.

3.7.1. Pretratamiento.

Los objetivos del pretratamiento para los sustratos metálicos son los siguientes:

- Eliminación de impurezas tales como: grasa, aceite, incrustaciones, etc.
- Condicionamiento de la superficie para una óptima adhesión de la película de recubrimiento.
- Obtención de uniformidad en toda la superficie tratada del sustrato.

3.7.2. Aplicación del polvo.

Para la aplicación del polvo y que este se adhiera al recubrimiento existen dos métodos:

- Aplicación electrostática.
- Proceso de lecho fluidizado.

De estos dos métodos se detallará la aplicación electrostática ya que es el proceso más utilizado en la actualidad.

El modo de operación de la aplicación electrostática es el siguiente: El polvo se encuentra en una tolva en estado fluidizado. Éste se transporta mediante una bomba de polvo y un

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

sistema de flujo de transporte de aire a la pistola de pulverización. Las partículas se cargan negativamente, y se aplican sobre el objeto a recubrir, que está conectado a tierra, cargado positivamente. Cuando las partículas cargadas se acercan a la pieza de trabajo, la atracción electrostática hace que las partículas se depositen y adhieran a la pieza. En la *Figura M.3.19* se ve una representación del proceso.

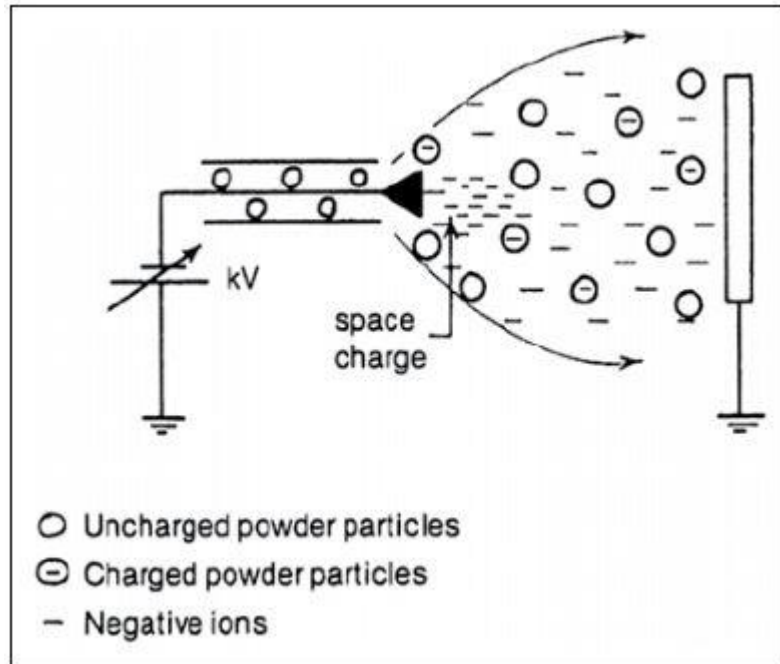


Figura M.3.19. Proceso de aplicación electrostática (Powder Coatings Chemistry and Technology).

Después del proceso de aplicación electrostática, en la instalación hay un sistema de recuperación de polvo, el cual se encarga de recolectar las partículas que no se han adherido al sustrato y reciclarlas para que se puedan volver a utilizar, y además quitar todas las partículas que están en el ambiente de la zona de trabajo. Se suelen utilizar dos tipos de colectores:

- Ciclones.
- Colector de cartuchos.

3.7.3. Horno de curado.

Los hornos de curado se utilizan para que se lleve a cabo el proceso de polimerización, y se adhiera y se compacte la película de recubrimiento al sustrato por completo. La formulación del material de recubrimiento en polvo determinará en gran medida el tiempo de curado y la

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

temperatura de operación. De manera general, se calienta a temperaturas comprendidas entre 160 y 200°C, durante un tiempo de operación de 10 a 20 minutos. Se pueden usar diferentes tipos de hornos, tales como:

- Hornos de convección.
- Hornos de infrarrojos.
- Hornos dobles o combinados.
- Hornos de inducción.

El tipo de horno más usado es el de convección, ya que las temperaturas de operación y los costes de energía son menores a los demás tipos de hornos.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

4. Normas y referencias.

4.1. Disposiciones legales y normas aplicadas.

Para la realización del presente proyecto se han tenido en cuentas las siguientes normas:

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 379/2001 de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborables.
- Ley 10/98, de Residuos, Regula la producción y la gestión de los residuos.
- Orden de 18 de octubre de 1976, sobre prevención y corrección de la contaminación industrial de la atmósfera.
- UNE-EN-ISO 5455. Dibujos Técnicos. Escalas. (ISO 5455 :/ 979).
- UNE-EN-ISO 3098-0. Documentación técnica de productos. Escritura.
- UNE 1032 – Dibujos técnicos. Principios generales de representación.
- UNE 157001-2014. “Criterios generales para la elaboración de los documentos que constituyen un proyecto técnico”.

4.2. Bibliografía.

La bibliografía que se ha utilizado para la realización del siguiente proyecto es la siguiente:

- [1] EMMANOUIL SPYROU. *Powder Coatings Chemistry and Technology*. 3ª Ed. Vincentz Network. 2012.
- [2] AKZONOBEL COMPANY. *Complete Guide to Powder Coatings*. 1999.
- [3] ASSOCIATION FOR FINISHING PROCESSES OF THE SOCIETY OF MANUFACTURING ENGINEERS. *User's Guide to Powder Coatings*. 3ª Ed. Darryl L. Ulrich. 1993.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

[4] LUKAS C. BROWN, RUGGERO GOLINI, GARY GEREFFI. *The development and diffusion of powder coatings in the United States and Europe*. Center on Globalization, Governance and Competitiveness, Duke University. 2010.

[5] M. BELTRÁN, A. MARCILLA. *Tecnología de Polímeros*. Apuntes del departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Alicante.

[6] TADAMOTO SAKAI. *Screw extrusion technology – Past, present and future*. Shizuoka University. 2013.

[7] CARLOS ALBERTO ECHEVERRI LONDOÑO. *Diseño óptimo de ciclones*. 2006.

[8] Apuntes de la asignatura EQ1019: “Mecánica de fluidos”.

[9] Apuntes de la asignatura EQ1031: “Proyectos de Ingeniería”.

[10] Apuntes de la asignatura EQ1037: “Seguridad e Higiene en la Industria Química”.

4.3. Páginas web.

Las páginas web consultadas para la elaboración del proyecto son las siguientes:

www.mivacoatings.com

www.metalactual.com

<http://www.surtech-ind.com/common-uses-powder-coating.html>

<https://ingemecanica.com/tutoriales/prontuariodeperfiles.html>

<https://www.five.es/productos/herramientas-on-line/visualizador-2017/>

<http://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo6.pdf>

<http://inducoatings.com/assets/77ea34b6/SEC232-POLIESTER%20BLANCO%20MATE.pdf>

<https://gram-group.com/>

<https://www.plasmec.it/>

<http://www.promixon.com/es/>

<http://www.powdertech.cn/>

<https://www.bakerperkins.com/>

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

<https://www.steelbeltsystems.com/>

<http://www.xrutech.com/>

<http://www.pallmannindustries.com>

<https://www.hosokawa-micron-bv.com/>

<https://www.netzsch-grinding.com/es/>

<http://www2.donaldson.com/toritdce/es-es/pages/default.aspx>

<http://filtra.com/>

<https://www.linde-mh.es/es/>

4.4. Software empleado.

Los programas que se han usado para la elaboración del proyecto son los siguientes:

- Adobe Reader X: Para la visualización de los documentos bibliográficos pertenecientes al proyecto.
- Microsoft Office Word Profesional Plus 2019: Para la elaboración de todos los documentos referentes al proyecto.
- Microsoft Excel Profesional Plus 2019: Para la realización de todos los cálculos.
- Autocad: Para la elaboración de todos los planos.
- Cype: Para la realización del pliego de condiciones y el presupuesto.

5. Definiciones y abreviaturas.

5.1. Definiciones.

Curado: Proceso por el cual se producen reacciones fisicoquímicas y dan lugar a que se forme y se adhiera la pintura en polvo al recubrimiento, por medio de la temperatura.

Chip: Producto triturado que se encuentra en la tolva y pasa al molino.

5.2. Abreviaturas.

- MDF: Tablero de fibra de densidad media.
- COVs: Compuestos orgánicos volátiles.
- UV: Ultravioleta.
- cm: centímetros.
- UNE: Una Norma Española.
- ISO: Organización Internacional de Estandarización.
- mm: Milímetros.
- s: Segundos.
- rpm: Revoluciones por minuto.
- μm : Micras.
- kg: Kilos.
- kW: Kilovatios.
- €: Euros.
- m: Metros.
- h: Horas.
- V: Voltaje.
- Hz: Hercios.
- Uds: Unidades.
- IPC: Índice de Precios de Consumo.
- G_D : Gastos directos.
- G_I : Gastos Indirectos.
- B_b : Beneficio bruto.
- Ec: Ecuación.

- m^3 : Metro cúbico.
- ΔP : Caída de presión.
- Pa: Pascales.
- dB: Decibelios.
- L: Longitud.
- I_0 : Inversión inicial.
- N: Newtons.
- DSL: Diagrama del Sólido Libre.
- IVE: Instituto Valenciano de la Edificación.
- mbar: Milibares.
- x: Tamaño de partícula.
- ρ_p : Densidad de partícula.
- ρ_f : Densidad del fluido.
- g: Gravedad.
- D: Diámetro.
- U_f : Velocidad del aire.
- A: Área.
- Re: Reynolds.
- F: Fuerza.
- m_p : Flujo másico.
- IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido.
- kWh: Kilovatio hora.
- P: Potencia.
- C_h : Coste por hora.
- C_d : Coste diario.
- C_a : Coste anual.
- LPRL: Ley de Prevención de Riesgos Laborables.
- INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- R.D: Real Decreto.
- CTE: Código técnico de Edificación.
- T: Toneladas.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

6. Requisitos de diseño.

6.1. Características generales.

La instalación para la fabricación de pintura en polvo debe cumplir los siguientes requisitos:

- Producción anual alrededor de 20.000 toneladas de producto.
- Producción con cambios frecuentes de color.
- Producción en continuo.

Capacidad productiva

En cuanto a la producción anual, se ha estimado que la instalación deberá ser capaz de poder producir alrededor de 20.000 toneladas de pintura en polvo al año. Para el cálculo de la producción de producto por hora, se tendrá en cuenta que la planta estará operativa 16 h/día (se efectuarán dos turnos: de 6:00 a 14:00 h, y de 14:00 a 22:00 h), de lunes a viernes.

Para el cálculo de los días de trabajo al año, se considera que un año tiene 365 días, de los cuales 30 días corresponderán a los días de vacaciones, 14 días festivos, y 104 días a sábados y domingos. Por lo cual, los días laborables en un año serán los siguientes:

$$\text{Días laborables} = 365 - 30 - 14 - 104 = 217 \text{ días}$$

Por lo tanto, la producción por hora será la siguiente:

$$\frac{\text{Producción}}{\text{hora}} = 20.000 \frac{\text{T}}{\text{año}} \times \frac{1.000 \text{ kg}}{1 \text{ T}} \times \frac{1 \text{ año}}{217 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{16 \text{ h}} = 5.760,37 \approx 6.000 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Se ha decidido que la instalación tendrá 4 líneas de producción idénticas, cada una con una capacidad productiva de 1.500 kg/h. Una línea estará dedicada a la fabricación de pinturas en polvo blancas, y las demás para pinturas en polvo de color. En el caso de que no hubiera producción de pinturas blancas, la línea de producción también podría ser utilizada para fabricar pinturas en polvo de colores.

Producción con cambios frecuentes de color

La instalación producirá todo tipo de pinturas en polvo, ya sean poliéster, epoxi, híbridas, etc. así como en una gran variedad de colores. Para la selección de los equipos, estos deberán ser aptos para poder producir una gran cantidad de pintura en polvo con cambios frecuentes

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

de color, por lo que los equipos deberán tener una fácil limpieza y mantenimiento, posibilidad de cambios de contenedores para agilizar el proceso, etc.

Producción en continuo

Los equipos que sean seleccionados también tienen que ser aptos para producir grandes cantidades de producto en continuo, (menos el tiempo que se tengan que hacer labores de limpieza debido a cambios de color), por lo que está también será una característica a tener en cuenta para la selección de los equipos.

La maquinaria y equipos principales que se utilizarán en la instalación son los siguientes:

- Sistema de pesaje de la formulación.
- Mezclador.
- Extrusora.
- Banda de enfriamiento en continuo (con rodillos y triturador).
- Molino clasificador de aire.
- Ciclón.
- Filtro de mangas.
- Tamiz vibratorio.
- Sistema de pesaje y empaquetado.
- Carretillas elevadoras.
- Estructuras metálicas.
- Tolvas.

7. Análisis de soluciones.

7.1. Sistema de pesaje de la formulación.

Para el sistema de pesaje de la formulación se ha optado por utilizar una plataforma de suelo. Se ha optado por este sistema debido a que la instalación tiene solo una altura, es decir, todo está al nivel del suelo. Si la instalación poseyera dos alturas, se podría utilizar otro tipo de sistema (como por ejemplo dosificación por pérdida o ganancia de peso, el cual se colocaría el sistema de pesaje en el nivel superior, y el mezclador en el nivel inferior). También comentar que no se podría utilizar dosificaciones volumétricas en continuo debido a que cada pintura en polvo tiene una formulación distinta y hay una infinidad de componentes que se pueden utilizar en la fabricación, por lo que tampoco hay silos para almacenar la materia prima.. Por lo tanto, la plataforma de suelo es el sistema más sencillo y directo para poder pesar los diferentes componentes de manera manual.

En la báscula se colocará el mezclador por medio de un toro mecánico, y se realizará el pesaje de los distintos componentes de la mezcla. Entre componente y componente se irá tarando la plataforma para poder pesar cada uno de ellos. Las características más relevantes del equipo se muestran en la *Tabla M.7.1*. Los datos mostrados en esta tabla están recogidos en el “*Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas. Apartado 4.1*”.

Tabla M.7.1. Características del sistema de pesaje.

Proveedor	Gram
Modelo	Mamut 3020-3T
Grosor de la chapa (mm)	5,5
Grosor de la estructura (mm)	3
Capacidad máxima de pesaje (kg)	3.000
Potencia (kW)	4
Estructura	Acero pintado con resina epoxi
Células de carga	H8C Rebel Clase C3
Caja suma	ABS IP-67
Dimensiones (mm)	3.000 x 2.000
Peso (kg)	410
Precio (€)	2.590,00

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

7.2. Mezclador.

Dentro del apartado “3.5.2. *Premezcla*”, se han descrito los cinco tipos de mezcladores que se pueden utilizar para la fabricación de pinturas en polvo, y ahora se va a razonar cuál es el mezclador más adecuado para la instalación.

Viendo las características de todos los mezcladores, si se analiza el mezclador de tambor de aro, la principal característica para descartar este mezclador es que se utiliza para poca producción y producciones en discontinuo, cosa que no nos interesa ya que la instalación va a producir una gran cantidad de pintura en polvo (20.000 toneladas/año) y la producción será en continuo, por lo que este mezclador no es adecuado para la instalación. Por características parecidas al primer mezclador comentado, el mezclador de doble cono tampoco es idóneo para la instalación, ya que las capacidades de producción de estos mezcladores son pequeñas, y se necesitarían una gran cantidad de mezcladores de este tipo, aparte de que, para proporciones pequeñas de pigmentos, no se consigue una mezcla óptima. En cuanto al mezclador cónico, la principal característica para descartar este mezclador es que no es adecuado para producciones con cambios frecuentes de color, ya que estos equipos no tienen una limpieza fácil.

Por último, se encuentran los mezcladores horizontales y los mezcladores de alta velocidad, y por las características descritas, se podría decir que los dos tipos de mezcladores podrían ser idóneos, pero si se comparan las características de uno y otro el mezclador más óptimo para la instalación es el mezclador de alta velocidad, debido a que la efectividad de la mezcla es muy elevada, la velocidad de mezcla es mucho más rápida, y el tiempo de mezclado es más rápido que los mezcladores horizontales, por lo que el mezclador de alta velocidad será el mezclador que se usará en la instalación.

Para la selección del equipo de premezcla se ha comparado tres mezcladores de distintas empresas. El procedimiento para la elección del equipo de premezcla está recogido en el “*Anexo I. Cálculos. Apartado 1.1.1*”.

Los resultados obtenidos, están recogidos en la *Tabla M.7.2*.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla M.7.2. Resultados obtenidos para la selección del mezclador.

Alternativa	Resultado
A	0,756
B	0,892
C	0,704

Viendo los resultados, se obtiene que la alternativa B, es la que obtiene la mejor puntuación, por lo tanto, será el mezclador escogido para utilizar en la instalación.

En la *Tabla M.7.3* se recogen los datos del mezclador de alta velocidad. Estos datos se encuentran en el “*Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas. Apartado 4.2*”.

Tabla M.7.3. Datos del equipo de premezcla.

Proveedor	Mezclador seleccionado
Capacidad total (l)	2.000
Capacidad (kg/lote)	800
Motor principal (kW)	90
Peso con el llenado de material (kg)	8.200
Dimensiones (mm)	3.720 x 2.390 x 4.300
Precio (€/unidad) IVA incluido	155.000,00

7.3. Extrusora.

En el “*Apartado 3.5.3. Extrusión en caliente*”, se ha comentado que para la extrusión del material se pueden utilizar extrusoras de un husillo o de doble husillo para la fabricación de recubrimientos en polvo, así como una tabla en la que se muestran las características de los dos tipos de extrusoras.

Si bien es cierto que en los comienzos de la producción de pintura en polvo se utilizaban extrusoras de un solo tornillo, cada vez se han ido usando menos, y han ido ganando popularidad las extrusoras de doble tornillo.

Como se puede ver en la “*Tabla M.3.8*” vista anteriormente, las características de las extrusoras con doble husillo son superiores a las de un husillo. En lo único en lo que la extrusora de un husillo es superior a la de doble husillo es en el grado de presurización, pero

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

cabe decir que el grado de presurización que se consigue con la de doble husillo es aceptable para la fabricación de la pintura en polvo. También comentar que el tiempo de residencia en las extrusoras de doble husillo es inferior a las de un husillo, por lo que esta es más idónea para trabajar con pinturas en polvo que tienen bajas temperaturas de curado que cada vez están más en auge, ya que, al pasar menos tiempo en el interior de la extrusora, la temperatura que alcanza el material es menor. Por todas estas características, el tipo de extrusora escogida para la instalación será la extrusora de doble husillo.

Para la selección del equipo de extrusión, se han comparado tres extrusoras de diferentes empresas. El procedimiento para la selección del equipo de extrusión se puede encontrar en el “Anexo I. Cálculos. Apartado 1.1.2”. Los resultados obtenidos se muestran en la *Tabla M.7.4*.

Tabla M.7.4. Resultados obtenidos para la selección de la extrusora.

Alternativa	Resultado
A	0,747
B	0,945
C	0,940

Al ver los resultados, se observa que la alternativa que ha obtenido un mejor valor es la B, por lo que la extrusora que se utilizará en la instalación será ésta. En la *Tabla M.7.5* se recogen las características de la extrusora. Los datos técnicos de la extrusora se pueden encontrar en el “Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas. Apartado 4.3”.

Tabla M.7.5. Características de la extrusora.

Proveedor	Extrusora seleccionada
Diámetro del cilindro (mm)	65
Longitud del cañón (L/D)	21,25
Potencia del motor (kW)	126
Velocidad del tornillo (rpm)	900
Capacidad de producción (kg/h)	2.000
Dimensiones (mm)	3.700 × 2.200 × 2.900
Precio (€/unidad) IVA incluido	280.000,00

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

7.4. Estructura metálica.

Para introducir los componentes del mezclador a la extrusora, se ha optado por instalar una estructura metálica con plataforma, en la cual, por medio de una carretilla elevadora, se elevará el mezclador hasta depositarlo en la plataforma de la estructura metálica. En ella se colocará el mezclador en la parte central, y por medio de una conducción vertical, se transportarán los componentes hacia la extrusora, que se encontrará debajo. La estructura metálica tendrá una altura de 4 metros, y una conducción vertical de 1,1 m y un diámetro de conducción de 15,2 cm.

En el “*Anexo I. Cálculos. Apartado 1.2*” se encuentra recogido el procedimiento para el diseño y dimensionamiento de la estructura metálica. En la *Tabla M.7.6* se encuentran las características de la estructura metálica.

Tabla M.7.6. Características de la estructura metálica.

Elemento	Unidad	Valor
N.º de vigas	Uds.	4
L _{vigas}	m	4
N.º de pilares	Uds.	4
L _{pilares}	m	4
Área del forjado	m ²	16
Material	Tipo material	Acero S275
Precio de la estructura metálica	€ (IVA incluido)	3.626,78

7.5. Banda de enfriamiento en continuo.

La *Tabla M.7.7* muestra las características de la banda de enfriamiento en continuo seleccionada. Estos datos técnicos se encuentran recogidos en el “*Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas. Apartado 4.4*”.

Tabla M.7.7. Características de la banda de enfriamiento.

Proveedor	Steel Belt Systems
Modelo	1000 × 5670 b
Capacidad (kg/h)	1200-1500
Potencia motor (KW)	1,5
Diámetro de los rodillos (mm)	400
Voltaje y frecuencia (V - Hz)	400 - 50
Consumo de agua (m ³ /h)	12,5
D ₅₀ (mm)	3,4
Dimensiones (mm)	5.670 × 920 × 2.735
Precio (€/unidad) IVA incluido	65.000,00

7.6. Tolva.

Los chips resultantes de la banda de enfriamiento (producto triturado), serán depositados en una tolva, que irá dosificando el material hasta el molino clasificador de aire. La tolva tendrá una capacidad de almacenaje de 3.000 kg, es decir, capacidad para almacenar la producción de 2 horas, para el caso de que el sistema de molienda este en labores de mantenimiento o limpieza. En el caso de que la zona de clasificación se mantuviera parada por más de dos horas, se detendría la producción de la extrusora para que no se produjera el desbordamiento de la tolva, ya que si la zona de clasificación está parada, la tolva no puede ir dosificando el material, y si no se detiene la extrusora, se iría acumulando producto en ella hasta su desbordamiento.

Para el cálculo del volumen necesario de la tolva se utilizará la *Ec.M.7.1*.

$$Volumen = \frac{\text{masa producto (kg)}}{\text{densidad del producto } \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} \quad (\text{Ec.M.7.1})$$

Por lo tanto, usando la *Ec.M.7.1*, el volumen necesario de la tolva será:

$$V = \frac{3000 \text{ kg}}{1500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 2 \text{ m}^3$$

La forma geométrica de la tolva será la de un trapecio isósceles invertido. La base superior estará formada por un cuadrado, de 1,5 m de largo cada lado, y la base inferior estará formada

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

por un cuadrado, de 1 m de largo cada lado. Para determinar la altura vertical del trapecio se usará la ecuación del volumen de un trapecio (Ec.M.7.2).

$$V = \frac{(A_b + A_s + \sqrt{A_b \cdot A_s}) \cdot h}{3} \quad (\text{Ec.M.7.2})$$

Siendo:

V = Volumen del trapecio (m^3).

A_b = Área de la base inferior (m^2).

A_s = Área de la base superior (m^2).

h = Altura vertical del trapecio (m).

Conociendo todos los términos excepto h , se puede determinar la altura.

$$2 = \frac{((1,5^2) + (1^2) + \sqrt{1,5^2 \cdot 1^2}) \cdot h}{3}$$

$$6 = 4,75h \rightarrow h = 1,263 \text{ m}$$

Una vez conocido el volumen y las dimensiones necesarias de la tolva, se calculará el precio de esta. El material del que estará constituido será acero inoxidable, por lo que, sabiendo la densidad del acero y el precio del acero por kilo, se puede determinar el precio que tendrá la tolva.

$$\text{Precio total (€)} = V (m^3) \times \rho_m \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times \text{precio por kilo (€}/kg) \quad (\text{Ec.M.7.3})$$

Siendo:

$V (m^3)$ = Volumen de la tolva

$\rho_m \left(\frac{kg}{m^3} \right)$ = Densidad del material de la tolva

Conocido el valor del volumen de la tolva, la densidad del acero, que es de $7.930 \text{ kg}/m^3$ y el precio del acero por kilo que se encuentra entre $1,5$ y $2,5$ € (en este caso se usará un valor de 2 €), se puede determinar el precio que tendrá la tolva utilizando la Ec.M.7.3.

$$\text{Precio total (€)} = 2 (m^3) \times 7930 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \times 2 \left(\frac{€}{kg} \right) = 31.720,00 \text{ €}$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

En la *Tabla M.7.8* se recoge las características de la tolva.

Tabla M.7.8. Características de la tolva

Tolva dosificadora	
Volumen (m ³)	2
Precio (€/unidad) IVA incluido	31.720,00

7.7. Molino.

Como se ha visto en el apartado “3.5.5. *Molienda fina*”, tres son los equipos que se pueden utilizar para la molienda del producto.

- Molino de martillos.
- Molino de clasificación.
- Molino jet.

Primero de todo, el molino jet se puede descartar debido a que este molino es idóneo para obtener productos ultrafinos, y en la instalación que esta propuesta los tamaños de partícula que se desean obtener no serán tan reducidos, por lo que este molino no es el más adecuado de los tres.

Finalmente, entre el molino de martillos y el molino de clasificación, atendiendo a sus características, se podría decir que los dos podrían ser usados para la instalación, pero como se tiene que escoger uno solo, el que tiene mejores características y por tanto es el más adecuado es el molino de clasificación debido a los siguientes factores:

- Muy buena distribución de tamaño de partícula.
- Ajustando la velocidad del aire, se puede conseguir el punto de corte deseado.
- Las fracciones que son rechazadas se recirculan de nuevo al circuito de molienda para su reducción de tamaño.

Por lo tanto, el molino clasificador de aire será el utilizado en la instalación.

Para la selección del equipo, se han comparado tres molinos de diferentes compañías. El procedimiento para la elección del equipo se encuentra en el “*Anexo I. Cálculos, apartado 1.1.3*”. Los resultados obtenidos se muestran en la *Tabla M.7.9*.

Tabla M.7.9. Resultados obtenidos para el equipo de molienda.

Alternativa	Resultado
A	0,979
B	0,775
C	0,911

Si se analiza los resultados, la alternativa que ha obtenido un mejor valor es la A, por lo que el molino clasificador de aire que se utilizará en la instalación será éste. Los datos técnicos del molino clasificador de aire se pueden ver en la *Tabla M.7.10*. Los datos técnicos del molino se encuentran recogidos en el “*Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas, apartado 4.5*”.

Tabla M.7.10. Características del equipo de molienda.

Proveedor	Molino seleccionado
Potencia del motor (kW)	55
Potencia del clasificador (kW)	11
D ₉₇ (µm)	60
D ₅₀ (µm)	30-60 (45)
Producción (kg/h)	1.400-1.700
Flujo de aire (m ³ /h)	6.750
Dimensiones (mm)	2.450 × 1.060 × 1.587
Precio (€/unidad) IVA incluido	215.000,00

7.8. Ciclón.

En el “*Anexo I. Cálculos. Apartado 1.4*”, se ha escogido el tipo de ciclón a utilizar entre los distintos tipos que hay, y se ha procedido al dimensionado de este. En la *Tabla M.7.11* se muestran las dimensiones del ciclón obtenido. La *Figura M.7.1* muestra las dimensiones del ciclón.

Tabla M.7.11. Dimensiones y caída de presión del ciclón.

Dimensión	Valor
Diámetro del ciclón, D_c (m)	0,224
Altura de entrada, a (m)	0,112
Ancho de entrada, b (m)	0,045
Altura de salida, S (m)	0,112
Diámetro de salida, D_s (m)	0,112
Altura parte cilíndrica, h (m)	0,336
Altura parte cónica, z (m)	0,560
Altura total del ciclón, H (m)	0,896
Diámetro salida partículas, B (m)	0,084
Caída de presión, ΔP (Pa)	1.106,87

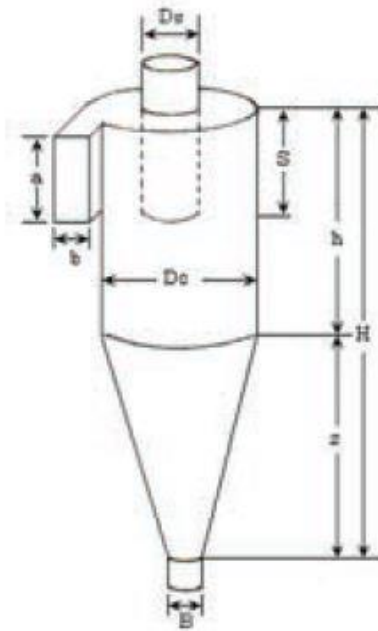


Figura M.7.1. Dimensiones del ciclón (Diseño óptimo de ciclones).

7.9. Filtro de mangas.

Las partículas menores a $10 \mu\text{m}$ que sean recolectadas del ciclón serán transportadas al filtro de mangas. El aire pasará a través del filtro y purificará la corriente gaseosa, atrapando las partículas y saliendo el aire limpio de sólidos.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

En la *Tabla M.7.12* se muestran los datos más relevantes del filtro de mangas seleccionado.

En el “*Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas. Apartado 4.6*”, se encuentran recogidos estos datos.

Tabla M.7.12. Características del filtro de mangas.

Proveedor	Donaldson
Modelo	UMA 100
Flujo de aire (m ³ /h)	340-1.700
Potencia (kW)	5
Potencia ventilador (kW)	0,75
Nivel de ruido (dB)	71
Dimensiones (mm)	1.047 × 731 × 2.129
Precio (€/unidad) IVA incluido	20.000,00

7.10. Tamiz vibratorio.

Por último, el tamiz será el encargado de separar las partículas en dos fracciones: el producto final, el cual tendrá un diámetro de partícula menor a 65 µm, y el rechazo, el cual superará el tamaño de luz de malla, no atravesará el tamiz, y será recirculado a la entrada del molino.

Los datos técnicos del tamiz vibratorio se muestran en la *Tabla M.7.13*. Los datos técnicos del tamiz se pueden encontrar en el “*Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas. Apartado 4.7*”.

Tabla M.7.13. Características del tamiz vibratorio.

Proveedor	Zeus
Modelo	FTI-1500
Revoluciones por minuto (rpm)	1.500-1.800
Potencia (kW)	2,01
Luz de malla (µm)	50-80 (65)
Dimensiones (mm)	2.050 × 1.157
Precio (€/unidad) IVA incluido	35.000,00

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

7.11. Sistema de pesaje y empaquetado.

El sistema de pesaje y empaquetado es el encargado de almacenar el producto final que sale del tamiz en cajas de hasta 30 kg. El sistema rellena una caja y cuando esta llega a 30 kg, se cierra la caja, y se mueve a través de la cinta de rodillos. Las características del sistema de pesaje y empaquetado se muestran en la *Tabla M.7.14*. Los datos técnicos están recogidos en el “*Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas. Apartado 4.8*”.

Tabla M.7.14. Características del sistema de pesaje automático.

Proveedor	Dibal
Modelo	CW 4300+/600
Tipo de pesaje	Dinámico y estático
Potencia (kW)	2,5
Pesaje (kg)	15-60
Alimentación eléctrica (V/Hz)	230/50
Dimensiones sistema pesaje (mm)	600× 400 × 1.200
Dimensiones cinta de rodillos	1.500 ×400 × 1.200
Precio (€/unidad) IVA incluido	15.000,00

7.12. Soplantes.

Para poder transportar los sólidos a través de las conducciones será necesario el uso de soplantes. Los soplantes utilizados en la instalación se muestran en la *Tabla M.7.15*. Los cálculos de los requerimientos de los soplantes y los modelos seleccionados se encuentran en el “*Anexo I. Cálculos. Apartado 1.3.4*”.

Tabla M.7.15. Características de los soplantes utilizados en la instalación.

Proveedor	Idemur	
Modelo	SKS 80	SKS 140
Potencia (kW)	0,4	0,7
Caudal de aire máximo (m ³ /h)	80	105
Caída de presión máxima (mbar)	130	130
Nivel sonoro (dB)	53	54
Precio (€/unidad) IVA incluido	250	400

7.13. Conducciones y accesorios.

Dentro de la instalación, será necesario el uso de conducciones para transportar los componentes de un equipo a otro. Las conducciones de la instalación son las siguientes:

- Conducción del mezclador a la tolva de la extrusora.
- Conducción de la tolva al molino.
- Conducción del molino al ciclón
- Conducción de ciclón al filtro de mangas.
- Conducción del ciclón al tamiz vibratorio.
- Conducción del tamiz vibratorio al sistema de pesaje y empaquetado.
- Conducción del tamiz vibratorio hasta la conducción de la tolva al molino.

La conducción desde el mezclador a la tolva de la extrusora, así como del molino al sistema de pesaje y empaquetado, y del tamiz a la conducción de la tolva al molino, no será necesario el uso de soplantes debido a que son conducciones verticales y que, por gravedad, serán transportados los sólidos de un tramo a otro. Estas conducciones serán de 15,2 cm de diámetro.

En cambio, para las demás conducciones, si será necesario el uso de soplantes para transportar los sólidos. En el “Anexo I. Cálculos. Apartado 1.3” se muestra el procedimiento

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

usado para determinar las caídas de presión de cada conducción, así como de los diámetros necesarios. A continuación, se muestra un resumen de cada conducción.

El precio total de las conducciones más los accesorios de la instalación asciende a 2.999,52 €.

7.13.1. Conducción desde la tolva hasta el molino (Tramo 1).

En la *Figura M.7.2* se muestran las dimensiones de la conducción del tramo 1.

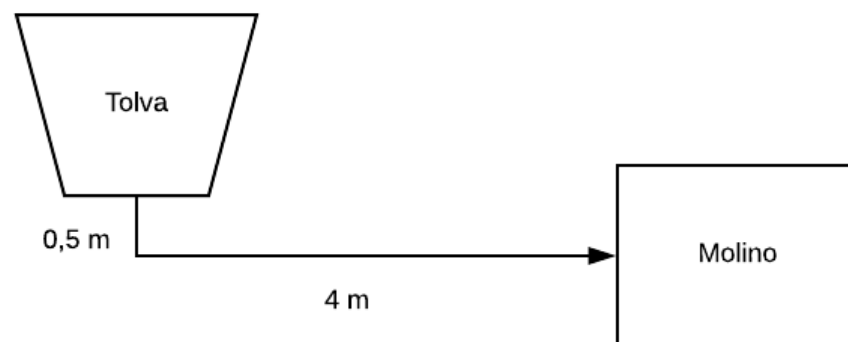


Figura M.7.2. Tramo 1.

En la *Tabla M.7.16* se muestran las características de la conducción.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla M.7.16. Características de la conducción del tramo 1.

Elemento	Unidad	Valor
$L_{\text{horizontal}}$	m	0,5
L_{vertical}	m	4
Codo 90°	Uds.	1
Entrada ligeramente redondeada	Uds.	1
Diámetro seleccionado	m	0,08
Caída de presión	Pa	1.870,382

7.13.2. Conducción desde el molino hasta el ciclón (Tramo 2).

En la *Figura M.7.3* se muestran las dimensiones de la conducción del tramo 2.

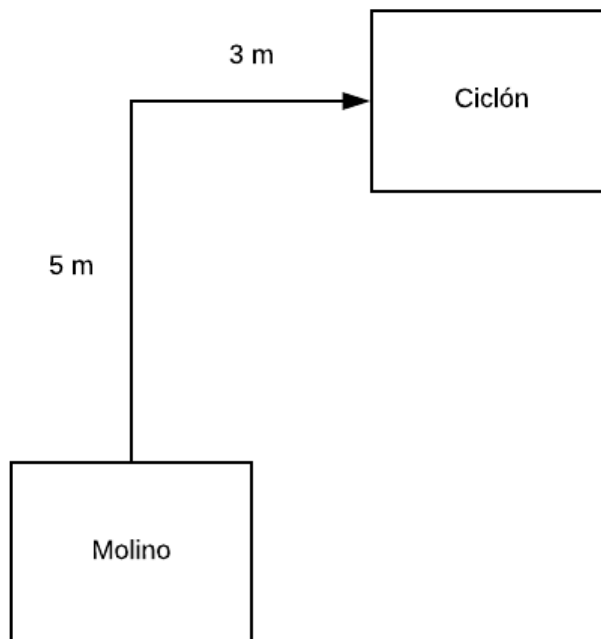


Figura M.7.3. Tramo 2.

En la *Tabla M.7.17* se muestran las características de la conducción.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla M.7.17. Características de la conducción del tramo 2.

Elemento	Unidad	Valor
$L_{\text{horizontal}}$	m	3
L_{vertical}	m	5
Codo 90°	Uds.	1
Entrada ligeramente redondeada	Uds.	1
Diámetro seleccionado	m	0,1778
Caída de presión	Pa	3.821,835

7.13.3. Conducción desde el ciclón hasta el filtro de mangas (Tramo 3).

En la *Figura M.7.4* se muestran las dimensiones de la conducción del tramo 3.

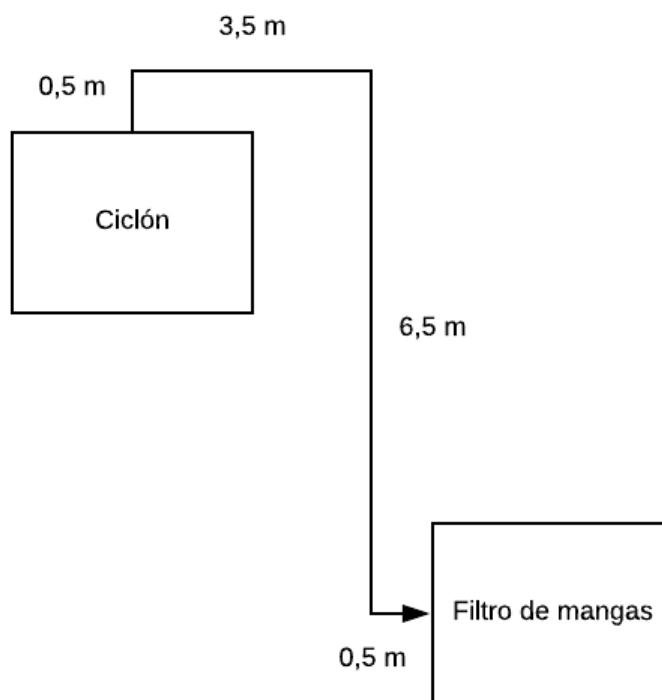


Figura M.7.4. Tramo 3.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

En la *Tabla M.7.18* se muestran las características de la conducción.

Tabla M.7.18. Características de la conducción del tramo 3.

Elemento	Unidad	Valor
$L_{\text{horizontal}}$	m	4
L_{vertical}	m	7
Codo 90°	Uds.	3
Entrada ligeramente redondeada	Uds.	1
Diámetro seleccionado	m	0,125
Caída de presión	Pa	4.924,910

7.13.4. Conducción desde el tamiz hasta la conducción de la tolva al molino (Tramo 4).

En la *Figura M.7.5* se muestran las dimensiones de la conducción del tramo 4.

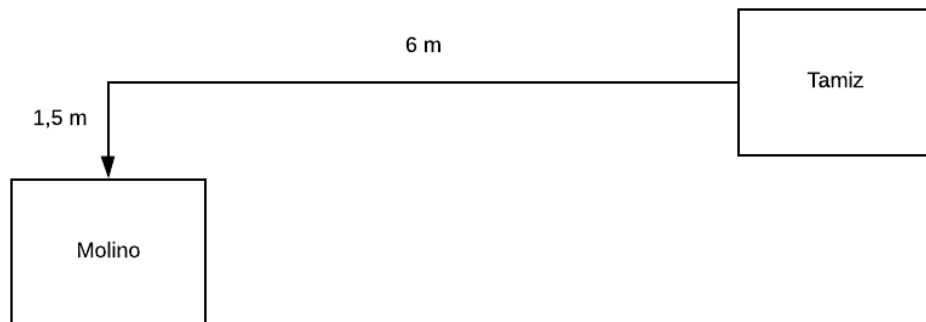


Figura M.7.5. Tramo 4.

En la *Tabla M.7.19* se muestran las características de la conducción.

Tabla M.7.19. Características de la conducción del tramo 4.

Elemento	Unidad	Valor
$L_{\text{horizontal}}$	m	6
L_{vertical}	m	1,5
Codo 90°	Uds.	4
Diámetro seleccionado	m	0,08
Caída de presión	Pa	442,172

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

7.14. Carretilla elevadora.

Las carretillas elevadoras se utilizarán para :

- Depositar el mezclador en la zona de pesaje.
- Transportar el mezclador en la zona de pesaje.
- Depositar el mezclador en la estructura en altura, para que el material sea depositado en la extrusora por gravedad.
- Transportar el producto final en la zona de clasificación.

Se utilizarán dos tipos de carretillas elevadoras en la instalación. Una para las operaciones de transporte y elevación del mezclador, y otra para el transporte del producto final. Las características más importantes de las dos carretillas elevadoras se muestran en la *Tabla M.7.20*. Estos datos están recogidos en el “*Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas. Apartado 4.11*”.

Tabla M.7.20. Características de la carretilla elevadora elevadoras.

Proveedor	Linde	
Modelo	H100	E16PH
Potencia motor (kW)	129	10
Capacidad de carga (kg)	10.000	1.600
Altura de elevación (mm)	4.500	5.650
Dimensiones (mm)	5.669 × 2.545 × 2.905	2.978 × 1.050 × 2.194
Precio (€/unidad) IVA incluido	50.000,00	12.000,00

8. Resultados finales.

La instalación constará de cuatro líneas de producción, una línea para la producción de pinturas blancas, y las otras tres líneas para la producción de pinturas en una amplia gama de colores.

En la *Figura M.8.1* se muestra el diagrama de flujo de la línea de producción, con los flujos másicos en cada tramo.

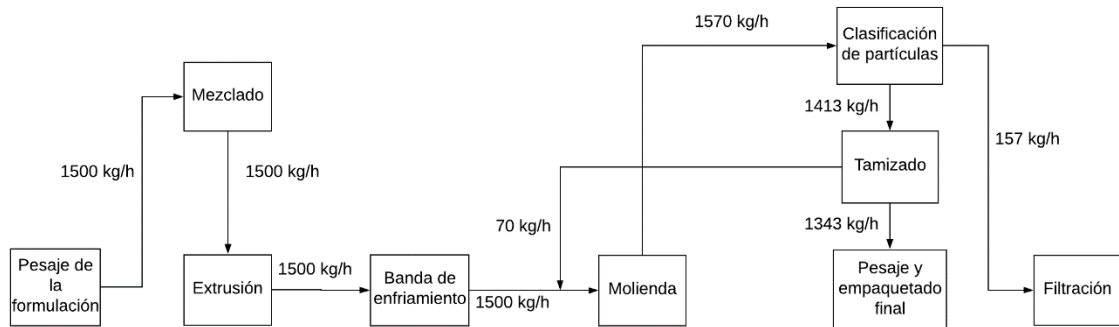


Figura M.8.1. Diagrama de flujo másico de la instalación.

Como se puede ver en la *Figura M.8.1*, el flujo másico a la entrada del proceso es de 1.500 kg/h, y el flujo másico que se consigue de producto final es de 1.343 kg/h. Con estos datos se puede calcular el rendimiento global de cada línea de producción.

$$\text{Rendimiento global de la línea de producción} = \frac{1.343}{1.500} \cdot 100 = 89,53 \%$$

Como se puede ver en la zona de clasificación, el flujo másico a la entrada es de 1.570 kg/h y el producto final es de 1.343 kg/h. Por lo tanto, el rendimiento de la zona de clasificación es:

$$\text{Rendimiento de la zona de clasificación} = \frac{1343}{1570} \cdot 100 = 85,54 \%$$

Como se puede ver, el rendimiento global de cada línea será de 89,53%, mientras que en la zona de clasificación será de 84,55 %. por lo que son unos rendimientos muy aceptables para la fabricación de pinturas en polvo. Solo aproximadamente el 10% de la pintura en polvo será rechazada (sólidos con un tamaño de partícula $< 10 \mu\text{m}$ que pasan por el filtro de mangas). Con estos sólidos no se puede hacer nada y serán tratados en el filtro de mangas para purificar la corriente gaseosa. Por otra parte, el rendimiento de la instalación se ve aumentado ya que se ha instalado una corriente de recirculación de los sólidos mayores a 65

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

μm , los cuales son transportados del tamiz al molino clasificador de aire para que se vuelva a reducir su tamaño de partícula, ya que sin la corriente de recirculación de los sólidos gruesos se perdería mucho más producto. El producto final tendrá un tamaño de partícula comprendido entre 10 – 65 μm el cual cumple con una distribución granulométrica aceptable para que la pintura en polvo pueda ser aplicada electrostáticamente.

Por último, comentar que la instalación ocupará una superficie total de 1.128,09 m².

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

9. Estudio de la viabilidad económica.

Ahora se procederá a realizar el estudio de la viabilidad económica del proyecto. En todo proyecto es necesario un análisis fundamental de los aspectos económicos para determinar si el proyecto será rentable o no.

9.1. Resumen del presupuesto.

A continuación, se muestran los datos referentes al presupuesto del proyecto. Estos datos han sido calculados en el “*Documento 7. Presupuesto*”.

En la *Tabla M.9.1* se muestran las partes que conforman el Presupuesto de Ejecución del Material (PEM), así como el PEM total.

Tabla M.9.1. PEM.

Partida	Precio total (€)
Maquinaria y equipos	3.485.480,00
Estructuras metálicas	14.507,12
Soplantes	5.200,00
Conducciones y accesorios	2.999,52
Mano de obra	174.274,00
PEM total	3.682.460,64

En la *Tabla M.9.2* se muestran los datos referentes al Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC). El PEC es la suma del PEM, los gastos generales (15% del PEM), y el beneficio industrial (6% del PEM).

Tabla M.9.2. PEC.

Elemento	Coste (€)
PEM	3.682.460,64
Gastos generales	552.369,10
Beneficio industrial	220.947,64
PEC	4.455.777,38

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

El presupuesto total del proyecto *Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo* asciende a CUATRO MILLONES CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS.

9.2. Presupuesto de explotación.

9.2.1. inversión inicial.

La inversión inicial del proyecto corresponde al PEC, por lo que la inversión inicial necesaria será de 4.455.777,38 €.

9.2.2. Gastos directos.

En la *Tabla M.9.3* se recogen los gastos directos de la instalación a lo largo de 10 años. Estos gastos son los relacionados en cuanto a la producción y corresponden al coste del consumo de electricidad, agua y materia prima. Los cálculos correspondientes al coste anual del consumo de electricidad, agua y de la materia prima están recogidos en el “*Anexo 2. Estudio económico. Apartado 2.3, 2.4, 2.5*”.

Pana conocer el coste a lo largo de los 10 años, se debe tener en cuenta un IPC (índice de precios de consumo) del 1,8 %.

Tabla M.9.3. Gastos directos.

Gastos directos				
Año	Electricidad (€)	Agua (€)	Materia prima (€)	Total (€)
2020	389.837,10	387.940,97	57.000.000,00	57.777.778,07
2021	396.854,17	394.923,91	58.026.000,00	58.817.778,08
2022	403.997,54	402.032,54	59.070.468,00	59.876.498,08
2023	411.269,50	409.269,12	60.133.736,42	60.954.275,05
2024	418.672,35	416.635,97	61.216.143,68	62.051.452,00
2025	426.208,45	424.135,42	62.318.034,27	63.168.378,13
2026	433.880,20	431.769,85	63.439.758,88	64.305.408,94
2027	441.690,05	439.541,71	64.581.674,54	65.462.906,30
2028	449.640,47	447.453,46	65.744.144,68	66.641.238,61
2029	457.734,00	455.507,62	66.927.539,29	67.840.780,91
Gastos directos de 10 años (€)	626.896.494,16			

9.2.3. Gastos indirectos.

Los gastos indirectos son los que no dependen de la producción u operación de la planta. Estos gastos corresponden al sueldo de los trabajadores y a la amortización. Estos gastos están calculados en el “Anexo 2. Estudio económico. Apartado 2.1.6 y 2.2”. En la *Tabla M.9.4* se recogen los gastos indirectos para los próximos 10 años.

Tabla M.9.4. Gastos indirectos.

Gastos indirectos			
Año	Sueldos (€)	Amortización (€)	Total (€)
2020	460.800,00	350.818,66	811.618,66
2021	469.094,40	357.133,40	826.227,80
2022	477.538,10	363.561,80	841.099,90
2023	486.133,78	370.105,91	856.239,69
2024	494.884,19	376.767,82	871.652,01
2025	503.792,11	383.549,64	887.341,74
2026	512.860,37	390.453,53	903.313,90
2027	522.091,85	397.481,69	919.573,55
2028	531.489,51	404.636,36	936.125,87
2029	541.056,32	411.919,82	952.976,14
Gastos indirectos de 10 años (€)	8.806.169,25		

9.2.4. Ingresos.

Los ingresos de la instalación corresponderán a la venta de la pintura en polvo fabricada. El precio estimativo de venta de la pintura en polvo ronda los 3,4-3,7 €/kilo (facilitado por MIVA COATINGS S.L.U). El precio de venta que se utilizará para los ingresos será de 3,5 €/kilo.

Conociendo el precio de venta de la pintura en polvo, y la producción anual de la instalación, se puede calcular los ingresos anuales:

$$\text{Ingresos anuales} = 3,5 \left(\frac{\text{€}}{\text{kilo}} \right) \cdot 20.000.000 \left(\frac{\text{kilo}}{\text{año}} \right) = 70.000.000,00 \left(\frac{\text{€}}{\text{año}} \right)$$

En la *Tabla M.9.5* se recogen los ingresos anuales de los próximos 10 años aplicando el IPC.

Tabla M.9.5. Ingresos.

Año	Ingresos (€)
2020	70.000.000,00
2021	71.260.000,00
2022	72.542.680,00
2023	73.848.448,24
2024	75.177.720,31
2025	76.530.919,27
2026	77.908.475,82
2027	79.310.828,39
2028	80.738.423,30
2029	82.191.714,92
TOTAL	759.509.210,24

9.2.5. Beneficio bruto.

El beneficio bruto corresponde a la resta de los ingresos y los gastos totales (directos más indirectos). En la *Tabla M.9.6* se muestra el beneficio bruto de los próximos 10 años.

Tabla M.9.6. Beneficio bruto.

Año	G _D (€)	G _I (€)	Ingresos (€)	B _b (€)
2020	57.777.778,07	811.618,66	70.000.000,00	11.410.603,27
2021	58.817.778,08	826.227,80	71.260.000,00	11.615.994,13
2022	59.876.498,08	841.099,90	72.542.680,00	11.825.082,02
2023	60.954.275,05	856.239,69	73.848.448,24	12.037.933,50
2024	62.051.452,00	871.652,01	75.177.720,31	12.254.616,30
2025	63.168.378,13	887.341,74	76.530.919,27	12.475.199,40
2026	64.305.408,94	903.313,90	77.908.475,82	12.699.752,99
2027	65.462.906,30	919.573,55	79.310.828,39	12.928.348,54
2028	66.641.238,61	936.125,87	80.738.423,30	13.161.058,81
2029	67.840.780,91	952.976,14	82.191.714,92	13.397.957,87
TOTAL	626.896.494,16	8.806.169,25	759.509.210,24	123.806.546,83

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

9.2.6. Beneficio neto.

El beneficio neto se calcula restando al beneficio bruto los intereses. Estos intereses corresponden a los impuestos para sociedades, los cuales están fijados en un 25 % del beneficio bruto. En la *Tabla M.9.7* se muestra el beneficio neto para los próximos 10 años.

Tabla M.9.7. Beneficio neto.

Año	Beneficio bruto (€)	Intereses (€)	Beneficio neto (€)
2020	11.410.603,27	2.852.650,82	8.557.952,45
2021	11.615.994,13	2.903.998,53	8.711.995,60
2022	11.825.082,02	2.956.270,51	8.868.811,52
2023	12.037.933,50	3.009.483,37	9.028.450,12
2024	12.254.616,30	3.063.654,08	9.190.962,23
2025	12.475.199,40	3.118.799,85	9.356.399,55
2026	12.699.752,99	3.174.938,25	9.524.814,74
2027	12.928.348,54	3.232.087,13	9.696.261,40
2028	13.161.058,81	3.290.264,7	9.870.794,11
2029	13.397.957,87	3.349.489,47	10.048.468,40
TOTAL	123.806.546,83	68.927.097,2	92.854.910,12

9.2.7. Flujo de caja.

El flujo de caja (FC) corresponde al beneficio neto más la amortización. La amortización se ha calculado en el “*Anexo 2. Estudio económico. Apartado 2.1.6*”. En la *Tabla M.9.8* se muestra el flujo de caja para los diez próximos años.

Tabla M.9.8. Flujo de caja.

Año	Beneficio neto (€)	Amortización (€)	Fujo de caja (€)
2020	8.557.952,45	350.818,66	8.908.771,11
2021	8.711.995,60	357.133,396	9.069.128,99
2022	8.868.811,52	363.561,797	9.232.373,31
2023	9.028.450,12	370.105,909	9.398.556,03
2024	9.190.962,23	376.767,816	9.567.730,04
2025	9.356.399,55	383.549,636	9.739.949,18
2026	9.524.814,74	390.453,53	9.915.268,27
2027	9.696.261,40	397.481,693	10.093.743,10
2028	9.870.794,11	404.636,364	10.275.430,47
2029	10.048.468,40	411.919,818	10.460.388,22
TOTAL	92.854.910,12	3.806.428,62	96.661.338,74

9.2.8. Valor actual neto.

El valor actual neto (VAN) es una medida de la rentabilidad del proyecto. El VAN se calcula utilizando la *Ec.M.9.1*. Según el resultado que se obtenga, se puede clasificar el proyecto de la siguiente manera:

VAN < 0, El proyecto no es rentable para un periodo de tiempo dado.

VAN = 0, El proyecto no genera ni pérdidas ni ganancias.

VAN > 0, El proyecto es rentable, produce excedentes.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=0}^N \frac{FC_n}{(1+i_r)^n} \quad (\text{Ec.M.9.1})$$

I_0 corresponde a la inversión inicial, la cual era de 4.455.777,38 €. El interés real es del 1,22 %. En la *Tabla M.9.9* se muestra el valor del VAN total.

Tabla M.9.9. VAN

Año	FC (€)	VAN (€)
TOTAL	96.661.338,74	46.862.556,83

Por lo tanto, como el VAN es positivo, el proyecto será rentable, y producirá excedentes.

9.2.9. Tasa interna de rentabilidad.

La tasa interna de rentabilidad (TIR) es la tasa de actualización que hace cero el VAN. Interesa que el TIR sea superior al interés normal del dinero en el mercado de capitales. Por lo que, si es mayor el TIR al interés normal, será rentable invertir en el proyecto. Para calcular la tasa interna de rentabilidad, se van a suponer valores del interés y calcular el VAN. En la *Tabla M.9.10* se muestran los valores del Van para el i supuesto.

Tabla M.9.10. Valores del VAN suponiendo i .

i	VAN (€)
0,10	13.611.766,93
0,15	7.127.929,96
0,20	3.112.787,18
0,25	576.051,35
0,30	-1.056.454,19
0,35	-2.125.067,08
0,40	-2.835.663,20
0,45	-3.315.144,31
0,50	-3.643.108,95

Y haciendo una representación del VAN frente al interés, cuando la curva corte con el eje 0 de abscisas, ese valor será el TIR. En la *Figura M.9.1* se muestra la curva del VAN frente a i .

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

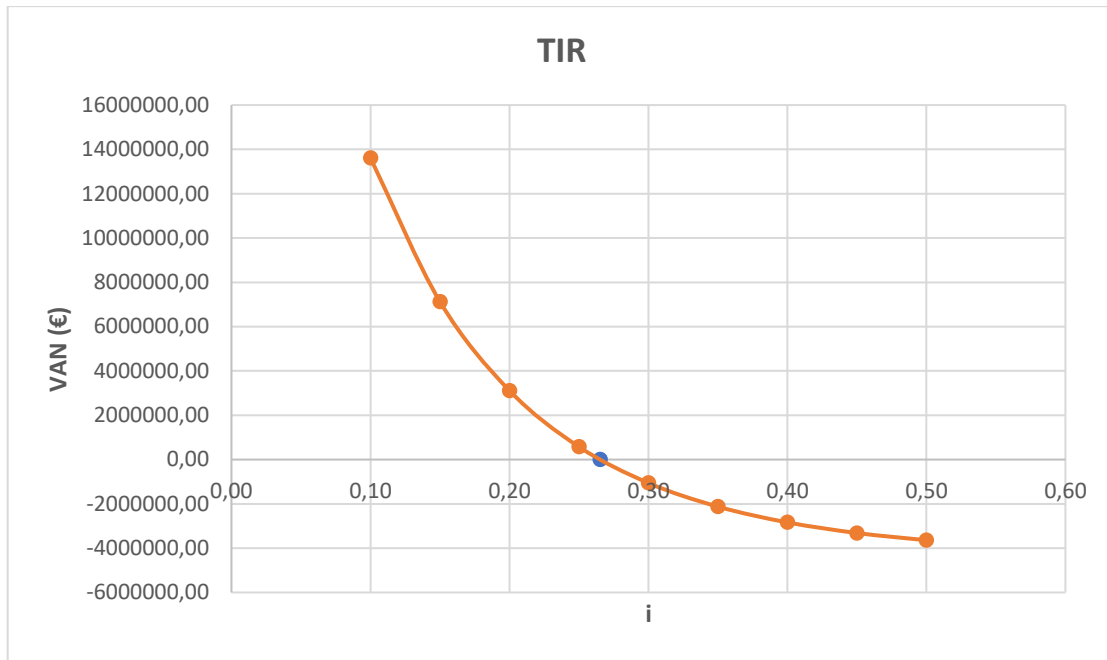


Figura M.9.1. Cálculo del TIR.

Por lo tanto, el valor del TIR es del 26,53 %, muy por encima del interés normal del dinero, por lo que el proyecto es muy viable económicamente.

9.2.10. Periodo de retorno.

El periodo de retorno (PR) o también llamado Pay-Back (PB), es el tiempo en el que se recuperará la inversión inicial. Se calcula mediante el cociente de la inversión inicial y el flujo de caja promedio anual. Por lo tanto, el periodo de retorno será:

$$PR = \frac{4.455.777,38}{9.666.133,87} = 0,461 \text{ años}$$

Por lo que, en aproximadamente medio año, se recuperaría la inversión inicial realizada.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

3. ANEXOS

ÍNDICE

Anexo I. Cálculos.....	3
1.1. Método de jerarquías analíticas para la selección de equipos.....	3
1.1.1. Método de jerarquías analíticas para la selección del mezclador.....	5
1.1.2. Método de jerarquías analíticas para la selección de la extrusora.....	10
1.1.3. Método de jerarquías analíticas para la selección del molino.....	14
1.2. Cálculo de la estructura metálica para soportar el mezclador.....	17
1.2.1. Cálculo de las reacciones de las vigas.....	18
1.2.2. Cálculo del perfil IPE y sección de la viga.....	20
1.2.3. Cálculo del perfil HEB y sección de los pilares.....	23
1.2.4. Precio de la estructura metálica.....	25
1.3. Cálculo de las conducciones de la instalación.....	27
1.3.1. Transporte neumático.....	27
1.3.2. Cálculo de la caída de presión en el tramo 2.....	29
1.3.3. Cálculo de la caída de presión en los tramos 1, 3 y 4.....	44
1.3.4. Selección de los soplantes para impulsar los sólidos.....	46
1.4. Cálculo del tipo y dimensiones del ciclón.....	49
Anexo II. Estudio económico.....	56
2.1. Instalación.....	56
2.1.1. Maquinaria y equipos principales.....	56
2.1.2. Estructura metálica.....	57
2.1.3. Soplantes.....	57
2.1.4. conducciones y accesorios.....	57
2.1.5. Coste total de la instalación.....	58

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

2.1.6. Amortización de la instalación.....	59
2.2. Coste del personal de trabajo.....	59
2.3. Coste del consumo eléctrico.....	60
2.4. Coste del consumo de agua.....	62
2.5. Coste de la materia prima.....	62
Anexo III. Estudio de seguridad y salud de impacto ambiental.....	63
3.1. Evaluación de riesgos de la instalación.....	63
3.2. Ficha técnica de seguridad de la pintura en polvo.....	71
Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas.....	74
4.1. Sistema de pesaje.....	74
4.2. Equipos de premezcla.....	76
4.3. Equipos de extrusión.....	78
4.4. Sistema de banda en continuo, (con rodillos y triturador).....	80
4.5. Equipo de molienda.....	83
4.6. Filtro de mangas.....	85
4.7. Tamiz vibratorio.....	87
4.8. Pesaje y empaquetado.....	90
4.9. Soplantes.....	94
4.10. Conducciones.....	95
4.11. Carretillas elevadoras.....	96

Anexo I. Cálculos.

1.1. Método de jerarquías analíticas para la selección de equipos.

El método de las jerarquías analíticas o también llamado proceso analítico jerárquico es un método originario del profesor Thomas Saaty, publicado por él en el 1980. Es un método que se utiliza fundamentalmente para la ayuda a la toma de decisiones en el mundo de la empresa. El método utiliza fundamentos psicológicos, matemáticos y está empíricamente contrastado. El fundamento psicológico del método se basa en la utilización de comparaciones pareadas, recogido en la *Tabla A.1.1.*

Tabla A.1.1. Escala de comparación pareada (Apuntes de la asignatura EQ 1031, “Proyectos de ingeniería”).

Importancia	Definición	Explicación
1	Igual importancia	Dos elementos contribuyen idénticamente al objetivo.
3	Dominancia débil	La experiencia manifiesta que existe una débil dominancia de un elemento sobre otro.
5	Fuerte dominancia	La experiencia manifiesta una fuerte dominancia de un elemento sobre otro.
7	Demostrada dominancia	La dominancia de un elemento sobre otro es completamente demostrada.
9	Absoluta dominancia	Las evidencias demuestran que un elemento es absolutamente dominado por otro.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios	Son valores intermedios de decisión.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Por otra parte, la matriz que se construye utilizando la escala de comparación pareada, relacionando la importancia de unos atributos sobre otros, tiene que cumplir las siguientes características:

- Reciprocidad: Si $a_{ij} = x$, entonces $a_{ji} = 1/x$, con $1/9 \leq x \leq 9$.
- Homogeneidad: Si los elementos i y j son considerados igualmente importantes entonces:
 $a_{ij} = a_{ji} = 1$, además $a_{ii} = 1$ para todo i .
- Consistencia: Se satisface que $a_{ik} \cdot a_{kj} = a_{ij}$ para todo $1 \leq i, j, k \leq q$.

El método está contrastado empíricamente en distintas aplicaciones, recogidos en la *Tabla A.1.2*:

Tabla A.1.2. Sectores de aplicación del proceso analítico jerárquico (www.youtube.com).

Aplicaciones		
Sociedad	Ciencia y educación	Economía y transporte
Localización y asignación de recursos	Marketing	Producción
Aplicaciones ambientales	Planificación urbana	Sector público
Sanidad	Decisión en grupo	Valoración
Valoración	Pensamiento y ética	Etc.

En la *Figura A.1.1* se muestra un esquema del proceso analítico jerárquico.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

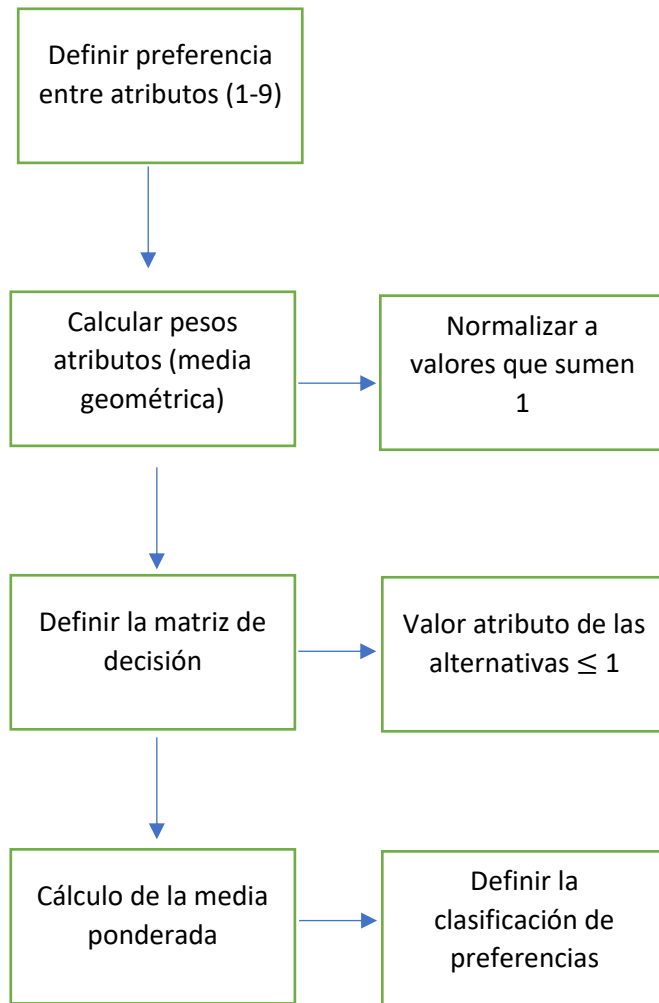


Figura A.1.1. Esquema del proceso analítico jerárquico (Apuntes de la asignatura EQ 1031, “Proyectos de ingeniería”).

En los siguientes apartados se utilizará el siguiente método y se detallará en profundidad cada paso del proceso.

1.1.1. Método de jerarquías analíticas para la selección del mezclador.

En la *Tabla A.1.3* se muestran los equipos encontrados de tres compañías distintas junto con sus datos técnicos.

Tabla A1.3. Datos técnicos de las tres compañías seleccionadas

Mezclador de alta velocidad			
Alternativa	A	B	C
Capacidad total (l)	2.000	2.000	2.000
Capacidad (kg/lote)	800	800	1.000
Motor principal (kW)	90	90	45
Motor de inclinación (kW)	2,2	-	5,5
Peso llenado material (kg)	8.400	8.200	8.500
Dimensiones (mm)	6.100 × 4.200 × 4.900	3.720 × 2.390 × 4.300	3.500 × 2.350 × 3.650
Precio (€/unidad) IVA incluido	170.000,00	155.000,00	165.000,00

Con estos datos, se pasa a construir la *Tabla A.1.4* con las distintas características ordenadas de mayor a menor prioridad.

Se ha decidido que el atributo más importante de todos sea el del prestigio de la empresa, ya que, es un aspecto muy a tener en cuenta a la hora de elegir un equipo, y, además, como se verá en adelante, los datos técnicos de los equipos de las distintas compañías son similares entre sí. Para el atributo “prestigio de la empresa” se ha tenido en cuenta la información proporcionada por la web, así como la información que proporciona los catálogos y fichas técnicas, servicio postventa, etc. El precio se ha considerado el segundo criterio más importante ya que, cuanto más bajo sea el precio mejor. El tercer aspecto más importante es la potencia, ya que cuanto menor sea la potencia de la máquina, menor será el gasto energético. El cuarto atributo más importante es la capacidad de producción, ya que cuanto mayor sea, mayor cantidad de producto se podrá fabricar. El quinto atributo son las dimensiones del equipo, interesará que las dimensiones sean las menores posibles. Y el último aspecto es el peso total del equipo, cuanto menor sea el peso del equipo mejor será.

En las tablas, los modelos de cada compañía se nombrarán como alternativas A, B y C.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla A.1.4. Características de los atributos.

Alternativa	Prestigio empresa	Precio (€)	Potencia (kW)	Capacidad (kg/lote)	Dimensiones (m ³)	Peso total equipo (kg)
A	Muy buena	170.000,00	90	800	125,538	8.400
B	Muy buena	155.000,00	90	800	38,23	8.200
C	Regular	165.000,00	45	1000	29,61	8.500

Una vez se tiene la *Tabla A.1.4* en las que se muestran los atributos de las tres alternativas se pasa a realizar la *Tabla A.1.5* de ordenación por parejas en la que se relaciona con que intensidad un objetivo es preferible a otro.

Tabla A.1.5. Importancia de los atributos.

	Prestigio empresa	Precio (€)	Potencia (kW)	Capacidad (kg/lote)	Dimensiones (m ³)	Peso total equipo (kg)
Prestigio empresa	1	3	4	5	7	9
Precio (€)	1/3	1	2	3	5	7
Potencia (kW)	1/4	1/2	1	2	3	5
Capacidad (kg/lote)	1/5	1/3	1/2	1	3	4
Dimensiones (m ³)	1/7	1/5	1/3	1/3	1	3
Peso total equipo	1/9	1/7	1/5	1/4	1/3	1

Una vez realizada la *Tabla A.1.5*, se puede calcular el peso de cada atributo, es decir, la media geométrica de cada atributo, que se realiza mediante el producto de las intensidades de importancia de cada atributo elevado a la inversa del número de atributos total.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

$$W_1 = (1 \times 3 \times 4 \times 5 \times 7 \times 9)^{\frac{1}{6}} = 3,947$$

$$W_2 = \left(\frac{1}{3} \times 1 \times 2 \times 3 \times 5 \times 7\right)^{\frac{1}{6}} = 2,030$$

$$W_3 = \left(\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 1 \times 2 \times 3 \times 5\right)^{\frac{1}{6}} = 1,246$$

$$W_4 = \left(\frac{1}{5} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 1 \times 3 \times 4\right)^{\frac{1}{6}} = 0,853$$

$$W_5 = \left(\frac{1}{7} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times 1 \times 3\right)^{\frac{1}{6}} = 0,460$$

$$W_6 = \left(\frac{1}{9} \times \frac{1}{7} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times 1\right)^{\frac{1}{6}} = 0,253$$

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 = 8,789$$

El peso de cada atributo se ha de normalizar, para que la suma de los pesos sea 1. Esto se realiza calculando la suma de todos los pesos, y realizando el cociente de cada peso por la suma de pesos.

$$F_1 = \frac{W_1}{W_T} = \frac{3,947}{8,789} = 0,4491$$

$$F_2 = \frac{W_2}{W_T} = \frac{2,030}{8,789} = 0,2310$$

$$F_3 = \frac{W_3}{W_T} = \frac{1,246}{8,789} = 0,1420$$

$$F_4 = \frac{W_4}{W_T} = \frac{0,853}{8,789} = 0,0971$$

$$F_5 = \frac{W_5}{W_T} = \frac{0,460}{8,789} = 0,0524$$

$$F_6 = \frac{W_6}{W_T} = \frac{0,253}{8,789} = 0,0288$$

A continuación, se realiza la matriz de decisión, recogida en la *Tabla A.1.6*, en la que se calcula el valor de los atributos de cada alternativa. Estos valores estarán comprendidos entre 1 y 0,5, siendo 1 para el mejor valor de ese criterio y 0,5 para el peor. Se ha decidido no hacer normalización de los valores ya que no se puede realizar la normalización ya que, en la mayoría de los criterios, el mejor valor de cada criterio es el que tiene un menor valor, por lo que no se puede realizar. El único método que valdría sería el de interpolación lineal, pero al ser solo 3 alternativas, que una tenga el valor de 1, y la otra de 0, daría unos resultados

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

desproporcionados a favor de uno u otro. Por lo que el valor de cada criterio se pondrá de forma cualitativa entre 1 y 0,5.

Tabla A.1.6. Valores de la matriz de decisión

Alternativa	Prestigio empresa 44,9%	Precio 23,1%	Potencia 14,2%	Capacidad 9,71%	Dimensiones 5,24%	Peso total equipo 2,88%
A	1,00	0,50	0,50	0,75	0,50	0,75
B	1,00	1,00	0,50	0,75	0,75	1,00
C	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00	0,50

Y, por último, se calcula la media ponderada de cada alternativa. Para el cálculo de la media ponderada se realiza el sumatorio de la multiplicación de cada peso del atributo por su valor.

$$A = (0,4490 \times 1) + (0,2310 \times 0,5) + (0,1420 \times 0,50) + (0,0971 \times 0,75) + (0,0524 \times 0,5) + (0,0288 \times 0,75) = 0,756$$

$$B = (0,4490 \times 1,00) + (0,2310 \times 1,00) + (0,1420 \times 0,50) + (0,0971 \times 0,75) + (0,0524 \times 0,75) + (0,0288 \times 1,00) = 0,892$$

$$C = (0,4490 \times 0,5) + (0,2310 \times 0,75) + (0,1420 \times 1,00) + (0,0971 \times 1,00) + (0,0524 \times 1,00) + (0,0288 \times 0,5) = 0,704$$

Como se puede ver en la *Tabla A.1.7*, la alternativa B, es la que obtiene un mejor resultado utilizando el método de selección multicriterio, por lo cual es el mezclador escogido para ser utilizado en la instalación.

Tabla A.1.7. Resultados obtenidos para la elección del equipo de premezcla.

Alternativa	Resultado
A	0,756
B	0,892
C	0,704

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

1.1.2. Método de jerarquías analíticas para la selección de la extrusora.

Los datos técnicos de las tres compañías elegidas para seleccionar el equipo de extrusión están recogidos en la *Tabla A.1.8*.

Tabla A.1.8. Datos técnicos de las tres compañías.

Extrusora de doble husillo			
Alternativa	A	B	C
Diámetro del cilindro (mm)	65	65	65
Longitud del cañón (L/D)	24,1	21,25	24
Potencia del motor (kW)	223	126	126
Velocidad del tornillo (rpm)	900	900	900
Capacidad de producción (kg/h)	1.700	2.000	1.800
Dimensiones (mm)	4.000 × 2.500 × 2.900	3.700 × 2.200 × 2.900	3.900 × 2.450 × 3.000
Precio (€)	315.000,00	280.000,00	295.000,00

El procedimiento para la selección del equipo de extrusión es el mismo utilizado en el “*Anexo I. Cálculos, apartado 1.1.1*”. En la *Tabla A.1.9* se recogen los atributos de las tres alternativas ordenados de mayor a menor prioridad.

Los tres atributos más importantes son el prestigio de la empresa, el precio y la potencia del motor, por los mismos criterios ya mencionados anteriormente. El cuarto atributo más importante es la longitud del cañón, ya que cuando más largo sea este, se producirá una mejor fusión y mezcla de todos los componentes. La capacidad de producción será el quinto atributo más importante, y por último las dimensiones del equipo.

En las tablas, los modelos de cada compañía se nombrarán como alternativas A, B y C.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla A.1.9. Características de los atributos.

Alternativa	Prestigio empresa	Precio (€)	Potencia motor (kW)	Longitud del cañón (L/D)	Capacidad producción (kg/h)	Dimensiones (m ³)
A	Buena	270.000,00	223	24,1	1.700	29
B	Muy buena	280.000,00	126	21,5	2.000	23,61
C	Muy buena	295.000,00	126	24	1.800	28,665

A continuación, se realiza la *Tabla A.1.10* de ordenación de parejas.

Tabla A.1.10. Importancia de los atributos.

	Calidad empresa	Precio	Potencia motor	Longitud del cañón	Capacidad producción	Dimensiones
Calidad empresa	1	3	4	5	6	8
Longitud del cañón	1/3	1	2	3	4	5
Precio	1/4	1/2	1	2	3	4
Potencia motor	1/5	1/3	1/2	1	2	3
Capacidad producción	1/6	1/4	1/3	1/2	1	2
dimensiones	1/8	1/5	1/4	1/3	1/2	1

Ahora, se procede a determinar el peso de cada atributo sobre el total, y se normalizan los valores para que la suma total resulte 1.

$$W_1 = (1 \times 3 \times 4 \times 5 \times 6 \times 8)^{\frac{1}{6}} = 3,772$$

$$W_2 = \left(\frac{1}{3} \times 1 \times 2 \times 3 \times 4 \times 5\right)^{\frac{1}{6}} = 1,849$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

$$W_3 = \left(\frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 1 \times 2 \times 3 \times 4\right)^{\frac{1}{6}} = 1,201$$

$$W_4 = \left(\frac{1}{5} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 1 \times 2 \times 3\right)^{\frac{1}{6}} = 0,765$$

$$W_5 = \left(\frac{1}{6} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 1 \times 2\right)^{\frac{1}{6}} = 0,490$$

$$W_6 = \left(\frac{1}{8} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 1\right)^{\frac{1}{6}} = 0,318$$

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 = 8,395$$

$$F_1 = \frac{W_1}{W_T} = \frac{3,772}{8,395} = 0,4493$$

$$F_2 = \frac{W_2}{W_T} = \frac{1,849}{8,395} = 0,2202$$

$$F_3 = \frac{W_3}{W_T} = \frac{1,201}{8,395} = 0,1431$$

$$F_4 = \frac{W_4}{W_T} = \frac{0,765}{8,395} = 0,0911$$

$$F_5 = \frac{W_5}{W_T} = \frac{0,490}{8,395} = 0,0584$$

$$F_6 = \frac{W_6}{W_T} = \frac{0,318}{8,395} = 0,0379$$

Una vez calculados los pesos de cada atributo, en la *Tabla A.1.11* se muestran los valores de cada atributo para las tres alternativas. En cada columna se recoge el atributo, y los valores están comprendidos entre 1 y 0,5. El valor 1 es el más alto de todos, y 0,5 el valor más pequeño.

Tabla A.1.11. Matriz de decisión.

Alternativa	Prestigio empresa 44,93%	Precio 22,02%	Potencia 14,31%	Longitud del cañón 9,11%	Capacidad producción 5,84%	Dimensiones 3,79%
A	0,75	1,00	0,5	1,00	0,75	0,75
B	1,00	0,75	1,00	0,75	1,00	1,00
C	1,00	0,50	1,00	1,00	0,75	0,75

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Una vez se tiene la matriz de decisión, se calcula la media ponderada de cada alternativa.

$$A = (0,4493 \times 0,75) + (0,2202 \times 1) + (0,1431 \times 0,50) + (0,0911 \times 1,00) + (0,0584 \times 0,75) + (0,0379 \times 0,75) = 0,792$$

$$B = (0,4493 \times 1,00) + (0,2202 \times 0,75) + (0,1431 \times 1,00) + (0,0911 \times 0,75) + (0,0584 \times 1,00) + (0,0379 \times 1,00) = 0,922$$

$$C = (0,4493 \times 1,00) + (0,2202 \times 0,5) + (0,1431 \times 1) + (0,0911 \times 1,00) + (0,0584 \times 0,75) + (0,0379 \times 0,75) = 0,866$$

En la *Tabla A.1.12* se muestran los resultados obtenidos tras realizar la media ponderada de las tres alternativas. Como se puede ver, el mejor resultado es el obtenido para la alternativa B, por lo que la extrusora utilizada será ésta.

Tabla A.1.12. Resultados obtenidos para la selección del equipo de extrusión.

Alternativa	Resultado
A	0,792
B	0,922
C	0,866

1.1.3. Método de jerarquías analíticas para la selección del molino.

Las características de los molinos seleccionados de tres compañías diferentes se muestran en la *Tabla A.1.13*.

Tabla A.1.13. Datos técnicos de las tres compañías seleccionadas.

Molino clasificador de aire			
Alternativa	A	B	C
Potencia del motor (kW)	55	75	55
Potencia del clasificador (kW)	11	15	11
Producción (kg/h)	1.400-1.700	1.500-2.000	1.400-1.800
Flujo de aire (m ³ /h)	6.750	9.000	7.200
Dimensiones (mm)	2.450 × 1.060 × 1.587	3.100 × 1.250 × 1.780	2.450 × 960 × 1.445
Precio (€/unidad) IVA incluido	215.000,00	250.000,00	200.000,00

A continuación, se muestra en la *Tabla A.1.14* los atributos de las diferentes alternativas ordenados de mayor a menor prioridad. El prestigio de la empresa, el precio y las potencias del equipo, son los tres atributos de mayor importancia por lo comentado en los anteriores apartados, seguido de la capacidad de producción, el flujo de aire, y por último las dimensiones. El flujo de aire interesará que sea el menor posible, ya que así el consumo de aire a presión será menor.

En las tablas, los modelos de las compañías serán nombrados como alternativas A, B y C.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla A.1.14. Características de los atributos ordenados de mayor a menor importancia.

Alternativa	Prestigio empresa	Precio (€)	Potencia motor (kW)	Potencia clasificador (kW)	Producción (kg/h)	Flujo de aire (m ³ /h)	Dimensiones (m ³)
A	Muy bueno	215.000,00	55	11	1.400 - 1.700	6.750	4,121
B	Muy bueno	250.000,00	75	15	1.500 - 2.000	9.000	6,900
C	Muy bueno	200.000,00	55	11	1.400 - 1.800	7.200	3,400

Ahora, se realiza la *Tabla A.1.15*, en la que se relaciona con que intensidad un atributo es preferible a otro.

Tabla A.1.15. Importancia de los atributos.

	Prestigio empresa	Precio	Potencia Motor	Potencia clasificador	Producción	Flujo de aire	Dimensiones
Prestigio empresa	1	2	3	5	6	7	9
Precio	1/2	1	2	4	5	6	8
Potencia motor	1/3	1/2	1	3	4	5	7
Potencia clasificador	1/5	1/4	1/3	1	2	3	5
Producción	1/6	1/5	1/4	1/2	1	2	4
Flujo de aire	1/7	1/6	1/5	1/3	1/2	1	3
Dimensiones	1/9	1/8	1/7	1/5	1/4	1/3	1

A continuación, se calcula el peso de cada atributo, y se normalizan los valores para que la suma total sea igual a 1.

$$W_1 = (1 \times 2 \times 3 \times 5 \times 6 \times 7 \times 9)^{\frac{1}{7}} = 3,795$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

$$W_2 = \left(\frac{1}{2} \times 1 \times 2 \times 4 \times 5 \times 6 \times 8\right)^{\frac{1}{7}} = 2,667$$

$$W_3 = \left(\frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 1 \times 3 \times 4 \times 5 \times 7\right)^{\frac{1}{7}} = 1,835$$

$$W_4 = \left(\frac{1}{5} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times 1 \times 2 \times 3 \times 5\right)^{\frac{1}{7}} = 0,906$$

$$W_5 = \left(\frac{1}{6} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{2} \times 1 \times 2 \times 4\right)^{\frac{1}{7}} = 0,615$$

$$W_6 = \left(\frac{1}{7} \times \frac{1}{6} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} \times 1 \times 3\right)^{\frac{1}{7}} = 0,422$$

$$W_7 = \left(\frac{1}{9} \times \frac{1}{8} \times \frac{1}{7} \times \frac{1}{5} \times \frac{1}{4} \times \frac{1}{3} \times 1\right)^{\frac{1}{7}} = 0,229$$

$$W_T = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 = 10,469$$

$$F_1 = \frac{W_1}{W_T} = \frac{3,795}{10,469} = 0,3620$$

$$F_2 = \frac{W_2}{W_T} = \frac{2,667}{10,469} = 0,2550$$

$$F_3 = \frac{W_3}{W_T} = \frac{1,835}{10,469} = 0,1750$$

$$F_4 = \frac{W_4}{W_T} = \frac{0,906}{10,469} = 0,0865$$

$$F_5 = \frac{W_5}{W_T} = \frac{0,615}{10,469} = 0,0587$$

$$F_6 = \frac{W_6}{W_T} = \frac{0,422}{10,469} = 0,0403$$

$$F_7 = \frac{W_7}{W_T} = \frac{0,229}{10,469} = 0,0218$$

Una vez normalizados los pesos de los atributos, se construye la *Tabla A.1.16*, en la que se muestran los valores de los atributos para cada alternativa. Para cada atributo, los valores estarán comprendidos entre 1 y 0.5, siendo 1 el mejor valor y 0.5 el peor.

Tabla A.1.16. Matriz de decisión.

Alternativa	Prestigio empresa 36,20%	Precio 25,50%	Potencia motor 17,50%	Potencia clasificador 8,65%	Capacidad producción 5,87%	Flujo de aire 4,03%	Dimensiones 2,18%
A	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	1,00	0,75
B	1,00	0,50	0,75	0,75	1,00	0,50	0,50
C	1,00	0,75	1,00	1,00	0,75	0,75	1,00

Finalmente, se calcula la media ponderada de cada atributo:

$$A = (0,3620 \times 1,00) + (0,2550 \times 1,00) + (0,1750 \times 1,00) + (0,0865 \times 1,00) + (0,0587 \times 0,75) + (0,0403 \times 1,00) + (0,0218 \times 0,75) = 0,979$$

$$B = (0,3620 \times 1,00) + (0,2550 \times 0,50) + (0,1750 \times 0,75) + (0,0865 \times 0,75) + (0,0587 \times 1) + (0,0403 \times 0,50) + (0,0218 \times 0,50) = 0,775$$

$$C = (0,3620 \times 1,00) + (0,2550 \times 0,75) + (0,1750 \times 1,00) + (0,0865 \times 1,00) + (0,0587 \times 0,75) + (0,0403 \times 0,75) + (0,0218 \times 1,00) = 0,911$$

En la *Tabla A.1.17* se muestran los valores finales de las tres alternativas. La alternativa que ha obtenido un mayor valor es la A, por lo que el molino clasificador de aire que se utilizará en la instalación será esta opción.

Tabla A.1.17. Resultados obtenidos para la elección del equipo de molienda.

Alternativa	Resultado
A	0,979
B	0,775
C	0,911

1.2. Cálculo de la estructura metálica para soportar el mezclador.

En este apartado se determinará el tipo y dimensionado de las vigas y pilares que compondrán la estructura metálica.

La estructura estará compuesta por cuatro vigas y cuatro pilares, las cuales tendrán que soportar el peso del mezclador y de un operario. La estructura tendrá un orificio en el centro

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

del forjado (el suelo de la plataforma donde se situará el mezclador y el operario) el cual tendrá una conducción vertical para que los componentes del mezclador caigan por gravedad a la extrusora, que estará situada debajo. También la estructura tendrá una escalera con barandillas para que pueda subir el operario a la plataforma, y barandillas en la parte superior de la plataforma para que ningún operario pudiera caerse de ella. En uno de los 4 lados de la plataforma superior habrá un espacio de dos metros que no tendrá barandillas, el cual será por donde el mezclador por medio del toro mecánico, será introducido en la plataforma.

Se utilizarán perfiles normalizados (Perfiles IPE y HEB) para la determinación de los tipos de vigas y pilares a utilizar, ya que es la forma más fácil y directa para dimensionar la estructura metálica. Para la selección de las vigas se utilizará los perfiles IPE, y para la selección de los pilares los perfiles HEB.

1.2.1. Cálculo de las reacciones de las vigas.

Para el cálculo de las reacciones de la viga y pilares, se procederá a realizar el diagrama del sólido libre de manera global y por separado. La carga que debe soportar la estructura corresponde a:

- 8.200 kg procedentes del mezclador (cuando está completamente lleno).
- 100 kg de un operario.

Entonces, la carga total en newtons (N) será de:

$$q = 8300 \text{ (kg)} \cdot \frac{9,8 \text{ (N)}}{1 \text{ (kg)}} = 81.340 \text{ N} = 81,340 \text{ kN}$$

La carga se considerará puntual, y se colocará en el punto más desfavorable de la viga (en el centro de esta), que es donde estará situada la mayoría del tiempo. En la *Figura A.1.2* y *A.1.3*, se muestran los DSL del conjunto y por separado respectivamente.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

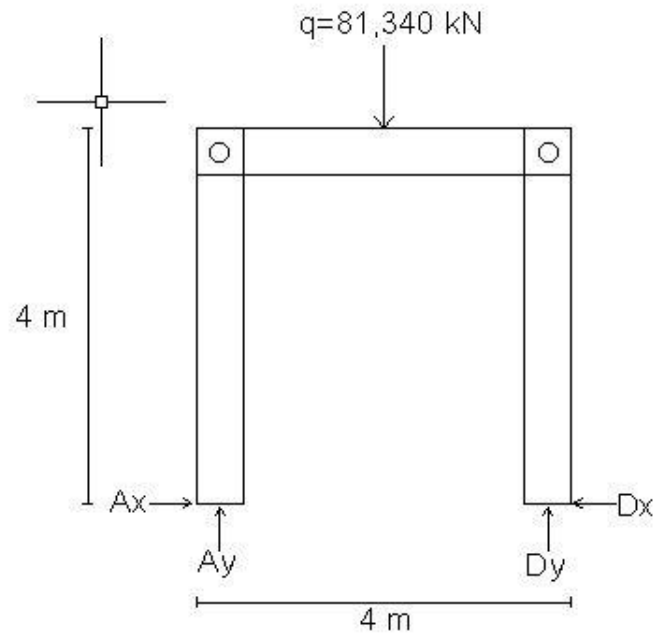


Figura A.1.2. DSL global.

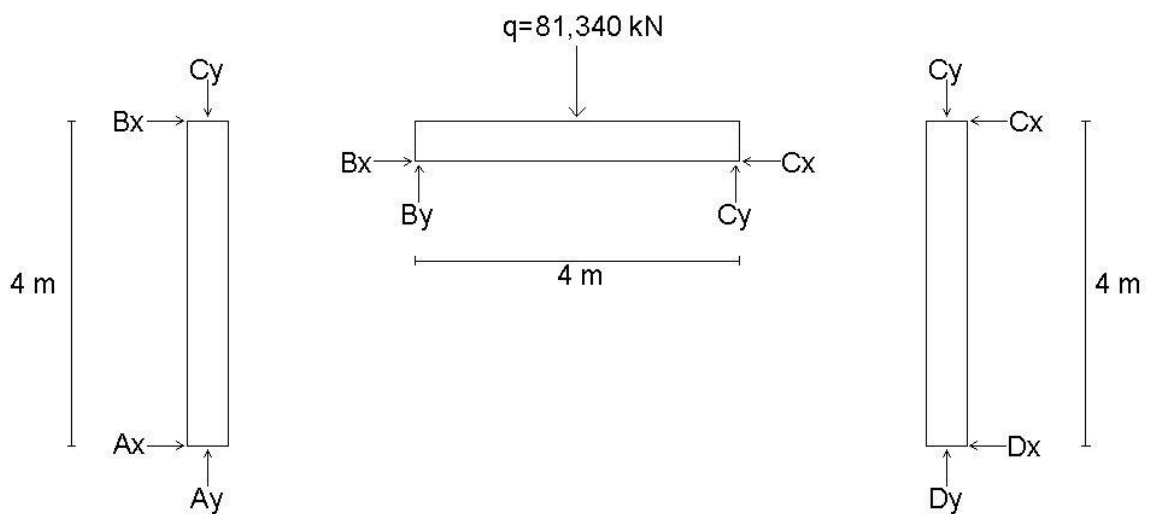


Figura A.1.3. DSL por separado.

Una vez realizados el DSL global y de las vigas y pilares por separado, se pueden determinar las reacciones de los apoyos:

Cálculo de las reacciones a la viga BC.

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow B_x - C_x = 0 \rightarrow B_x = C_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow B_y + C_y - q = 0$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

$$\Sigma M_z = 0 \rightarrow -2 \cdot q + 4 \cdot C_y = 0 \rightarrow 4 \cdot C_y = 162,68 \rightarrow C_y = 40,67 \text{ kN}$$

Conociendo C_y se puede calcular B_y :

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow B_y + 40,67 - 81,34 = 0 \rightarrow B_y = 40,67 \text{ kN}$$

Cálculo de las reacciones a la columna AB.

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow A_x - B_x = 0 \rightarrow A_x = B_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow A_y - B_y = 0 \rightarrow A_y = B_y = 40,67 \text{ kN}$$

Cálculo de las reacciones a la columna CD.

$$\Sigma F_x = 0 \rightarrow -C_x - D_x = 0 \rightarrow C_x = -D_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0 \rightarrow -C_y + D_y = 0 \rightarrow C_y = D_y = 40,67 \text{ kN}$$

A modo de resumen, en la *Tabla A.1.18* se muestra los resultados de todas las reacciones de los apoyos de la viga y de los pilares.

Tabla A.1.18. Valores de las reacciones de las vigas y pilares.

Reacción	Valor (kN)
A_x, B_x, C_x, D_x	0
A_y, B_y, C_y, D_y	40,67

EL valor de las reacciones en el eje y será utilizado para determinar más adelante, el tipo de perfil HEB a utilizar en los pilares.

1.2.2. Cálculo del perfil IPE y sección de la viga.

Para la selección de las vigas horizontales se utilizarán los perfiles IPE. El perfil IPE es un producto laminado cuya sección normalizada tiene forma de doble T,

Los perfiles IPE se definen de acuerdo con las siguientes normas:

UNE 36526:1994 - Productos de Acero Laminados en Caliente. Perfiles IPE. Medidas.

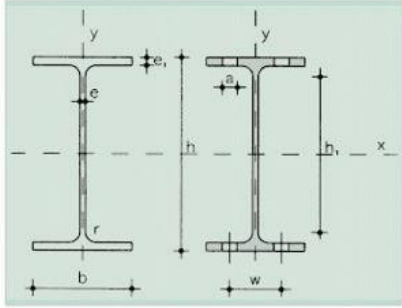
UNE-EN 10034:1994 - Perfiles I y H de Acero Estructural. Tolerancias dimensionales y de forma.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Estos perfiles son designados por las letras IPE, seguidas de un número que indica la altura total nominal (h) del perfil, expresada en milímetros.

En la *Figura A.1.4* se muestra una tabla donde se recogen los distintos tipos de perfiles IPE.

Perfiles IPE



A = Área de la sección
 S_x = Momento estático de media sección, respecto a X
 I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X
 $W_x = 2I_x : h$: Módulo resistente de la sección, respecto a X
 $i_x = \sqrt{I_x : A}$: Radio de giro de la sección, respecto a X
 I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y
 $W_y = 2I_y : b$: Módulo resistente de la sección, respecto a Y
 $i_y = \sqrt{I_y : A}$: Radio de giro de la sección, respecto a Y

I_t = Módulo de torsión de la sección
 I_a = Módulo de alabeo de la sección
u = Perímetro de la sección
a = Diámetro del agujero del roblón normal
w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros
 h_1 = Altura de la parte plana del alma
p = Peso por m

Perfil	Dimensiones							Términos de sección										Agujeros			Peso	
	h	b	e	e ₁	r ₁	h ₁	u	A	S _x	I _x	W _x	i _x	I _y	W _y	i _y	I _t	I _a	w	a	e ₂	p	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	mm	mm	mm	kp/m	
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	60	328	7,64	11,6	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	0,721	118	—	—	3,8	6,00	C
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	75	400	10,30	19,7	171,0	34,2	4,07	15,90	5,79	1,24	1,140	351	—	—	4,1	8,10	C
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	93	475	13,20	30,4	318,0	53,0	4,90	27,70	8,65	1,45	1,770	890	35	—	4,4	10,40	C
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	112	551	16,40	44,2	541,0	77,3	5,74	44,90	12,90	1,65	2,690	1.981	40	11	4,7	12,90	C
IPE 160	160	82	5,0	7,4	9	127	623	20,10	61,9	869,0	109,0	6,58	68,30	16,70	1,84	3,640	3.959	44	13	5,0	15,80	P
IPE 180	180	91	5,3	8,0	9	146	698	23,90	83,2	1.320,0	146,0	7,42	101,00	22,20	2,05	5,060	7.431	48	13	5,3	18,80	P
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	159	788	28,50	110,0	1.940,0	194,0	8,26	142,00	28,50	2,24	6,670	12.990	52	13	5,6	22,40	P
IPE 220	220	110	5,9	9,2	12	178	848	33,40	143	2.770	252	9,11	205	37,3	2,48	9,15	22.670	58	17	5,9	26,20	P
IPE 240	240	120	6,2	9,8	15	190	922	39,10	183	3.890	324	9,97	284	47,3	2,69	12,00	37.390	65	17	6,2	30,70	P
IPE 270	270	135	6,6	10,2	15	220	1.040	45,90	242	5.790	429	11,20	420	62,2	3,02	15,40	70.580	72	21	6,6	36,10	P
IPE 300	300	150	7,1	10,7	15	249	1.160	53,80	314	8.360	557	12,50	604	80,5	3,35	20,10	125.900	80	23	7,1	42,20	P
IPE 330	330	160	7,5	11,5	18	271	1.250	62,60	402	11.770	713	13,70	788	98,5	3,55	26,50	199.100	85	25	7,5	49,10	P
IPE 360	360	170	8,0	12,7	18	299	1.350	72,70	510	16.270	904	15,00	1.040	123,0	3,79	37,90	313.600	90	25	8,0	57,10	P
IPE 400	400	180	8,6	13,5	21	331	1.470	84,50	654	23.130	1.160	16,50	1.320	146,0	3,95	48,30	490.000	95	28	8,6	66,30	P
IPE 450	450	190	9,4	14,6	21	379	1.610	98,80	851	33.740	1.500	18,50	1.680	176,0	4,12	65,90	791.000	100	28	9,4	77,60	P
IPE 500	500	200	10,2	16,0	21	426	1.740	116,00	1.100	48.200	1.930	20,40	2.140	214,0	4,31	91,80	1.249.000	110	28	10,2	90,70	P
IPE 550	550	210	11,1	17,2	24	468	1.880	134,00	1.390	67.120	2.440	22,30	2.670	254,0	4,45	122,00	1.884.000	115	28	11,1	106,00	C
IPE 600	600	220	12,0	19,0	24	514	2.010	155,00	1.760	92.080	3.070	24,30	3.390	308,0	4,66	172,00	2.846.000	120	28	12,0	122,00	C

Figura A.1.4. Perfiles IPE (ingemecanica.com).

Para el cálculo del perfil IPE a utilizar, primero se utilizará la *Ec.A.1.1* para calcular el momento de la viga (M_x).

$$M_z = \frac{q}{2} \cdot (l - x) \tag{Ec.A.1.1}$$

Donde:

q = carga puntual (kN)

l = longitud total de la viga (m)

x = tramo de la barra donde se calcula el momento (m)

M_z = Momento flector en el punto de la viga que se considere (kN·m).

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Aplicando la Ec.A.1.1 resulta:

$$M_z = \frac{81,340(kN)}{2} \cdot (4 - 2)(m) = 81,340 (kN \cdot m)$$

Una vez calculado el momento en el punto más desfavorable de la viga, se utiliza la Ec.A.1.2 para calcular el módulo resistente a la sección (W_x)

$$W_x = \frac{M_z \cdot 1,5}{f_{yd}} \quad (\text{Ec.A.1.2})$$

Donde:

W_x = Módulo resistente a la sección, respecto a x (mm^3).

M_z = Momento flector en el punto de la viga que se considere ($\text{N} \cdot \text{mm}$).

f_{yd} = resistencia de cálculo del acero (N/mm^2).

El valor de f_{yd} es de $262 \text{ N}/\text{mm}^2$. El valor de 1,5 es el factor de seguridad, para asegurar que en la viga soporte las condiciones establecidas.

Antes de usar la Ec.A.1.2 se convertirán las unidades del momento a $\text{N} \cdot \text{mm}$, para tener todas las variables con las mismas unidades.

$$M_z = 81,340(kN \cdot m) \cdot \frac{1000(N)}{1(kN)} \cdot \frac{1000(mm)}{1(m)} = 8,134 \cdot 10^7 (N \cdot mm)$$

Ahora si se puede utilizar la ecuación para calcular W_x .

$$W_x = \frac{8,134 \cdot 10^7 (N \cdot mm) \cdot 1,5}{262 \left(\frac{N}{\text{mm}^2}\right)} = 465.687,023 (\text{mm}^3) = 465,687 (\text{cm}^3)$$

Una vez calculado W_x , se mira en la tabla de la *Figura A.1.4* el primer perfil IPE cuyo valor sea el de W_x o mayor, y ese será el perfil IPE que se utilizará. Por lo tanto, si se mira la *Figura A.1.4* el perfil IPE que cumple con esta condición es el perfil IPE 300, por lo que será el tipo de viga que se utilizará en la estructura. En la *Figura A.1.5* se muestra las dimensiones que tendrá la viga. Todas las unidades mostradas se encuentran en milímetros.

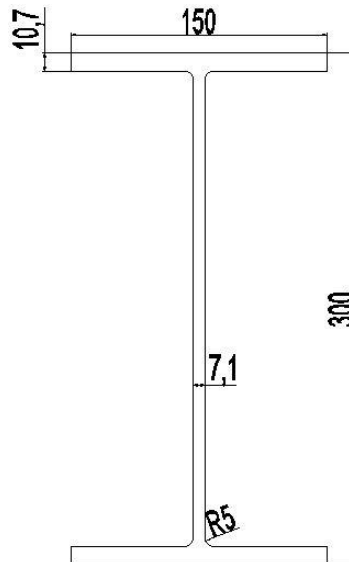


Figura A.1.5. Dimensiones de la viga (IPE 300).

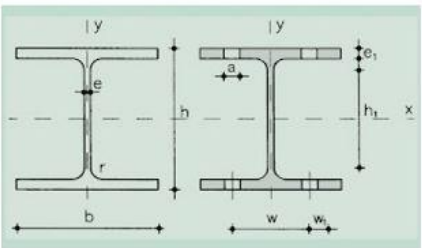
1.2.3. Cálculo del perfil HEB y sección de los pilares.

Para la selección de los pilares verticales se utilizarán los perfiles HEB. Se denomina perfil HEB, o perfil de alas anchas y caras paralelas, al producto cuya sección tiene forma de H.

Estos perfiles son designados por las letras HEB, seguidas de un número que indica la altura total nominal (h) del perfil base HEB, expresada en milímetros.

Para los perfiles de altura nominal del perfil HEB igual o inferior a 300 mm, la anchura de las alas (b) es igual a la altura h . Para los perfiles de $h > 300$ mm, la anchura de las alas es igual a 300 mm. En la *Figura A.1.6* se muestra una tabla donde se recogen los perfiles HEB.

Perfiles HEB, HEA y HEM



A = Área de la sección
 S_x = Momento estático de media sección, respecto a X
 I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X
 $W_x = 2I_x : h$: Módulo resistente de la sección, respecto a X
 $i_x = \sqrt{I_x : A}$: Radio de giro de la sección, respecto a X
 I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y
 $W_y = 2I_y : b$: Módulo resistente de la sección, respecto a Y
 $i_y = \sqrt{I_y : A}$: Radio de giro de la sección, respecto a Y

I_t = Módulo de torsión de la sección
 I_a = Módulo de alabeo de la sección
u = Perímetro de la sección
a = Diámetro del agujero del roblón normal
w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros
 h_1 = Altura de la parte plana del alma
p = Peso por m

Perfil	Dimensiones							Términos de sección										Agujeros			Peso	
	h mm	b mm	e mm	e ₁ mm	r ₁ mm	h ₁ mm	u mm	A cm ²	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _t cm ⁴	I _a cm ⁶	w mm	w ₁ mm	a mm		p kg/m
HEB 100	100	100	6,0	10,0	12	56	567	26,0	52,1	450	90	4,16	167	33	2,53	9,34	3.375	55	—	13	20,4	P
HEB 120	120	120	6,5	11,0	12	74	686	34,0	82,6	864	144	5,04	318	53	3,06	14,90	9.410	65	—	17	26,7	P
HEB 140	140	140	7,0	12,0	12	92	805	43,0	123,0	1.509	216	5,93	550	79	3,58	22,50	22.480	75	—	21	33,7	P
HEB 160	160	160	8,0	13,0	15	104	918	54,3	177,0	2.492	311	6,78	889	111	4,05	33,20	47.940	85	—	23	42,6	P
HEB 180	180	180	8,5	14,0	15	122	1.040	65,3	241,0	3.831	426	7,66	1.363	151	4,57	46,50	93.750	100	—	25	51,2	P
HEB 200	200	200	9,0	15,0	18	134	1.150	78,1	321,0	5.696	570	8,54	2.003	200	5,07	63,40	171.100	110	—	25	61,3	P
HEB 220	220	220	9,5	16,0	18	152	1.270	91,0	414,0	8.091	736	9,43	2.843	258	5,59	84,40	295.400	120	—	25	71,5	P
HEB 240	240	240	10,0	17,0	21	164	1.380	106,0	527,0	11.259	938	10,30	3.923	327	6,08	110,00	486.900	90	35	25	83,2	P
HEB 260	260	260	10,0	17,5	24	177	1.500	118,4	641,0	14.919	1.150	11,20	5.135	395	6,58	130,00	753.700	100	40	25	93,0	P
HEB 280	280	280	10,5	18,0	24	196	1.620	131,4	767,0	19.270	1.380	12,10	6.595	471	7,09	153,00	1.130.000	110	45	25	103,0	P
HEB 300	300	300	11,0	19,0	27	208	1.730	149,1	934,0	25.166	1.680	13,00	8.563	571	7,58	192,00	1.688.000	120	50	25	117,0	P
HEB 320	320	300	11,5	20,5	27	225	1.770	161,3	1.070,0	30.823	1.930	13,80	9.239	616	7,57	241,00	2.069.000	120	50	25	127,0	P
HEB 340	340	300	12,0	21,5	27	243	1.810	170,9	1.200,0	36.656	2.160	14,60	9.690	646	7,53	278,00	2.454.000	120	50	25	134,0	P
HEB 360	300	300	12,5	22,5	27	261	1.850	180,6	1.340,0	43.193	2.400	15,50	10.140	676	7,49	320,00	2.883.000	120	50	25	142,0	P
HEB 400	400	300	13,5	24,0	27	298	1.930	197,8	1.620,0	57.680	2.880	17,10	10.819	721	7,40	394,00	3.817.000	120	50	25	155,0	P
HEB 450	450	300	14,0	26,0	27	344	2.030	218,0	1.990,0	79.887	3.550	19,10	11.721	781	7,33	500,00	5.258.000	120	50	25	171,0	P
HEB 500	500	300	14,5	28,0	27	390	2.120	238,6	2.410,0	107.176	4.290	21,20	12.624	842	7,27	625,00	7.018.000	120	45	28	187,0	C
HEB 550	550	300	15,0	29,0	27	438	2.220	254,1	2.800,0	136.691	4.970	23,20	13.077	872	7,17	701,00	8.856.000	120	45	28	199,0	C
HEB 600	600	300	15,5	30,0	27	486	2.320	270,0	3.210,0	171.041	5.700	25,20	13.530	902	7,08	783,00	10.965.000	120	45	28	212,0	C

Figura A.1.6. Perfiles HEB (ingemecanica.com).

Para el cálculo del perfil HEB a utilizar, primero se calculará el área de la sección de la columna, mediante la *Ec.A.1.3*.

$$A = \frac{N \cdot 1,5}{f_{yd}} \tag{Ec.A.1.3}$$

Donde:

N = Fuerza axil (N).

f_{yd} = resistencia de cálculo del acero (N/mm²).

El valor de N corresponde a la fuerza axil de la columna, calculada en el “Apartado 1.2.1. *Cálculo de las reacciones de las vigas y pilares*”. El valor de N es de 40,67 kN. El valor de f_{yd} es el mismo que el utilizado para calcular el perfil IPE (262 N/mm²). Ahora se procede a calcular el área:

$$A = \frac{40.670(N) \cdot 1,5}{262 \left(\frac{N}{\text{mm}^2} \right)} = 232,844 \text{ (mm}^2\text{)} = 0,233 \text{ (cm}^2\text{)}$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Una vez calculada el área de la columna, se mira en la *Figura A.1.6* el primer perfil HEB cuyo valor de A sea igual o mayor al calculado, y ese será el elegido. Por lo tanto, mirando la *Figura A.1.6*, el primer perfil de todos (HEB 100) cumple con creces con el valor de A calculado, por lo que será el escogido para las columnas de la estructura. En la *Figura A.1.7* se muestra las dimensiones del perfil HEB 100 utilizado en las columnas.

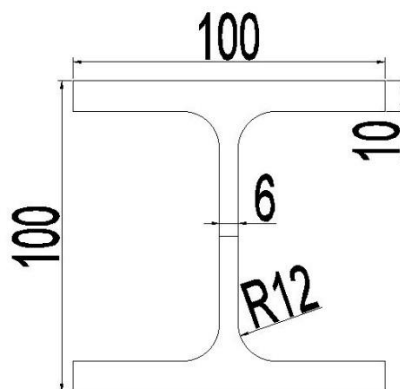


Figura A.1.7. Dimensiones de la columna (HEB 100)

1.2.4. Precio de la estructura metálica.

Para el precio de las vigas y pilares que compondrán la instalación, se utilizará el Instituto Valenciano de Edificación (IVE) como base de datos para determinar el precio de la estructura. En la *Figura A.1.8* se muestra una imagen de la web del IVE, en la cual se muestra el precio por kilo. Como se puede ver se utilizará acero S 275, con un grado de ductilidad JR, ya que son los que más se utilizan en acero estructural, el acero estará galvanizado y unido con soldaduras.

Suministro y montaje acero estructural en soportes y vigas

TIPO ACERO	GRADO DUCTILIDAD	FABRICACIÓN	SECCIÓN	PROTECCIÓN	MONTAJE
a <input type="radio"/> S 235	<input checked="" type="radio"/> JR	<input checked="" type="radio"/> laminado en caliente	<input checked="" type="radio"/> serie IPN, IPE, HEB, HEA, HEM, UPN	<input type="radio"/> imprimación	<input checked="" type="radio"/> soldado
b <input checked="" type="radio"/> S 275	<input type="radio"/> J0	<input type="radio"/> conformado en frío	<input type="radio"/> serie L, LD, T, red, cua, rect, chapa	<input checked="" type="radio"/> galvanizado	<input type="radio"/> atornillado
c <input type="radio"/> S 355	<input type="radio"/> J2		<input type="radio"/> huecos: red, cua, rect	<input type="radio"/> patinado (corten)	
d			<input type="radio"/> serie L, U, C, Z, omega, tb		

S 275
 JR
 laminado en caliente
 serie IPN, IPE, HEB, HEA, HEM, UPN
 galvanizado
 soldado

[Descargar Bc3](#)

EESA.1baaaba - kg - Suministro y montaje acero S 275 JR soldado e/soportes, vigas 2,10

Suministro de acero S 275JR, en perfil laminado en caliente serie IPN, IPE, HEB, HEA, HEM, UPN, UPE, U, acabado galvanizado, con montaje soldado en soportes y vigas de acero, incluso parte proporcional de cortes, piezas especiales y despuntes, según SE-A del CTE e Instrucción EAE.

Código	U.M.	Descripción	Rdto.	Precio	Importe
EEHE.1baaaba	kg	Suministro y montaje acero S 275 JR soldado	1,000	2,10	2,10

Figura A.1.8. Determinación del precio por kilo del acero (www.five.es).

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Como se puede ver en la *Figura A.1.8*, el precio del acero por kilo es de 2,10 €/kilo por lo que, conociendo el número de vigas y pilares, la longitud y sección de estas, y la densidad del acero (7.930 kg/m³), se puede calcular los kilos necesarios de acero a utilizar en la estructura, mediante la *Ec.A.1.4*.

$$Precio = n^{\circ} \text{ vigas} \cdot L_{\text{viga}} (m) \cdot A_{\text{perfil}} (m^2) \cdot \rho_{\text{acero}} \left(\frac{kg}{m^3} \right) \cdot Precio_{\text{acero}} \left(\frac{\text{€}}{kg} \right)$$

(Ec.A.1.4)

Precio de las vigas

Utilizando la *Ec.A.1.4* se determina el precio de las vigas de la estructura:

$$Precio_{\text{vigas}} = 4 \cdot 4(m) \cdot 5,38 \cdot 10^{-3} (m^2) \cdot 7930 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \cdot 2,10 \left(\frac{\text{€}}{kg} \right) = 1.711,06 (\text{€})$$

Precio de los pilares

Utilizando la *Ec.A.1.4* se determina el precio de las columnas de la estructura:

$$Precio_{\text{columnas}} = 4 \cdot 4(m) \cdot 2,60 \cdot 10^{-3} (m^2) \cdot 7.930 \left(\frac{kg}{m^3} \right) \cdot 2,10 \left(\frac{\text{€}}{kg} \right) = 692,77 (\text{€})$$

Precio del forjado

Teniendo en cuenta que el metro cuadrado de forjado de hormigón armado cuesta 75 €/m², y la plataforma de la estructura tendrá 16 m² (4·4), el precio del forjado será:

$$Precio_{\text{forjado}} = 16 (m^2) \cdot 75 \left(\frac{\text{€}}{m^2} \right) = 1.200,00 \text{ €}$$

Precio de la conducción

La conducción será de acero con un diámetro de 15,2 centímetros, espesor de 5 mm y una longitud de 1,1 metros. El precio de la conducción está recogido en el “*Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas, Apartado 4.10*”, siendo de 20,86 €/m. Por lo tanto, el precio de la conducción será de:

$$Precio_{\text{conducción}} = 1,1 (m) \cdot 20,86 \left(\frac{\text{€}}{m} \right) = 22,95 \text{ €}$$

Con todos estos datos, se construye la *Tabla A.1.19* donde se muestra el precio final de la estructura. El precio final será la suma de todos los precios por separado.

Tabla A.1.19. Precio final de la estructura metálica.

Elemento	Precio (€)
Vigas	1.711,06
Columnas	692,77
Forjado	1.200,00
Conducción	22,95
TOTAL = 3.626,78 €	

1.3 Cálculo de las conducciones de la instalación.

1.3.1. Transporte neumático.

Para el sistema de clasificación, compuesto por el molino, ciclón, filtro de mangas y tamiz, es necesario el uso de conducciones para poder transportar el producto de un equipo a otro. Por ello, es necesario el uso de aire a presión para poder transportar la mezcla.

En la industria, se utilizan dos tipos de transportes:

- Transporte en fase diluida.
- Transporte en fase densa.

En la *Tabla A.1.20* se muestra las principales características de los dos transportes.

Tabla A.1.20. Principales características del transporte en fase diluida y fase densa.

Propiedades	Transporte en fase diluida	Transporte en fase densa
Velocidad de gas (m/s)	20	1-5
Concentración de sólidos (% en volumen)	<1	>30
$\frac{\Delta P}{L}$ (mbar/m)	5	>20

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

El tipo de transporte escogido para el sistema de conducciones de la instalación es el transporte en fase diluida, debido a que es el método más conocido, y se caracteriza por tener velocidades de gas altas (20 m/s), una baja concentración de sólidos (<1%), y caídas de presión relativamente bajas (5 mbar/m). El transporte en fase diluida no admite caudales mayores a 10 t/h, lo cual no habrá problema debido a que las cuatro líneas de producción tienen una capacidad de 1.500 kg/h.

Para obtener la caída de presión de la línea de transporte, hay que plantear el balance de energía mecánica para el sistema. En la *Figura A.1.9* se puede ver la sección diferencial de una tubería.

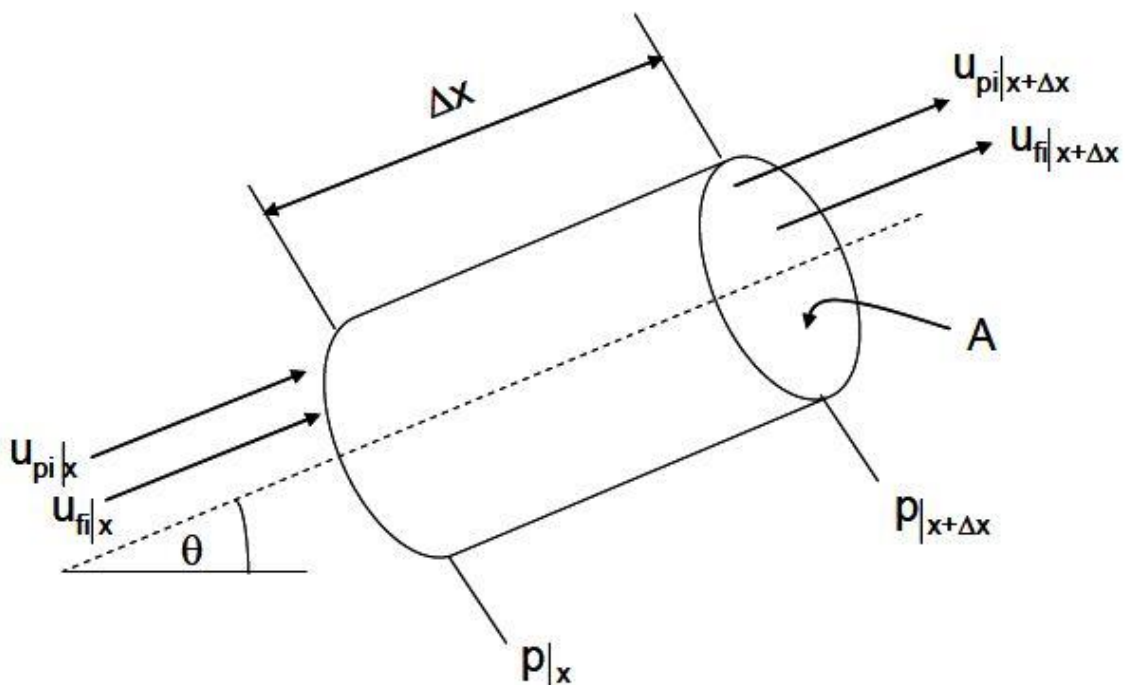


Figura A.1.9. Sección de una línea de transporte. Adaptado de Rhodes (2003).

Haciendo un balance de energía mecánica en estado estacionario (asumiendo densidad y porosidad constante) e integrando resulta:

$$P_1 - P_2 = \underbrace{\frac{1}{2} \epsilon \rho_f U_{fi}^2}_{(1)} + \underbrace{\frac{1}{2} (1 - \epsilon) \rho_p U_{pi}^2}_{(2)} + \underbrace{F_{fw} L}_{(3)} + \underbrace{F_{pw} L}_{(4)} + \underbrace{(1 - \epsilon) L \rho_p g \text{sen}(\theta)}_{(5)} + \underbrace{\epsilon L \rho_f \text{sen}(\theta)}_{(6)} = 0 \quad (\text{Ec.A.1.5})$$

La *Ec.A.1.5* indica que la caída de presión en un tramo de línea recta que transporta sólidos está dada por los siguientes componentes:

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

1. Pérdida de carga por aceleración del gas.
2. Pérdida de carga por aceleración de los sólidos.
3. Pérdida de carga debido a la fricción del gas con la pared.
4. Pérdida de carga debido a la fricción de los sólidos con la pared.
5. Pérdida de carga por la energía potencial de los sólidos.
6. Pérdida de carga por la energía potencial del gas.

En cada línea de producción de la instalación, habrá cuatro tramos de conducciones:

Tramo 1: Desde la tolva hasta el molino

Tramo 2: Desde el molino hasta el ciclón.

Tramo 3: Desde el ciclón hasta el filtro de mangas.

Tramo 4: Desde el tamiz hasta la conducción del tramo 1.

Por lo que se calculará la caída de presión de cada tramo para saber que soplante utilizar en la instalación.

Ahora se procederá a calcular la caída de presión en el tramo 2 ya que es el único que tiene tramos horizontales y verticales. Una vez mostrado el procedimiento utilizado para el cálculo de la pérdida de carga en el tramo 2, se mostrarán los resultados obtenidos para los tramos restantes.

1.3.2. Cálculo de la caída de presión en el tramo 2.

En la *Tabla A.1.21* se recogen todos los datos necesarios para el cálculo de la caída de presión.

El caudal de producto que sale del molino es de 1.570 kg/h. La concentración del sólido será del 1 %. El tamaño de partícula que se utiliza para el cálculo de la caída de presión corresponde a la mediana, y su valor se ha estimado en 45 μm , usando los datos técnicos del molino. La densidad de la pintura en polvo se encuentra en el rango de 1.300-1.900 kg/m^3 , y se ha decidido utilizar 1.500 kg/m^3 para los cálculos. Las condiciones de aire que se utilizará en las conducciones serán estándar, por lo que se utilizarán los valores de la densidad y viscosidad del aire a 25 °C y 1 atmósfera de presión. Las longitudes de los tramos horizontales y verticales son de 3 y 5 metros respectivamente. Los accidentes del tramo 2

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

serán un codo de 90° de media curvatura, y una entrada ligeramente redondeada. Por último, en cuanto al diámetro de la conducción, se utilizarán cinco diámetros distintos, y se determinará la velocidad del gas, y la caída de presión para cada diámetro, y se utilizará el que más se aproxime a 20 m/s, y que no supere la caída de presión máxima permisible. Los diámetros seleccionados están proporcionados por la empresa CHINCHURETA, así como el material del que está constituido las conducciones será de acero inoxidable. Se ha optado por este material en vez de acero galvanizado debido a que no habrá ningún tipo de conducción de fluidos por las conducciones, ya que todos los componentes son sólidos. En cuanto al tamaño de partícula, corresponde a la mediana, el cual viene dado por las características de los equipos.

Tabla A.1.21. Datos para el cálculo de la caída de presión del tramo 2.

Término	Unidad	Valor				
Caudal másico producto	kg/s	0,436				
Concentración sólido	% en volumen	1				
Tamaño partícula (x)	m	$45 \cdot 10^{-6}$				
Densidad partícula (ρ_p)	kg/m ³	1.500				
Densidad aire (ρ_f)	kg/m ³	1,2				
Viscosidad aire (μ)	Pa·s o kg/m·s	$1,84 \cdot 10^{-5}$				
Gravedad (g)	m ² /s	9,8				
L horizontal	m	3				
L vertical	m	5				
Codo 90°	Uds.	1				
Entrada lig. redondeada	Uds.	1				
Diámetro conducción (D)	M	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778

Los pasos a seguir para el cálculo de la caída de presión son los siguientes:

Cálculo de la sección de la tubería.

Para el cálculo de la sección de la tubería se utilizará la *Ec.A.1.6*.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

$$S = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad (\text{Ec.A.1.6})$$

En la *Tabla A.1.22* se muestran las secciones para cada diámetro dado.

Tabla A.1.22. Cálculo de la sección de la conducción.

Sección de la conducción					
D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
A (m ²)	5,027·10 ⁻³	7,854·10 ⁻³	1,227·10 ⁻²	1,81·10 ⁻²	2,483·10 ⁻²

Cálculo de la velocidad del gas.

Para el cálculo de la velocidad del gas, primero se determinará la velocidad de saltación, la cual es la velocidad a la cual las partículas sedimentan. Para asegurar que haya conducción de los sólidos se recomienda dar un margen de seguridad del 50 %, por lo que las ecuaciones a utilizar para el cálculo de la velocidad del gas serán las siguientes:

$$\frac{m_p}{\rho_f u_{SALT} A} = \left[\frac{1}{10^{(1.440X+1.96)}} \right] \left(\frac{u_{SALT}}{\sqrt{gD}} \right)^{(1.100X+2,5)} \quad (\text{Ec.A.1.7})$$

$$U_f = 1,5 \cdot U_{SALT} \quad (\text{Ec.A.1.8})$$

La *Tabla A.1.23* recoge los valores de U_f para cada diámetro.

Tabla A.1.23. Cálculo de la velocidad del gas.

D(m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
A (m ²)	5,03·10 ⁻³	7,85·10 ⁻³	1,23·10 ⁻²	1,81·10 ⁻²	2,48·10 ⁻²
U _{SALT} (m/s)	11,372	10,866	10,371	9,976	9,657
U _f (m/s)	17,058	16,299	15,557	14,964	14,486

A priori, el diámetro más adecuado sería la tubería de 8 cm de diámetro, ya que es el diámetro cuya velocidad del gas mas se aproxima a 20 m/s. Aun así, ahora se determinará la caída de presión total para cada diámetro y se escogerá el que tenga una velocidad de gas mas aproximada a 20 m/s, y la caída de presión no supere la máxima permisible.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Cálculo de la caída de presión en el tramo horizontal.

Para el cálculo de la caída de presión en el tramo horizontal se utilizará la *Ec.A.1.5*. Al ser el tramo horizontal, el ángulo es 0, por lo que los términos (5) y (6) serán igual a 0. La longitud del tramo horizontal es de 3 metros.

Para determinar la caída de presión del tramo horizontal se calcularán todos los términos necesarios:

Cálculo de la velocidad intersticial de la partícula (U_{pi})

Para el cálculo de U_{pi} se utilizará la *Ec.A.1.9*.

$$U_{pi} = U_f \cdot (1 - 0,0638 \cdot x^{0,3} \cdot \rho_p^{0,5}) \quad (\text{Ec.A.1.9})$$

En la *Tabla A.1.24* se encuentran los valores de U_{pi} para cada diámetro.

Tabla A.1.24. Valores de U_{pi} .

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
U_f (m/s)	17,058	16,299	15,557	14,964	14,486
U_{pi} (m/s)	15,038	14,369	13,714	13,192	12,770

Cálculo de la porosidad (ϵ).

Mediante la *Ec.A.1.10* se calculará la porosidad.

$$\epsilon = 1 - \frac{m_p}{A \cdot U_{pi} \cdot \rho_p} \quad (\text{Ec.A.1.10})$$

La *Tabla A.1.25* recoge los valores de la porosidad para cada diámetro dado.

Tabla A.1.25. Valores de la porosidad.

D(m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
U_{pi} (m/s)	15,038	14,369	13,714	13,192	12,770
ϵ	0,9962	0,9974	0,9983	0,9988	0,9991

Cálculo de la velocidad intersticial del fluido (U_{fi}).

Para calcular U_{fi} se utilizará la *Ec.A.1.11*.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

$$U_{fi} = \frac{m_p}{A \cdot \varepsilon} = \frac{U_f}{\varepsilon} \quad (\text{Ec.A.1.11})$$

En la *Tabla A.1.26* se recogen los valores de U_{fi} para cada diámetro.

Tabla A.1.26. Valores de U_{fi} .

D(m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
U_f (m/s)	17,058	16,299	15,557	14,964	14,486
ε	0,9962	0,9974	0,9983	0,9988	0,9991
U_{fi} (m/s)	17,124	16,341	15,583	14,982	14,499

Cálculo de la pérdida de carga debido a la fricción del gas con la pared ($F_{fw}L$), término (3) de la *Ec.A.1.5*.

Para el cálculo de $F_{fw}L$ se utilizará la *Ec.A.1.12*.

$$F_{fw}L = \frac{2 \cdot f \cdot \rho_f \cdot U_f^2 \cdot L_{horizontal}}{D} \quad (\text{Ec.A.1.12})$$

El término f se calcula teniendo en cuenta el valor del Reynolds (Re).

$$\text{Si } Re \leq 2 \cdot 10^3 \quad f = 16/Re$$

$$\text{Si } 2 \cdot 10^3 < Re \leq 2 \cdot 10^4 \quad f = 0,079 \cdot Re_D^{-0,25}$$

$$\text{Si } Re > 2 \cdot 10^4 \quad f = 0,046 \cdot Re_D^{-1/5}$$

El término Reynolds se calcula mediante la *Ec.A.1.13*.

$$Re_D = \frac{\rho_f \cdot U_f \cdot D}{\mu} \quad (\text{Ec.A.1.13})$$

Por lo que primero se determinará el valor de Reynolds. Con el valor obtenido del Reynolds se calculará el término f , y con estos dos términos se calculará el valor de $F_{fw}L$. En la *Tabla A.1.27* se recogen los valores de $F_{fw}L$ para cada diámetro.

Tabla A.1.27. Valores de $F_{fw}L$.

D(m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
U_f (m/s)	17,058	16,299	15,557	14,964	14,486
Re	88.998,261	106.297,826	126.819,293	148.338,783	167.968,820
f	$4,71 \cdot 10^{-3}$	$4,54 \cdot 10^{-3}$	$4,39 \cdot 10^{-3}$	$4,25 \cdot 10^{-3}$	$4,15 \cdot 10^{-3}$
$F_{fw}L$ (Pa)	123,305	86,918	61,146	45,091	35,235

Cálculo de la pérdida de carga debido a la fricción de los sólidos con la pared ($F_{pw}L$), término (4) de la *Ec.A.1.5*.

Para el cálculo de $F_{pw}L$ se utilizará la *Ec.A.1.14*.

$$F_{pw}L = \frac{2 \cdot f_p \cdot (1-\varepsilon) \cdot \rho_p \cdot U_{pi}^2 \cdot L_{vertical}}{D} \quad (\text{Ec.A.1.14})$$

Para el cálculo de f se ha de tener en cuenta el Reynolds (Re), y el coeficiente de arrastre (C_D).

$$\text{Si } Re_p < 1 \quad C_D = 24/Re_p$$

$$\text{Si } 1 < Re_p < 500 \quad C_D = 18,5 \cdot Re_p^{-0,6}$$

$$\text{Si } 500 > Re_p < 2 \cdot 10^5 \quad C_D = 0,44$$

El Reynolds de la partícula (Re_p) se calcula mediante la *Ec.A.1.15*.

$$Re_p = \frac{\rho_f \cdot (U_{fi} - U_{pi}) \cdot x}{\mu} \quad (\text{Ec.A.1.15})$$

El factor f_p se calcula mediante la *Ec.A.1.16*.

$$f_p = \frac{3 \cdot p_f \cdot D}{8 \cdot \rho_p \cdot x} \cdot C_D \cdot \left(\frac{U_{fi} - U_{pi}}{U_{pi}} \right)^2 \quad (\text{Ec.A.1.16})$$

Los pasos a seguir para el cálculo de $F_{pw}L$ serán los siguientes:

- Calcular el valor de Re_p .
- Calcular el valor de C_D .
- Calcular el valor de f_p .
- Calcular el valor de $F_{pw}L$.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

En la *Tabla A.1.28* se recogen los valores de F_{pwL} para cada diámetro.

Tabla A.1.28. Valores de F_{pwL} .

D (m)	0,080	0,10	0,125	0,152	0,1778
U_{fi} (m/s)	17,124	16,341	15,583	14,982	14,499
U_{pi} (m/s)	15,038	14,369	13,714	13,192	12,770
Re_p	5,442	5,146	4,877	4,671	4,510
C_D	6,694	6,923	7,150	7,337	7,493
f_p	0,0773	0,0979	0,1245	0,1541	0,1832
ε	0,9962	0,9974	0,9983	0,9988	0,9991
F_{pwL} (Pa)	7.562,119	5.853,826	4.551,278	3.663,077	3.080,316

Cálculo de la pérdida de carga por aceleración del gas, término (1) de la *Ec.A.1.5*.

Para el cálculo del término (1) se utilizará la *Ec.A.1.17*.

$$\frac{1}{2} \varepsilon \cdot \rho_f \cdot U_{fi}^2 \quad (\text{Ec.A.1.17})$$

La *Tabla A.1.29* recoge los valores del término (1) para cada diámetro.

Tabla A.1.29. Valores del término (1).

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
ε	0,9962	0,9974	0,9983	0,9988	0,9991
U_{fi} (m/s)	17,124	16,341	15,583	14,982	14,499
(1) (Pa)	175,259	159,806	145,454	134,516	126,013

Cálculo de la pérdida de carga por aceleración de los sólidos, término (2) de la *Ec.A.1.5*.

Mediante la *Ec.A.1.18* se calculará el término (2).

$$\frac{1}{2} (1 - \varepsilon) \cdot \rho_p \cdot U_{pi}^2 \quad (\text{Ec.A.1.18})$$

En la *Tabla A.1.30* se recogen los valores del término (2) para cada diámetro.

Tabla A.1.30. Valores del término (2).

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
ε	0,9962	0,9974	0,9983	0,9988	0,9991
U_{pi} (m/s)	15,038	14,369	13,714	13,192	12,770
(2) (Pa)	652,182	398,824	243,620	158,482	112,122

Finalmente, determinados los cuatro términos necesarios de la *Ec.A.1.5*, la caída de presión en el tramo horizontal será la suma de los cuatro términos calculados. La *Ec.A.1.19* muestra el cálculo de la caída de presión en el tramo horizontal.

$$\Delta p_{\text{horizontal}} = (1) + (2) + (3) + (4) \quad (\text{Ec.A.1.19})$$

En la *Tabla A.1.31* se recogen los valores de los 4 términos y el valor de la caída de presión horizontal total para cada diámetro dado.

Tabla A.1.31. Valores de la caída de presión en el tramo horizontal.

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
(1) (Pa)	175,259	159,806	145,454	134,516	126,013
(2) (Pa)	652,182	398,824	243,620	158,482	112,122
(3) (Pa)	123,305	86,918	61,146	45,091	35,235
(4) (Pa)	7.562,119	5.853,826	4.551,278	3.663,077	3.080,316
$\Delta P_{\text{horizontal}}$ (Pa)	8.512,865	6.499,374	5.001,497	4.001,166	3.353,686

Cálculo de la caída de presión en el tramo vertical.

Para el cálculo de la caída de presión en el tramo vertical se utilizará la *Ec.A.1.5*, la misma que para el cálculo de la caída de presión del tramo horizontal. En este caso los términos (1) y (2) serán despreciables, ya que son mucho más dominantes en el transporte horizontal que en el vertical. Para determinar la caída de presión del tramo vertical se calcularán todos los términos necesarios:

Cálculo de la pérdida de carga debido a la fricción del gas con la pared ($F_{fw}L$), término (3) de la *Ec.A.1.5*.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Para el cálculo de $F_{fw}L$ se utiliza la misma ecuación que para el término (3) de la caída de presión en el tramo horizontal, solo que en vez de usar la $L_{horizontal}$, se utilizará la $L_{vertical}$. La longitud del tramo vertical es de 5 metros.

$$F_{fw}L = \frac{2 \cdot f \cdot \rho_f \cdot U_f^2 \cdot L_{vertical}}{D} \quad (\text{Ec.A.1.20})$$

En la *Tabla A.1.32* se muestran los valores de $F_{fw}L$ para cada diámetro.

Tabla A.1.32. Valores de $F_{fw}L$.

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
$F_{fw}L$ (Pa)	205,508	144,863	101,910	75,152	58,726

Cálculo de la pérdida de carga debido a la fricción de los sólidos con la pared ($F_{pw}L$), término (4) de la *Ec.A.1.5*

Para el cálculo del término (4) se utilizará la *Ec.A.1.21*.

$$F_{pw}L = 0,057 \cdot G \cdot L_{vertical} \sqrt{\frac{g}{D}} \quad (\text{Ec.A.1.21})$$

El flujo másico de sólidos por unidad de área (G) se calcula mediante la *Ec.A.1.22*.

$$G = \frac{m_p}{A} \quad (\text{Ec.A.1.22})$$

La *Tabla A.1.33* recoge los valores del término (4) para cada diámetro.

Tabla A.1.33. Valores de $F_{pw}L$.

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
A (m ²)	0,00503	0,00785	0,01223	0,01810	0,02480
G (kg/m ² ·s)	86,739	55,513	35,528	24,028	17,560
$F_{pw}L$ (Pa)	273,608	156,623	89,656	54,985	37,156

Cálculo de la pérdida de carga por la energía potencial de los sólidos, término (5) de la *Ec.A.1.5*.

Para el cálculo del término (5), se utiliza la *Ec.A.1.23*.

$$(1 - \varepsilon) \cdot L_{vertical} \cdot \rho_p \cdot g \quad (\text{Ec.A.1.23})$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

La *Tabla A.1.34* muestra los valores del término (5) para cada diámetro.

Tabla A.1.34. Valores del término (5).

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
ε	0,9962	0,9974	0,9983	0,9988	0,9991
(5) (Pa)	282,638	189,312	126,942	89,249	67,382

Cálculo de la pérdida de carga por la energía potencial del gas, término (6) de la *Ec.A.1.5*.

Para el cálculo del término (6), se utiliza la *Ec.A.1.24*.

$$\varepsilon \cdot L_{\text{vertical}} \cdot \rho_f \cdot g \quad (\text{Ec.A.1.24})$$

La *Tabla A.1.35* muestra los valores del término (6) para cada diámetro.

Tabla A.1.35. Valores del término (6).

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
ε	0,9962	0,9974	0,9983	0,9988	0,9991
(6) (Pa)	58,574	58,649	58,698	58,729	58,746

Finalmente, determinados los cuatro términos necesarios de la *Ec.A.1.5*, la caída de presión en el tramo vertical será la suma de los cuatro términos calculados. La *Ec.A.1.25* muestra el cálculo de la caída de presión en el tramo horizontal.

$$\Delta p_{\text{vertical}} = (3) + (4) + (5) + (6) \quad (\text{Ec.A.1.25})$$

En la *Tabla A.1.36* se recogen los valores de los 4 términos y el valor de la caída de presión vertical total para cada diámetro dado.

Tabla A.1.36. Valores de la caída de presión en el tramo vertical.

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
(3) (Pa)	205,508	144,863	101,910	75,152	58,726
(4) (Pa)	273,608	156,623	89,656	54,985	37,156
(5) (Pa)	282,638	189,312	126,942	89,249	67,382
(6) (Pa)	58,574	58,649	58,698	58,729	58,746
$\Delta P_{\text{vertical}}$ (Pa)	820,329	549,446	377,207	278,115	222,009

Cálculo de la caída de presión en los accidentes.

Los accidentes del tramo 2 son:

- Codo de 90° de media curvatura.
- Entrada ligeramente redondeada.

Para el cálculo de la caída de presión del codo de 90°, se calcula gráficamente la longitud equivalente (L_{eq}), utilizando la *Figura A.1.10*. En ella se traza una línea recta que une el tipo de accidente que se desea calcular y el diámetro de la conducción. El valor de L_{eq} será el punto de corte de la línea trazada con la línea donde se encuentran los valores de la longitud equivalente. Para el cálculo de L_{eq} se considerará que el codo de 90° corresponde a un codo de media curvatura y reducción de $\frac{1}{4}$. Una vez conocida la L_{eq} se calcula la pérdida de carga del codo mediante la *Ec.A.1.26*.

$$\Delta P_{\text{accidente}} = n^{\circ}_{\text{accidentes}} \cdot L_{eq} \cdot \frac{\Delta P_{\text{vertical}}}{L_{\text{vertical}}} \quad (\text{Ec.A.1.26})$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

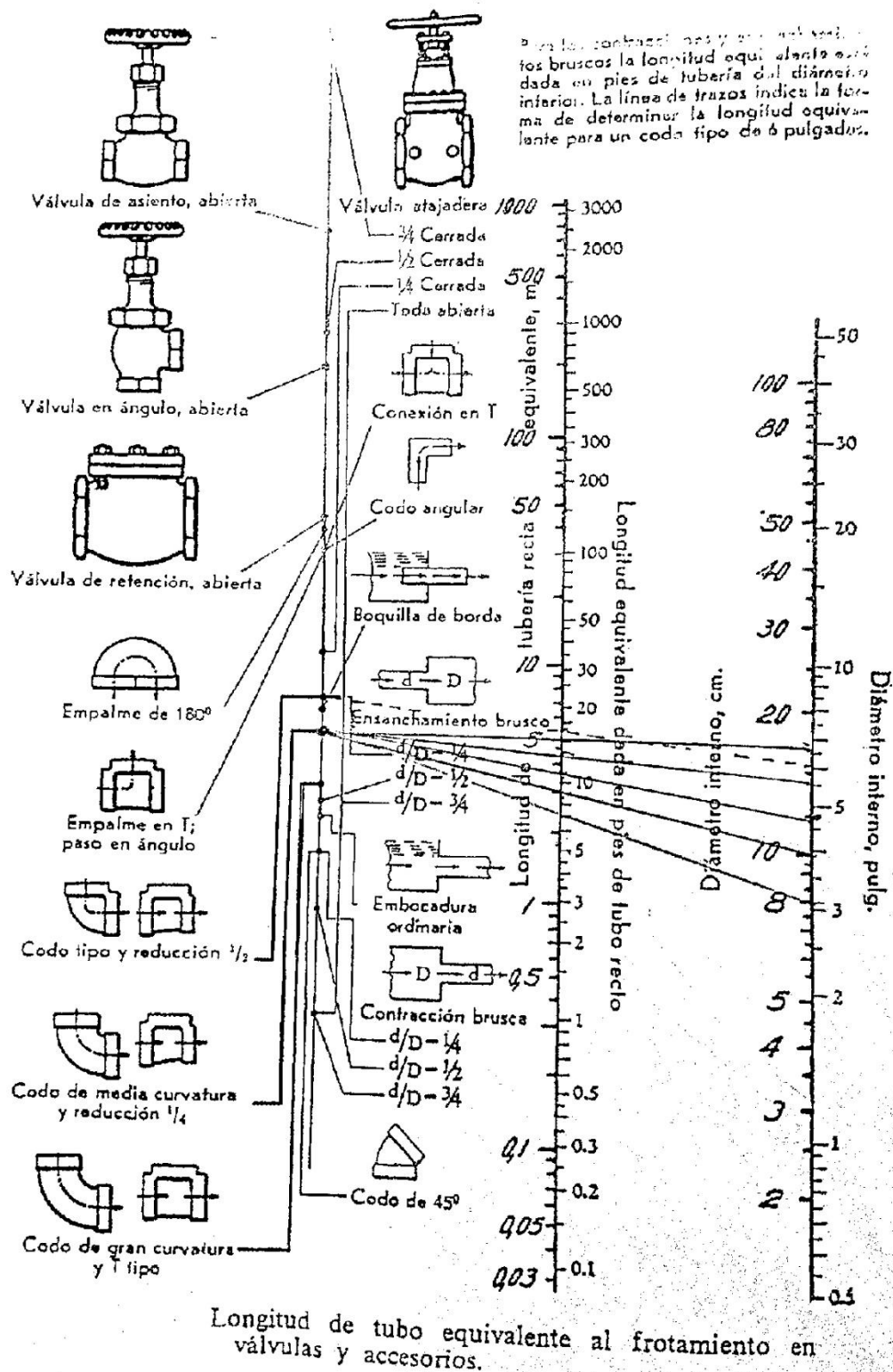


Figura A.1.10. Cálculo de la longitud equivalente de los accidentes (Apuntes de la asignatura EQ 1019, "Mecánica de Fluidos").

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

En la *Tabla A.1.37* se muestran los valores de la longitud equivalente para cada diámetro, utilizando la *Figura A.1.10*, y los valores de la caída de presión del accidente para cada diámetro.

Tabla A.1.37. Valores de la caída de presión del codo de 90°.

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
L _{eq} (m)	2,134	2,743	3,658	4,267	5
$\Delta P_{\text{accidente 1}}$ (Pa)	350,116	301,426	275,964	237,343	222,009

Para el cálculo de la caída de presión de la entrada ligeramente redondeada, se hará uso de la *Ec.A.1.27*.

$$\Delta P = K \cdot U_f^2 / 2 \quad (\text{Ec.A.1.27})$$

El valor de K se encuentra en la *Figura A.1.11*, siendo K=0,23.

Valores de K, de la ecuación $\Sigma F = K \cdot \frac{V^2}{2}$, para distintos accidentes.

accidente	k	velocidad	grafico
ensanchamiento	$\left[1 - \frac{D_1^2}{D_2^2}\right]^2$	Medida en el tubo estrecho V_1	
estrechamiento	.	.	
Entradas		La del tubo	
-encañonada	0,78	.	
-cantos vivos	0,50	.	
-ligeramente redondeada	0,23	.	
-bien redondeada (de boquilla)	0,04	.	
Salidas		.	
- encañonada	1,00	.	
- cantos vivos	1,00	.	
- redondeada	1,00	.	
Codo de 45° standard	0,35	.	
Codo de 45° gran curvatura	0,20	.	
Codo de 90° standard	0,75	.	
Codo de 90° gran curvatura	0,45	.	
Codo de 90° pequeña curvatura	1,3	.	
Codo de 180°	1,5	.	
T standard		La del tubo	
- con la bifurcación cerrada	0,4	.	
- usado como codo	1,0	La de la corriente principal	
- como división del caudal	1,0	.	
Unión roscada	0,04	La del tubo	
Manguito de unión	0,04	.	
Válvula de compuerta		.	
- abierta	0,17	.	
- ¼ abierta	0,90	.	
- ½ abierta	4,5	.	
- ¾ abierta	24,0	.	
Válvula de diafragma		.	
- abierta	2,3	.	
- ¼ abierta	2,6	.	
- ½ abierta	4,3	.	
- ¾ abierta	21,0	.	

Figura A.1.11. Valores de K de los accidentes (Apuntes de la asignatura EQ 1019, “Mecánica de Fluidos”).

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

En la *Tabla A.1.38* se recogen los valores de la caída de presión de la entrada ligeramente redondeada, para cada diámetro.

Tabla A.1.38. Valores de la caída de presión para la entrada ligeramente redondeada.

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
$\Delta P_{\text{accidente 2}}$ (Pa)	33,462	30,551	27,831	25,751	24,130

La *Ec.A.1.28* muestra que la caída de presión total de los accidentes será la suma de las dos.

$$\Delta P_{\text{accidentes}} = \Delta P_{\text{acc 1}} + \Delta P_{\text{acc 2}} \quad (\text{Ec.A.1.28})$$

Los valores de la caída de presión total de los accidentes para cada diámetro están recogidos en la *Tabla A.1.39*.

Tabla A.1.39. Valores de la caída de presión total de los accidentes.

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
$\Delta P_{\text{accidente 1}}$ (Pa)	350,116	301,426	275,964	237,343	222,009
$\Delta P_{\text{accidente 2}}$ (Pa)	33,462	30,551	27,831	25,751	24,130
$\Delta P_{\text{accidentes}}$ (Pa)	383,578	331,976	303,795	263,094	246,140

Cálculo de la caída de presión total del tramo 2.

Por último, la caída de presión total del tramo 2, será la suma de:

- Caída de presión en el tramo horizontal.
- Caída de presión en el tramo vertical.
- Caída de presión de los accidentes.

La *Ec.A.1.29* muestra el cálculo de la caída de presión total.

$$\Delta P_{\text{total}} = \Delta P_{\text{horizontal}} + \Delta P_{\text{vertical}} + \Delta P_{\text{accidentes}} \quad (\text{Ec.A.1.29})$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Por último, la caída de presión total usando la *Ec.A.1.29* dará el valor en pascales (Pa), y se transformará a mbar/m, para conocer si se supera la presión máxima admisible. La *Ec.A.1.30* muestra la forma de convertir pascales en mbar/m. La longitud total corresponde a la suma del tramo horizontal y vertical dando un valor de 8 m.

$$\frac{\Delta P_{\text{total}}}{L_{\text{total}}} \left(\frac{\text{mbar}}{\text{m}} \right) = \frac{\Delta P_{\text{total}}(\text{Pa})}{L_{\text{total}}(\text{m})} \times \frac{0,01(\text{mbar})}{1(\text{Pa})} \quad (\text{Ec.A.1.30})$$

En la *Tabla A.1.40* se muestran los valores de la caída de presión total para cada diámetro dado.

Tabla A.1.40. Valores de la caída de presión total para el tramo 2.

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
$\Delta P_{\text{horizontal}}$ (Pa)	8.512,865	6.499,374	5.001,497	4.001,166	3.353,686
$\Delta P_{\text{vertical}}$ (Pa)	820,329	549,446	377,207	278,115	222,009
$\Delta P_{\text{accidentes}}$ (Pa)	383,578	331,976	303,795	263,094	246,140
ΔP_{total} (Pa)	9.716,772	7.380,796	5.682,499	4.542,375	3.821,835
$\frac{\Delta P_{\text{total}}}{L_{\text{total}}}$ (mbar/m)	12,146	9,226	7,103	5,678	4,778

Viendo los resultados de la *Tabla A.1.40*, la caída de presión máxima permisible era de 5 mbar/m, por lo que el único diámetro que cumple con la condición es la conducción de 17,78 centímetros, cuyo valor es de 4,778 mbar/m. Por lo tanto, la conducción que se utilizará en el tramo 2 será la de 17,78 centímetros.

1.3.3. Cálculo de la caída de presión en los tramos 1, 3 y 4.

Respecto a los tramos 1, 3 y 4, el procedimiento para el cálculo de la caída de presión total es el mismo que para el tramo 2, por lo que se mostrará los resultados finales obtenidos para cada tramo. También decir que la caída de presión solo será calculada en los tramos horizontales, ya que la conducción en los verticales es hacia abajo, por lo que por gravedad se transportarán los componentes. En la *Tabla A.1.41* se muestran los datos iniciales necesarios para poder llevar a cabo todos los cálculos.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla A.1.41. Datos iniciales para el cálculo de la caída de presión.

Término	Unidad	Tramo 1		Tramo 3		Tramo 4	
Caudal másico producto	kg/s	0,436		0,0436		0,0194	
Concentración sólido	% en volumen	1					
Tamaño partícula (x)	m	$3,4 \cdot 10^{-3}$		$7 \cdot 10^{-6}$		$70 \cdot 10^{-6}$	
Densidad partícula (ρ_p)	kg/m ³	1.500					
Densidad aire (ρ_f)	kg/m ³	1,2					
Viscosidad aire (μ)	Pa·s o kg/m·s	$1,84 \cdot 10^{-5}$					
Gravedad (g)	m ² /s	9,8					
L horizontal	m	4		4		6	
L vertical	m	0,5		7		1,5	
L total	m	4,5		11		7,5	
Codo 90°	Uds	1		3		4	
Entrada lig. redondeada	Uds	1		1		0	
D	m	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778	

En las siguientes tablas se muestran los valores de la caída de presión total para cada tramo, y para cada diámetro dado.

Tabla A.1.42. Valores de la caída de presión total para el tramo 1.

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
ΔP_{total} (Pa)	1.870,382	1.495,031	1.289,384	1.124,198	1.064,800
$\frac{\Delta P_{total}}{L_{total}}$ (mbar/m)	4,156	3,322	2,865	2,498	2,366

Tabla A.1.43. Valores de la caída de presión total para el tramo 3.

D (m)	0,080	0,100	0,125	0,152	0,1778
ΔP_{total} (Pa)	11.298,330	7.390,968	4.924,910	3.497,920	2.713,749
$\frac{\Delta P_{total}}{L_{total}}$ (mbar/m)	10,271	6,719	4,477	3,180	2,467

Tabla A.1.44. Valores de la caída de presión total para el tramo 4.

D (m)	0,08	0,1	0,125	0,152	0,1778
ΔP_{total} (Pa)	442,172	399,458	395,274	383,641	395,459
$\frac{\Delta P_{total}}{L_{total}}$ (mbar/m)	0,590	0,533	0,527	0,512	0,527

Cabe mencionar que en ninguno de los tramos la velocidad del gas supera los 20 m/s, por lo que el diámetro al que más se aproxima la velocidad de 20 m/s es el de 8 centímetros. Por lo tanto, para elegir la mejor conducción para cada tramo, se mirará la caída de presión total en mbar/m, y se elegirá el diámetro más pequeño que cumpla con el requisito de que la caída de presión total por unidad de longitud no supere los 5 mbar/m. En la *Tabla A.1.45* se muestran los diámetros seleccionados para cada tramo.

Tabla A.1.45. Diámetros seleccionados para cada tramo.

Tramo	1	3	4
D (m)	0,08	0,125	0,08
ΔP_{total} (Pa)	1.870,382	4.924,910	442,172
$\frac{\Delta P_{total}}{L_{total}}$ (mbar/m)	4,156	4,477	0,590

1.3.4. Selección de los soplantes para impulsar los sólidos.

Para poder transportar los sólidos a través de las conducciones en el sistema de clasificación es necesario el uso de soplantes, que impulsen los sólidos de un tramo a otro. La concentración de sólidos en las conducciones será del 1% en volumen, por lo que el 99% restante será caudal de aire. La *Ec.A.1.31* muestra el cálculo del caudal total que deberá suministrar el soplante en cada tramo.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

$$Q_{m \text{ aire}} \left(\frac{m^3}{h} \right) = \frac{m_p \left(\frac{kg}{h} \right)}{\rho_p \left(\frac{kg}{m^3} \right)} \cdot 99 \quad (\text{Ec.A.1.31})$$

La *Tabla A.1.46* muestra los caudales de aire necesarios para cada conducción de la instalación, utilizando la *Ec.A.1.31*. Los datos del caudal másico de cada tramo son los utilizados para el cálculo de las conducciones de la instalación.

Tabla A.1.46. Caudal de aire necesario en cada tramo.

Tramo	1	2	3	4
m_p (kg/h)	1.570	1.570	157	70
ρ_p (kg/m ³)	1500			
$Q_{m \text{ aire}}$ (m ³ /h)	103,62	103,62	10,36	4,62

En la *Figura A.1.12* y *A.1.13* se muestra una parte del catálogo proporcionado por el fabricante (Idemur), en el que se muestran los diferentes modelos y las curvas de los soplantes. Conociendo el caudal de aire, y la caída de presión del tramo se puede seleccionar la curva más adecuada, y así seleccionar el modelo de soplante que más interese.

DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CURVA	KW	VOLTAJE V.	CONSUMO Amp.	CAUDAL m ³ /h	VACÍO mbar.	PRESIÓN mbar.	NIVEL SONORO Db.	PESO Kg.	Ø CONEX.
SKS 80	01507099	120	0,4	200-240/345-415	2,6/1,5	80	120	130	53	10	2"
SKS 140	04690799	130	0,7	200-240/345-415	3,8/2,2	105	120	130	54	12	2"
SKH 250	5052000099	140	1,3	200-240/345-415	6,6/3,8	210	170	170	64	20	2"
SKH 250	5052000199	141	1,8	200-240/345-415	7,5/4,3	210	200	190	64	21	2"
SKH 300	6052000199	150	2,2	200-240/345-415	10/5,6	270	230	250	67	27	2"
SKH 300	6062000199	151	3	200-240/345-415	12,5/7,2	318	270	290	69	34	2"
SKS 475	0919519	160	5,5	200-240/345-415	25,3/14,6	552	250	280	74	78	2"
SKS 550	0800119	170	7,5	345-415/600-720	17,3/10	552	310	390	74	82	2"
SKS 1000	08300999	180	13	345-415/600-720	27,15/6	1134	305	295	76	112	2"
SKS 80 2V	01913099	210	0,7	200-240/345-415	3,8/2,2	88	210	240	55	14	2"
SKS 156 2V	04695309	220	1,6	200-240/345-415	7,5/4,3	150	280	280	66	24	2"
SKS 156 2V	046952999	221	2,2	200-240/345-415	9,7/5,6	150	330	440	66	27	2"
SKS 222 2V	0481619	230	3	220-240/380-415	12,5/7,2	222	345	410	72	39	2"
SKS 400 2V	0665009	240	4	220-240/380-415	15,6/9	312	370	350	75	55	2"
SKS 475 2V	0919529	241	5,5	220-240/345-415	25,3/14,6	312	470	530	75	72	2"
SKH 570 2V	08001199	251	13	345-415/600-720	27/15,6	576	450	600	76	142	2"

Figura A.1.12. Diferentes modelos de soplantes (www.idemur.com).

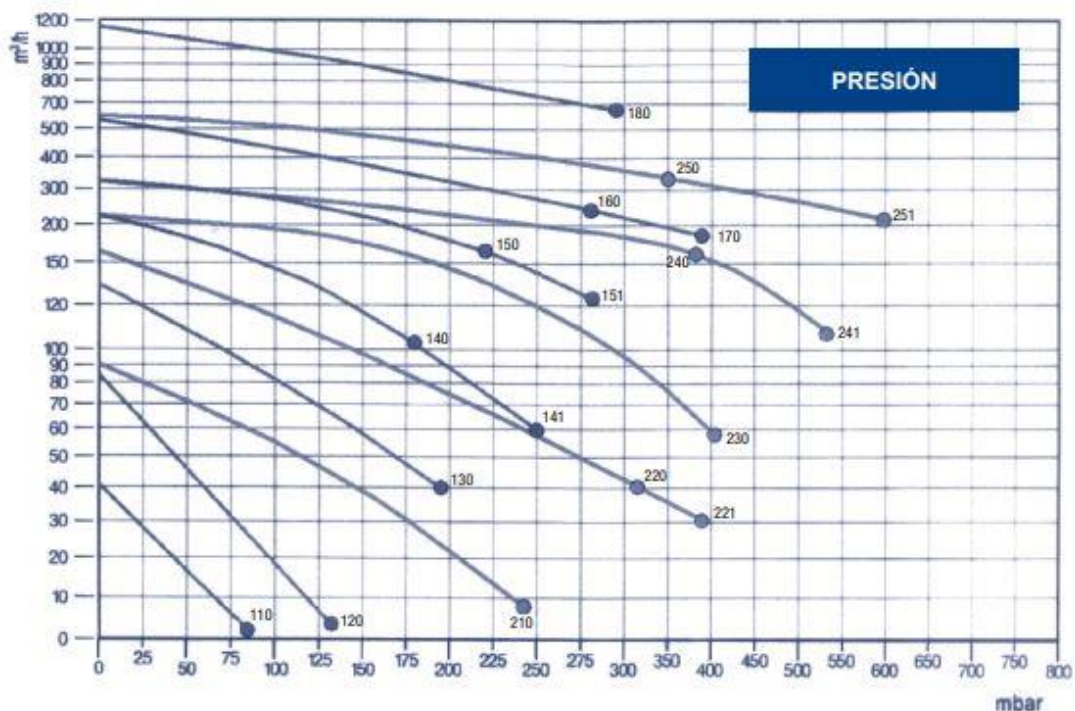


Figura A.1.13. Curvas para seleccionar el soplante adecuado (www.idemur.com).

En la *Tabla A.1.47* se muestra el soplante seleccionado para cada tramo atendiendo al caudal total de aire y la caída de presión de cada tramo. Como las caídas de presión totales están calculadas en pascales (Pa), se pasará a milibares (mbar), ya que, en el catálogo, el eje de abscisas está en mbar. La *Ec.A.1.32* muestra la conversión de pascales a milibares.

$$\Delta P_{total}(mbar) = \Delta P_{total}(Pa) \cdot \frac{0,01 (mbar)}{1 (Pa)} \quad (Ec.A.1.32)$$

Tabla A.1.47. Selección del soplante adecuado para cada tramo.

Tramo	1	2	3	4
Q _m aire (m ³ /h)	103,62	103,62	10,36	4,62
ΔP _{total} (Pa)	1.870,382	3.821,835	4.924,910	442,172
ΔP _{total} (mbar)	18,704	38,218	49,249	4,422
Curva soplante	130	130	120	120
Modelo soplante	SKS 140	SKS 140	SKS 80	SKS 80

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

En el caso del tramo 3 y 4, la curva 110 del soplante sería la más adecuada, pero al no disponer de datos técnicos en el catálogo de este, se utilizará el modelo correspondiente a la curva 120.

1.4. Cálculo del tipo y dimensiones del ciclón.

Las principales familias de ciclones de entrada tangencial son:

- Ciclones de alta eficiencia.
- Ciclones de alta capacidad.
- Ciclones convencionales.

En la *Tabla A.1.48* se muestran los márgenes de eficiencia de remoción para las tres familias de ciclones.

Tabla A.1.48. Intervalo de eficiencia de las diferentes familias de ciclones (Diseño óptimo de ciclones).

Familia de ciclones	Eficiencia de remoción (%)		
	PST	PM10	PM2.5
Convencionales	70-90	30-90	0-40
Alta eficiencia	80-99	60-95	20-70
Alta capacidad	80-99	10-40	0-10

Los ciclones de alta eficiencia tienen una mejor eficacia para la remoción de partículas pequeñas que los ciclones convencionales y de alta capacidad. Estos pueden alcanzar eficacias del 90% removiendo partículas de 5 μm , pudiendo alcanzar mayores eficacias para partículas más grandes. También tienen caídas de presión más elevadas y por lo tanto mayores costos de energía.

Los ciclones convencionales y de alta capacidad sólo están garantizados para remover partículas mayores a 20 μm , aunque en cierto grado, ocurra la colección de partículas más pequeñas.

Por norma general el diseño del ciclón está determinado por la caída de presión. Siempre se intentará que la caída de presión sea la menor posible, siempre y cuando no se vean comprometidas las demás variables de operación.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Viendo las características de los tres tipos de ciclones, como se va a trabajar con partículas comprendidas entre 5-80 μm , y la fracción de finos separada del ciclón estará comprendida entre 5-15 μm , se utilizará un ciclón de alta eficiencia, ya que los otros dos tipos de ciclones no son adecuados para la remoción de partículas menores de 20 μm , y por lo tanto la eficacia de separación sería menor que usando un ciclón de alta eficiencia.

En la *Tabla A.1.49* se muestran las características de los diferentes tipos de ciclones de alta eficiencia.

Tabla A.1.49. Características de los ciclones de alta eficiencia (Diseño óptimo de ciclones).

Dimensión	Nomenclatura	Tipo de ciclón		
		Stairmand	Swift	Echeverri
Diámetro del ciclón	D_c/D_c	1.0	1.0	1.0
Altura de entrada	a/D_c	0.5	0.44	0.5
Ancho de entrada	b/D_c	0.2	0.21	0.2
Altura de salida	S/D_c	0.5	0.5	0.625
Diámetro de salida	D_s/D_c	0.5	0.4	0.5
Altura parte cilíndrica	h/D_c	1.5	1.4	1.5
Altura parte cónica	z/D_c	2.5	2.5	2.5
Altura total del ciclón	H/D_c	4.0	3.9	4.0
Diámetro salida partículas	B/D_c	0.375	0.4	0.375
Factor de configuración	G	551.22	698.65	585.71
Número de cabezas de velocidad	NH	6.4	9.24	6.4
Número de vórtices	N	5.5	6.0	5.5

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

En la *Figura A.1.14* se pueden ver las principales dimensiones del ciclón tangencial.

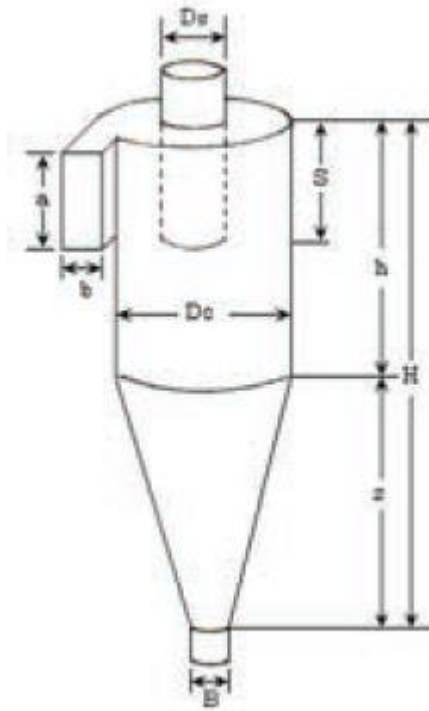


Figura A.1.14. Dimensiones del ciclón (Diseño óptimo de ciclones).

Para la elección del ciclón de alta eficiencia de entre las tres familias que existen: Stairmand, Swift y Echeverri, se va a utilizar el que ofrezca una caída de presión menor.

Para el cálculo de la caída de presión del ciclón se utiliza la *Ec. A.1.33*.

$$\Delta P = \frac{1}{2} \times \rho \times V_i^2 \times N_H \quad (\text{Ec. A.1.33})$$

Donde:

ΔP = Caída de presión en el ciclón, Pa.

ρ = Densidad del gas portador, kg/m^3 .

V_i = Velocidad de entrada del gas al ciclón, m/s.

N_H = Número de cabezas de velocidad a la entrada del ciclón.

Dentro de las tres familias de ciclones conocidos, los ciclones Echeverri son los menos conocidos y utilizados, por lo que se descartará su uso. Entre los ciclones Stairmand y los Swift, si se analiza la *Ec. A.1.33*, la densidad del gas portador y la velocidad de entrada del

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

gas son valores constantes e independientes del tipo de ciclón que se utilice, por lo que el que tenga un menor valor de N_H será el elegido. Viendo la *Tabla A.1.49* el valor de N_H para a familia Stairmand es de 6,4, mientras que para la familia Swift es de 9,24, por lo que, utilizando los mismos valores de densidad y velocidad del gas, siempre se obtendrá menores caídas de presión para la familia Stairmand, por lo que se utilizará este tipo de ciclón para el cálculo de las dimensiones del ciclón y la caída de presión.

Para el cálculo de las dimensiones del ciclón y la caída de presión, en la *Tabla A.1.50* se pueden ver los parámetros que se utilizan de manera general, por lo que el ciclón deberá cumplir las siguientes condiciones:

Tabla A.1.50. Parámetros de diseño para los ciclones de entrada tangencial.

Parámetro	Valor
Diámetro del ciclón (D_c)	< 1.0 m
Caída de presión (ΔP)	< 2.488.16 Pa
Velocidad de entrada (V_i)	15.2 - 27,4 m/s

Los datos necesarios para la realización de los cálculos se muestran a continuación:

Diámetro del ducto de entrada = 8 cm

Densidad del aire a 25°C $\rho_{50^\circ C} = 1,2 \text{ kg/m}^3$

Velocidad de entrada del gas: $V_i = 17,058 \text{ m/s}$

El diámetro del ducto de entrada y la velocidad del gas, son los obtenidos en el cálculo de las conducciones para el tramo 2, el cual conecta con el ciclón, “*Anexo I, Cálculos, apartado 1.3.2*”. Las condiciones del gas serán estándar (25 °C y 1 atm).

Primero de todo es calcular el área de ducto de entrada:

$$\text{Área del ducto de entrada} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \quad (\text{Ec.A.1.34})$$

$$\text{Área} = \frac{\pi}{4} \cdot 0,08^2 = 5,027 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Para un ciclón Stairmand, *Tabla A.1.49*:

$$\text{Área del ducto de entrada} = a \times b \quad (\text{Ec.A.1.35})$$

$$\text{Altura de entrada al ciclón (a): } a = 0,5 \times D_c \quad (\text{Ec.A.1.36})$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

$$\text{Ancho de entrada al ciclón (b): } b = 0,2 \times D_c \quad (\text{Ec.A.1.37})$$

Si juntamos la *Ec.A.1.36* y la *Ec.A.1.37* en la *Ec.A.1.35* se obtiene:

$$5,027 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 0,5 D_c \times 0,2 D_c$$

$$D_c = \sqrt{\frac{5,027 \cdot 10^{-3}}{0,5 \times 0,2}} = 0,224 \text{ m}$$

Como las dimensiones del ciclón, son todas proporcionales al diámetro del ciclón (D_c), se pueden obtener todas las dimensiones siguientes:

Altura de entrada al ciclón (a), usando *Ec.A.1.36*:

$$a = 0,5 \times 0,224 = 0,112 \text{ m}$$

Anchura de entrada al ciclón (b), usando *Ec.A.1.37*:

$$b = 0,2 \times 0,224 = 0,0448 \text{ m}$$

Altura de salida del ciclón (S):

$$S = 0,5 \times D_c \quad (\text{Ec.A.1.38})$$

$$S = 0,5 \times 0,224 = 0,112 \text{ m}$$

Diámetro de salida del ciclón (D_s):

$$D_s = 0,5 \times D_c \quad (\text{Ec.A.1.39})$$

$$D_s = 0,5 \times 0,224 = 0,112 \text{ m}$$

Altura parte cilíndrica del ciclón (h):

$$h = 1,5 \times D_c \quad (\text{Ec.A.1.40})$$

$$h = 1,5 \times 0,224 = 0,336 \text{ m}$$

Altura total del ciclón (H):

$$H = 4,0 \times D_c \quad (\text{Ec.A.1.41})$$

$$H = 4,0 \times 0,224 = 0,896 \text{ m}$$

Altura parte cónica del ciclón (z):

$$z = 2,5 \times D_c \quad (\text{Ec.A.1.42})$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

$$z = 2,5 \times 0,224 = 0,56 \text{ m}$$

Diámetro salida del polvo (B):

$$B = 0,375 \times D_c \quad (\text{Ec.A.1.43})$$

$$B = 0,375 \times 0,224 = 0,084 \text{ m}$$

Una vez conocidas todas las dimensiones del ciclón, calculamos por último la caída de presión de este, haciendo uso de la *Ec.A.1.33*:

$$\Delta P = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 17,058^2 \times 6,34 = 1.106,870 \text{ Pa}$$

Como se puede ver en la *Tabla A.1.51*, los valores obtenidos para el ciclón, se encuentra dentro del rango admisible, por lo que se puede deducir que se ha dimensionado de manera correcta.

Tabla A.1.51. Valores obtenidos comparados con los parámetros de diseño

Parámetro	Valores límite	Valor obtenido
Diámetro del ciclón (D_c)	< 1.0 m	0,224 m
Caída de presión (ΔP)	< 2.488.16 Pa	1.106,870 Pa
Velocidad de entrada (V_i)	15.2 - 27,4 m/s	17,058 m/s

Conociendo todos estos datos, se puede calcular el precio que tendrá el ciclón. El ciclón estará construido de acero inoxidable, por lo que, conociendo el volumen del ciclón, la densidad del acero, los kilos necesarios de acero, y el precio de acero por kilo, se puede calcular el precio que tendrá el ciclón. Para el cálculo del volumen del ciclón, se utilizará la *Ec.A.1.44*.

$$V_{\text{ciclón}} = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (\text{Ec.A.1.44})$$

Siendo:

r = radio del ciclón en su parte más ancha (m).

h = Altura total del ciclón (m).

Se supondrá que es un cilindro completo, y el radio corresponde al radio del ciclón es su parte más ancha. Haciendo uso de la *Ec.A.1.44* el volumen del ciclón será:

$$V_{\text{ciclón}} = \pi \cdot 0,112^2 \cdot 0,896 = 0,0353 \text{ m}^3$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

La densidad del acero es de 7930 kg/m³ y el precio del acero es de 2 €/kilo. Por lo tanto, el precio del ciclón será el siguiente:

$$\text{Precio del ciclón} = 0,0353 \text{ (m}^3\text{)} \cdot 7930 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot 2 \left(\frac{\text{€}}{\text{kg}}\right) = 560,00 \text{ €}$$

A este precio habrá que sumar el coste de la mano de obra necesaria para construir el ciclón, que se fijará en 5.000,00 € (aproximadamente 10 veces el coste del material), por lo que el coste total del ciclón será de 5.560,00 €.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Anexo II. Estudio económico.

2.1. Instalación.

2.1.1. Maquinaria y equipos principales.

A continuación, en la *Tabla A.2.1* se enumeran los equipos y la maquinaria que se utilizará en la instalación propuesta, junto con los precios de estos.

Tabla A.2.1. Precio de la maquinaria y equipos principales.

Equipo	Unidades (Uds.)	Precio (€/unidad) IVA incluido	Precio total (€) IVA incluido
Sistema de pesaje de la formulación	4	2.590,00	10.360,00
Mezclador	4	155.000,00	620.000,00
Extrusora	4	280.000,00	1.120.000,00
Banda de enfriamiento	4	65.000,00	260.000,00
Tolva	4	31.720,00	126.880,00
Molino	4	215.000,00	860.000,00
Ciclón	4	5.560,00	22.240,00
Filtro de mangas	4	20.000,00	80.000,00
Tamiz	4	35.000,00	140.000,00
Sistema de pesaje y empaquetado	4	15.000,00	60.000,00
Carretilla mezclador	3	50.000,00	150.000,00
Carretilla pesaje final	3	12.000,00	36.000,00
			TOTAL = 3.485.480,00

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

2.1.2. Estructura metálica.

En la *Tabla A.2.2* se muestran las cantidades de estructuras metálicas necesarias en la instalación, junto con el precio total.

Tabla A.2.2. Precio de las estructuras metálicas.

Elemento	Unidades (Uds.)	Precio (€/unidad) IVA incluido	Precio total (€) IVA incluido
Estructura metálica	4	3.626,78	14.507,12

2.1.3. Soplantes.

En la *Tabla A.2.3.* se enumeran los soplantes que formarán parte de la instalación junto con los precios de estas.

Tabla A.2.3. Precio de las bombas

Equipo	Unidades (Uds.)	Precio (€/unidad) IVA incluido	Precio total (€) IVA incluido
SKS 80	8	250,00	2.000,00
SKS 140	8	400,00	3.200,00
			TOTAL = 5.200,00

2.1.4. conducciones y accesorios.

En la *Tabla A.2.4.* se muestran los precios de las conducciones y accesorios que compondrán la instalación.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla A.2.4. Precio de las conducciones

Diámetro de la conducción (m), espesor 5 mm	Longitud (m)	Precio (€/m) IVA incluido	Precio total (€) IVA incluido
0,0800	48,00	10,20	489,60
0,1250	44,00	16,31	717,64
0,152	13,52	20,86	282,027
0,1778	32,00	23,47	751,04
			TOTAL = 1.958,28

En la *Tabla A.2.5* se enumeran los accesorios de la instalación junto con los precios de estos.

Tabla A.2.5. Precio de los accesorios.

Accesorio	Unidades (Uds.)	Precio (€/unidad) IVA incluido	Precio total (€) IVA incluido
Codo 90° AISI 316	36	20,59	741,24
Entrada ligeramente redondeada	12	25,00	300,00
			TOTAL = 1.041,24

Precio total de las conducciones y accesorios = 1.958,28 + 1.041,24 = 2.999,52 €.

2.1.5. Coste total de la instalación.

El coste total de la instalación será la suma de todos los costes calculados en los anteriores puntos del apartado 2.1. La *Tabla A.2.6* muestra el resumen de los precios de cada apartado y el precio total de la instalación.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla A.2.6. Coste total de la instalación.

Elemento	Coste (€) IVA incluido
Maquinaria y equipos principales	3.485.480,00
Estructura metálica	14.507,12
Soplantes	5.200,00
Conducciones y accesorios	2.999,52
	TOTAL = 3.508.186,64 €

2.1.6. Amortización de la instalación.

Para el cálculo del coste anual de la instalación, debe tenerse en cuenta la amortización de todos los equipos, maquinaria y elementos de la instalación. El periodo de amortización de la instalación será de 10 años por lo que el coste anual de la instalación será el coste total de la instalación dividido entre el periodo de amortización.

$$\text{Coste anual instalación} = \frac{3.508.186,64}{10} = (\text{€/año})$$

El coste anual de la instalación será de 350.818,66 €.

2.2. Coste del personal de trabajo.

A continuación, se detallan los trabajadores que serán necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación. En cada puesto de trabajo habrá dos turnos cada día.

- 4 trabajadores por turno para llevar a cabo el pesaje de la formulación.
- 5 trabajadores por turno para utilizar las carretillas elevadoras y ayudar en la zona de pesaje de la formulación y producto terminado.
- 2 trabajadores por turno para llevar a cabo el control de la zona de extrusión.
- 2 trabajadores por turno para llevar a cabo el control de la zona de clasificación.
- 1 jefe de planta por turno para llevar a cabo el control de la instalación.

En la *Tabla A.2.7* aparecen los cargos de los trabajadores, el número de trabajadores contratados, el sueldo al mes de cada uno, y el sueldo total.

Tabla A.2.7. Sueldo de los trabajadores.

Cargo	N.º de trabajadores	Salario/trabajador (€/mes)	Salario mensual total (€/mes)	Salario anual total (€/año)
Pesaje de la formulación	8	1.300,00	10.400,00	124.800,00
Carretillas elevadoras y ayudantes	10	1.200,00	12.000,00	144.000,00
Control zona extrusión	4	1.500,00	6.000,00	72.000,00
Control zona clasificación	4	1.500,00	6.000,00	72.000,00
Jefe de planta	2	2.000,00	4.000,00	48.000,00
				TOTAL=460.800,00

2.3. Coste del consumo eléctrico.

Ahora se procederá a calcular los costes anuales del consumo eléctrico y de agua de la instalación. Para el cálculo del consumo eléctrico se ha fijado que el precio del kWh es de 0,100231 €.

La instalación estará en funcionamiento 16 horas al día, durante 217 días al año. Se ha considerado que todos los equipos estarán funcionando 16 horas al día, excepto las carretillas elevadoras y los mezcladores, que lo harán durante 6 horas al día. En la *Tabla A.2.8.* se muestran los costes anuales del consumo eléctrico para cada equipo de la instalación. Para calcular el coste eléctrico anual a partir de la potencia se hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$C_h = P \cdot P_{elec} \quad (\text{Ec.A.2.1})$$

$$C_d = C_h \cdot h_{uso} \quad (\text{Ec.A.2.2})$$

$$C_a = C_d \cdot 217 \quad (\text{Ec.A.2.3})$$

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Donde:

- C_h = Coste eléctrico por hora (€/h)
- P = Potencia (kW)
- P_{elec} = Precio actual de la electricidad en España (€/kWh)
- C_d = Coste eléctrico por día (€/día)
- C_a = Coste eléctrico por año (€/año)

Tabla A.2.8. Coste eléctrico anual de la maquinaria y los equipos.

Equipo	P (kW)	C_h (€/h)	C_d (€/día)	C_a (€/año)
Sistema pesaje formulación	2 × 4	0,80	12,83	2.784,02
Mezclador	90 × 4	36,08	216,50	46.980,27
Extrusora	126 × 4	50,52	808,26	175.393,02
Banda de enfriamiento	1,5 × 4	0,60	9,62	2.088,01
Molino	66 × 4	26,46	423,38	91.872,54
Filtro de mangas	5 × 4	2,00	32,07	6.960,04
Tamiz	2,01 × 4	0,81	12,89	2.797,94
Sistema pesaje y empaquetado	2,5 × 4	1,00	16,04	3.480,02
Carretilla 1	129 × 3	38,79	232,74	50.503,80
Carretilla 2	10 × 3	3,01	18,04	3.915,02
Soplante 1	0,4 × 8	0,32	5,13	1.113,61
Soplante 2	0,7 × 8	0,56	8,98	1.948,81
TOTAL				389.837,10

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

2.4. Coste del consumo de agua.

Para el consumo de agua de la instalación, se tendrá en cuenta que cada banda de enfriamiento consume 12,5 m³/h. Se ha considerado que los trabajadores de la empresa tendrán de media un consumo de agua de 120 L/día. El precio del consumo de agua se ha fijado en 2,23 €/m³. En la *Tabla A.2.9* se muestra el consumo de agua total de las bandas de enfriamiento, de los trabajadores, y el consumo de agua total.

Tabla A.2.9. Consumo de agua de la instalación.

	Banda de enfriamiento	Trabajadores
m ³ /día	800	1,68
m ³ /año	173.600	364,56
Consumo anual (€)	387.128,00	812,97
TOTAL = 387.940,97 €		

2.5. Coste de la materia prima.

Para el coste de la materia prima, se han utilizado los datos proporcionados por la empresa MIVA COATINGS S.L.U. El precio medio del coste por kilo de la pintura en polvo es de 2,00 €/kilo. Sabiendo el coste por kilo de la materia prima de la pintura en polvo, se puede calcular el coste anual de la materia prima sabiendo que la instalación producirá 20.000 toneladas al año.

$$\text{Coste anual materia prima} = 2,85 \left(\frac{\text{€}}{\text{kilo}} \right) \cdot \frac{1000 \text{ kilos}}{1 \text{ tonelada}} \cdot \frac{20.000 \text{ toneladas}}{\text{año}} = 57.000.000,00 \text{ (€/año)}$$

Por lo que el coste anual de la materia prima será de cincuenta y siete millones de euros.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Anexo III. Estudio de seguridad y salud de impacto ambiental.

3.1. Evaluación de riesgos de la instalación.

Tal como dicta la Ley 31/1995 de prevención de los riesgos laborales (LPRL), entre las obligaciones que establece la LPRL está la evaluación de riesgos en todos los puestos de trabajo. Por lo que se debe realizar una evaluación inicial de los riesgos y una evaluación periódica de los mismos.

El análisis o evaluación de riesgos consiste en identificar los posibles riesgos , prever los daños que puedan causar, valorar sus consecuencias y establecer las medidas correctoras oportunas.

La metodología en todos los casos se basa en aplicar cuatro etapas:

- 1) Obtención de información (proceso, materias primas, equipos, organización, etc.).
- 2) Identificación de riesgos.
- 3) Valoración de riesgos.
- 4) Priorización en la implantación de las medidas preventivas o plan de acción.

El método que se utilizará para la evaluación de los riesgos será el método general cuantitativo del Instituto de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). Este método utiliza las consecuencias que puede tener un riesgo, y la probabilidad con la que puede ocurrir para asignar un índice de tolerabilidad, y así tomar las acciones pertinentes. En la *Tabla A.3.1* se muestra el índice de tolerabilidad en función de la probabilidad y de la consecuencia del riesgo.

- Consecuencias del daño:
 - Leve. Daños superficiales, molestias, irritación, etc.
 - Importante. Quemaduras, torceduras, asma, etc.
 - Serio. Amputaciones, lesiones múltiples, cáncer, etc.
- Probabilidad de que ocurra:
 - Poco posible. Se sabe que ha pasado en alguna parte.
 - Secuencia rara, pero posible.
 - Casi seguro. Es el resultado más probable.

Tabla A.3.1. Índice de tolerabilidad del método INSHT.

		Consecuencias		
		Leve	Importante	Serio
Probabilidad	Poco posible	Trivial T	Tolerable TO	Moderado M
	Posible	Tolerable TO	Moderado M	Importante I
	Casi seguro	Moderado M	Importante I	Intolerable IN

En la *Tabla A.3.2* se muestran las medidas preventivas a realizar en función del índice de tolerabilidad.

Tabla A.3.2. Criterios para la decisión de las medidas preventivas.

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica.
Tolerable (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables y la realización de comprobaciones periódicas.
Moderado (M)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinado las inversiones precisas y en un periodo de tiempo determinado.
Importante (I)	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable (IN)	No se puede comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo, y si no es posible reducirlo, se debe prohibir el trabajo.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

En la *Tabla A.3.3* se muestran los riesgos más importantes que pueden tener lugar en la instalación. Estos riesgos están recogidos en la Tabla utilizada como check-list por la Unión de Mutuas para realizar la evaluación de riesgos.

Tabla A.3.3. Códigos y descripción de los riesgos.

Código	Riesgo	Descripción
01	Caída de personas a distinto nivel	Caídas desde plataforma o escaleras.
02	Caída de personas al mismo nivel	Tropiezo con herramientas u otros objetos.
03	Caída de objetos por desplome o derrumbamiento	Desplome o derrumbamiento de objetos (materia prima, mezclador, etc.)
04	Caída de objetos en manipulación	Caída de sacos de materia prima en el transporte o manipulación. Caída del mezclador en el transporte.
10	Proyección de fragmentos o partículas	Proyección de los chips desde la banda de enfriamiento hasta la tolva.
11	Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos	Aplastamiento de alguna parte del cuerpo con los rodillos de la banda de enfriamiento
15	Contactos térmicos	Quemaduras por contacto con superficies o productos calientes (Extrusora).

Código	Riesgo	Descripción
16	Contactos eléctricos	Daños por descarga eléctrica al entrar en contacto con: cables y enchufes en mal estado, cuadros de mando, motores eléctricos, etc.
17	Exposición a sustancias nocivas o tóxicas	Inhalación de sustancias perjudiciales para la salud (componentes de la pintura en polvo). Irritación de los ojos por contacto con sustancias químicas. Irritación cutánea por sustancias químicas
23	Atropellos o golpes con vehículos	Sufrir una lesión por golpe o atropello por un vehículo (carretilla elevadora).
24	Exposición al ruido	Lesión auditiva por exposición a un nivel de ruido superior a los límites admisibles (Molino y tamiz).

Visto los riesgos más importantes que pueden ocurrir en la instalación, se construye la *Tabla A.3.4* en la que se muestra para cada riesgo, su probabilidad de que ocurra, su consecuencia y la tolerabilidad.

Tabla A.3.4. Evaluación de los riesgos según el método del INSHT.

Código de riesgo	Probabilidad	Consecuencia	Tolerabilidad
01	Poco posible	Serio	M
02	Posible	Importante	M
03	Posible	Importante	M
04	Poco posible	Serio	M
10	Poco posible	Importante	TO
11	Posible	Serio	I
15	Posible	Importante	M
16	Poco posible	Serio	M
17	Posible	Serio	I
23	Posible	Importante	M
24	Posible	Importante	M

Con los resultados obtenidos, las medidas preventivas a adoptar para cada riesgo son las siguientes:

Caída de personas a distinto nivel (01)

Se deberán cumplir las recomendaciones preventivas sobre orden y limpieza en las escaleras, así como el mantenimiento de estas, para reducir el riesgo. Las escaleras deberán poseer barandillas, así como barreras en las plataformas. También será recomendable el uso de calzado de seguridad S1P, ya que existe el riesgo de resbalón al subir por las escaleras.

Caída de personas al mismo nivel (02)

Primero de todo, será obligatorio el uso del calzado S1P, ya comentado anteriormente, debido al riesgo de caída de objetos al pie o aplastamiento del mismo, así como resbalones. También se deberán de cumplir las recomendaciones preventivas de orden y limpieza en la instalación, así como evitar acumulaciones de objetos, herramientas y elementos que puedan provocar tropezones y caídas en la instalación.

Caída de objetos por desplome o derrumbamiento (03)

Primero de todo los trabajadores deberán estar informados de los factores de riesgo de desplome o derrumbamiento en su puesto de trabajo. Los materiales se depositarán en los

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

lugares destinados para su fin, sin invadir los espacios destinados al tránsito, a la carga/descarga o al embalado/desequilibrado de materiales. Se deberán hacer revisiones periódicas del estado de los equipos de almacenamiento, tales como armarios y estanterías del almacén, etc.

Proyección de fragmentos o partículas (10)

Los chips que son lanzados de la banda de enfriamiento a la tolva pueden salir disparados de la tolva e impactar en un trabajador que esté próximo a la tolva, por lo que se deberán usar dispositivos de seguridad que impidan la proyección de producto fuera de la tolva.

Atrapamiento o aplastamiento por o entre objetos (11)

El personal que esté a cargo de la zona de extrusión debe estar informado de los peligros por atrapamiento de cualquier parte del cuerpo con los rodillos de la extrusora (mayormente el brazo y los dedos), así como una formación en el uso de la maquinaria. También será muy recomendable el uso de dispositivos de seguridad que impidan acercarse con cualquier parte del cuerpo a los rodillos una vez están en funcionamiento.

Contactos térmicos (15)

En las zonas donde se pueda producir un riesgo por contacto térmico (superficies de la extrusora y molino) deberán utilizarse dispositivos de seguridad los cuales no dejen que los trabajadores puedan estar en contacto con las superficies calientes. Por ello los trabajadores deberán estar informados de las zonas con riesgo de contacto térmico. También comentar que es posible que en la instalación haya un calor fuerte debido a los rayos solares, por lo que será conveniente el uso de ventilación para mitigar el calor.

Contactos eléctricos (16)

Primero de todo, el mantenimiento y reparación de herramientas y/o maquinaria de funcionamiento eléctrico solo la podrá realizar personal que este cualificado para ello. También deberán utilizarse las herramientas adecuadas que aíslen eléctricamente, así como los EPIs necesarios para evitar el contacto eléctrico. En las zonas donde haya riesgo eléctrico por contacto se colocarán señales para avisar del riesgo. La *Figura A.3.1* muestra la señal a utilizar.

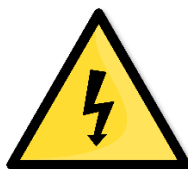


Figura A.3.1. Señal de riesgo eléctrico.

Exposición a sustancias nocivas o tóxicas (17)

El principal riesgo en cuanto a las sustancias químicas utilizadas en la instalación es la inhalación de los componentes, ya que muchas de las materias primas se encuentran en forma de polvo, así como el producto final. La principal medida preventiva a utilizar es el uso de protecciones colectivas. La utilización de equipos de ventilación y aspiración es necesaria para reducir considerablemente la inhalación de los componentes, por lo que será necesaria la implantación de estos equipos en las zonas en las que sea más propenso la inhalación de sustancias químicas, como en la zona de pesaje de las materias primas, y en la zona donde se encuentra el sistema de clasificación. También será obligatorio para todos los trabajadores que se encuentren en la instalación el uso de EPIs tales como, mascarilla auto filtrante o mascarás con filtro. También comentar que serán necesarios el uso de guantes de nitrilo ya que los trabajadores estarán en contacto con las sustancias químicas.

Además, los trabajadores tendrán que ser informados de los peligros y consecuencias de la exposición a las sustancias químicas utilizadas, para que tengan conciencia de que hay que usar los EPIs, así como realizar revisiones periódicas para comprobar el correcto funcionamiento de las mismas. Así mismo, estará estrictamente prohibido comer o beber en la zona de producción, y una vez finalizado el trabajo, lavarse las manos con jabón.

La *Figura A.3.2* muestra la señal de protección obligatoria de las vías respiratorias que deberá estar distribuida entre los diferentes puntos de la instalación.



Figura A.3.2. Señal de protección obligatoria de las vías respiratorias.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Por último, en la zona de pesaje de las materias primas, será necesario el uso de gafas de protección ya que existe la posibilidad de irritación ocular. La *Figura A.3.3* muestra la señal que deberá ser colocada en la zona de pesaje.



Figura A.3.3. Señal de protección obligatoria de la vista.

Atropellos o golpes con vehículos (23)

Como en la instalación se hará el uso de carretillas elevadoras para transportar y elevación de los mezcladores, habrá que tener especial cuidado de que no se produzcan atropellos a trabajadores o impacto contra cualquier objeto o equipo de la instalación. Primero de todo, las carretillas solo podrán ser usadas por conductores autorizados. Deberán equipar una bocina o avisador acústico de marcha atrás. Deberán tener señalización luminosa e iluminación propia, así como un pórtico de seguridad ante la caída de la carga y vuelco de la carretilla.

Exposición al ruido (24)

Las zonas donde se puede estar expuesto a unos niveles altos de ruido (sistema de clasificación), se deberán cumplir las recomendaciones preventivas sobre exposición al ruido, así como el uso obligatorio de EPIs tales como orejeras o tapones, para la atenuación del ruido. Las zonas donde haya un alto ruido deberán estar señalizadas con el pictograma de uso obligatorio de protección auditiva. También sería recomendable hacer revisiones periódicas de la audición a los trabajadores expuestos a ruido. La *Figura A.3.4* muestra la señal que se deberá de colocar en los lugares a los que se estará expuesto al ruido.



Figura A.3.4. Señal de protección obligatoria del oído.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

3.2. Ficha técnica de seguridad de la pintura en polvo.

A continuación, se muestra la ficha técnica de seguridad de los recubrimientos en polvo proporcionada por la empresa Inducoatings S.A.S. En ella se pueden ver las propiedades físicas y químicas de la pintura en polvo, así como los riesgos, higiene y protección, primeros auxilios, recomendaciones en caso de derrame e incendio, manipulación y mantenimiento, información toxicológica, ecológica y relativa al transporte, eliminación de residuos, y estabilidad y reactividad.



Recubrimientos Industriales

Hoja Datos de Seguridad

Clasificación MSD-PS1

<p>1.- IDENTIFICACION</p> <p>Tipo de Producto: Recubrimiento en Polvo Termoendurecible.</p> <p>Uso: Este material es para uso exclusivo en industrias especializadas mediante proyección electrostática. Para más información consultar ficha técnica.</p>																
<p>2.- COMPOSICION QUIMICA DEL MATERIAL.</p> <p>Recubrimiento de uso general formulado con resinas tipo Poliester, colorantes y aditivos que mediante un proceso de homogenización y compactación está en forma y estado micro pulverizado. Está diseñado para la aplicación por medio de pistolas electrostáticas.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>Contenido</th> <th>Símbolo(s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Triglicidilisocianurato (TGIC)</td> <td>≥ 0,1% <5%</td> <td>T</td> </tr> </tbody> </table>			Producto	Contenido	Símbolo(s)	Triglicidilisocianurato (TGIC)	≥ 0,1% <5%	T								
Producto	Contenido	Símbolo(s)														
Triglicidilisocianurato (TGIC)	≥ 0,1% <5%	T														
<p>3.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL MATERIAL.</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Estado físico:</td> <td>Polvo fino entre 1 y 150 micras.</td> </tr> <tr> <td>Punto de fusión:</td> <td>> 60 °C.</td> </tr> <tr> <td>Temperatura de ignición:</td> <td>> 400 °C</td> </tr> <tr> <td>pH:</td> <td>N.A.</td> </tr> <tr> <td>Solubilidad en agua:</td> <td>Insoluble.</td> </tr> <tr> <td>Peso específico:</td> <td>1,3 - 1,8 g/cm³</td> </tr> <tr> <td>Límite de explosión:</td> <td>Mínimo 20-70 g/m³. Mantener el nivel de polvo en la cabina de aplicación por debajo de 10g/m³</td> </tr> </tbody> </table>			Estado físico:	Polvo fino entre 1 y 150 micras.	Punto de fusión:	> 60 °C.	Temperatura de ignición:	> 400 °C	pH:	N.A.	Solubilidad en agua:	Insoluble.	Peso específico:	1,3 - 1,8 g/cm ³	Límite de explosión:	Mínimo 20-70 g/m ³ . Mantener el nivel de polvo en la cabina de aplicación por debajo de 10g/m ³
Estado físico:	Polvo fino entre 1 y 150 micras.															
Punto de fusión:	> 60 °C.															
Temperatura de ignición:	> 400 °C															
pH:	N.A.															
Solubilidad en agua:	Insoluble.															
Peso específico:	1,3 - 1,8 g/cm ³															
Límite de explosión:	Mínimo 20-70 g/m ³ . Mantener el nivel de polvo en la cabina de aplicación por debajo de 10g/m ³															
<p>4.- IDENTIFICACION DEL RIESGO DEL MATERIAL.</p> <p>Contiene Triglicidilisocianurato (TGIC) y está clasificado como Tóxico (T). Debe evitarse el contacto con los ojos y la piel. Usar mascarilla antipolvo si la ventilación es insuficiente.</p>																

<p>5.- HIGIENE Y PROTECCION DEL PERSONAL</p> <p>Debe utilizarse ropa y protección de ojos para cubrir partes del cuerpo para eliminar la exposición de la piel. Si se usan guantes durante la aplicación, éstos deben ser especialmente diseñados para aplicación electrostática de manera que el operador no esté aislado de la tierra. La pintura en polvo no debe ser soplada de la piel con aire comprimido ya que éste, puede forzar la penetración de partículas a los poros de la piel y los ojos.</p> <p>Límite de exposición: Recubrimiento en polvo en suspensión: 10 mg/m³ (Inhalable). Recubrimiento en polvo en suspensión: 5 mg/m³ (Respirable).</p> <p>Protección respiratoria: Mascarilla anti-polvo. En concentraciones de polvo muy altas utilizar equipo de respiración. Protección de manos: Guantes. Pueden utilizarse algunas cremas como barrera protectora de la piel. Protección de ojos: Gafas.</p>
<p>6.- PRIMEROS AUXILIOS</p> <ul style="list-style-type: none"> -En caso de inhalación, remueva la víctima en un local ventilado, manteniéndolo caliente y descansado. En caso estuviere irregular o parar, administre respiración asistida. No ofrezca sustancia vía oral. En caso de inconsistencia, debe la misma permanecer en posición adecuada. -En caso de contacto con la piel remueve la ropa contaminada, lavando la piel con abundante agua y jabón. No utilice removedores de pintura. -En caso de contacto con los ojos, remueve, si es el caso de lentes de contacto, lavando con abundante agua por mas de 15 minutos con el párpado invertido. -En caso de ingestión, no inducir al vómito, mantener la persona en reposo. -En todos lo casos buscar asistencia medica, llevando la información de este envase y/o ficha técnica y de seguridad del producto.

FÁBRICA DE ARTEFATOS DE LÁTEX ESTRELA LTDA.

Fabricación para INDUCOATINGS S.A.S - COLOMBIA

CRA 31 No 5B- 37 BOGOTÁ D.C.- COLOMBIA TELS-+71 79552904-+71 3606216-FAX +71 560234 E-mail: inducoatings@eth.net.co
Web site: www.inducoatings.com



Recubrimientos Industriales

<p>7.- RECOMENDACIONES EN CASO DE DERRAME</p> <p>Precauciones del personal: No respirar el polvo. Evitar fuentes de ignición. No fumar. Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Métodos de limpieza: Usar un aspirador con protección eléctrica antiexplosiva. Evitar la formación de nubes de polvo. Medio ambiente: Evitar el vertido directo en alcantarillas y la contaminación de superficies acuosas</p>
<p>8.- RECOMENDACIONES DE EXTINCIÓN EN CASO DE INCENDIO</p> <p>Agua pulverizada, espuma, extintores de agua, de dióxido de carbono (CO₂) o de polvo. No usar gas inerte a alta presión o agua a chorro. Recomendaciones: El fuego produce un denso humo que contiene productos nocivos. Se pueden generar productos de descomposición peligrosos, tales como monóxido y dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno. La exposición a la descomposición de estos productos puede ser nocivo para la salud, por lo que la utilización de equipos respiratorios apropiados es recomendable. Mojar los envases cerrados expuestos al fuego y evitar la contaminación de desagües o cursos de agua.</p>
<p>9.- MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO</p> <p>Temperaturas de 100-120°F (38-46°C) usualmente no deterioran la pintura. Si la temperatura es mayor, varios cambios físicos se pueden llevar a cabo. La pintura se puede endurecer o compactarse dentro del contenedor. Las cajas apiladas altas, pueden ayudar a este problema debido al peso de la pintura sobre sí misma. Las cajas no deben ser apiladas en más de tres (3) niveles. Usualmente este compactamiento puede ser eliminado tamizando la pintura a través de una malla 43T (para screen) ó 150 micrones de abertura. La pintura en polvo puede absorber humedad en el área de almacenamiento si la humedad relativa es superior al 60%. Esto causará el aglutinamiento, deficiente fluidización y mal transporte de la pintura hacia el sustrato a pintar. En la mayoría de los casos, el apelmazamiento puede ser eliminado fluidizando por unos minutos. Las principales recomendaciones para el almacenamiento de los recubrimientos en polvo, se indica a continuación: -La temperatura debe permanecer entre 5°C y 30°C.. -Controlar la humedad relativa entre 40 y 60 %. -Tener buena rotación de la pintura almacenada. -Evitar dejar cajas de pintura abiertas y sobre el piso. Evitar el contacto con el agua. ***Cumpliendo estas condiciones el tiempo de vida útil del material es ≥ a 18 meses.</p>
<p>10.- INFORMACION RELATIVA AL TRANSPORTE</p> <p>Los recubrimientos electrostáticos en polvo son admitidos en cualquier medio de transporte sin ninguna restricción.</p>
<p>11.- INFORMACION TOXICOLOGICA</p> <p>No existen datos disponibles sobre el material. Sin embargo un contacto prolongado con la piel puede producir irritaciones.</p>
<p>12.- INFORMACION ECOLOGICA</p> <p>No existen datos disponibles sobre el material. Las emisiones a la atmósfera durante el proceso de estufado son bajas. Debe evitarse que pase a las alcantarillas o cursos de agua.</p>
<p>13.- ELIMINACION DE RESIDUOS.</p> <p>No debe eliminarse como residuo doméstico. Los residuos deben eliminarse de acuerdo con las disposiciones legales.</p>
<p>14.- ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.</p> <p>El producto es estable en las condiciones normales de almacenamiento. En caso de incendio se pueden generar productos de descomposición peligrosos, tales como monóxido y dióxido de carbono y óxidos de nitrógeno.</p> <p>***La información contenida en este Boletín de Seguridad no constituye la única imposición sobre Seguridad e Higiene Industrial. Es responsabilidad de los usuarios de este producto cumplir cualquier regulación nacional sobre Seguridad e Higiene en el trabajo REV-Febrero 2011</p>

FÁBRICA DE ARTEFATOS DE LÁTEX ESTRELA LTDA.

Fabricação para INDUCOATINGS S.A.S - COLOMBIA

CRA 31 No 58- 37 BOGOTÁ D.C.- COLOMBIA TELS +471 79552904 +71 3606216-FAX +71 5602324 E-mail: inducoatings@eth.net.co
 Web site: www.inducoatings.com

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Anexo IV. Catálogos y fichas técnicas.

En el Anexo IV se muestran todos los catálogos y fichas técnicas de los equipos que han sido utilizados para la realización del siguiente proyecto.

4.1. Sistema de pesaje.

Empresa: Gram.

► GRAM K3 MAMUT



Gram MAMUT – La plataforma de suelo más robusta

Características

- Construcción monobloque de acero pintado
- Esquinas reforzadas para aumentar la resistencia a los golpes
- 4 sensores de carga H8C Rebel, protección IP-65, aprobación OIML
- Pies ajustables para una transmisión óptima de la fuerza
- Conexión para indicadores GRAM
- Grosor estructura: 3 mm / 4 mm; Grosor chapa: 5,5 mm

Funciones

- 4 niveles de función auto-hold para pesar objetos grandes
- Salida RS-232 para nuestras impresoras, indicadores remotos o PC
- Función de comprobación con indicación acústica y visual
- Memoria de 100 productos para cuenta-piezas
- 20 taras numéricas
- Memorización de la última pesada y desconexión automática

Utilizaciones principales

Las plataformas Mamut están diseñadas para el pesaje de grandes cargas, gracias a su estructura gruesa de hasta 4 mm y chapa de acero lagrimado de 5,5 mm que garantizan la máxima resistencia a las cargas más pesadas.

Se fabrican en tres tamaños de plataforma: (3000x1500, 3000x2000, 4000x1500mm) para adaptarse a sus necesidades.

Su resistente acabado en epoxy permite utilizarlas tanto en zonas secas como en zonas húmedas. Este acabado epoxy convierte la plataforma en una superficie impermeable fácil de limpiar, muy resistente a los ácidos, golpes, rayaduras y productos detergentes.

Dispone de cuatro células de carga en las esquinas que permiten un pesaje más preciso. Las células Gram HBC Rebel C3 disponen de protección IP-67 y aprobación OIML de clase C3; válidas para aplicaciones donde sea necesario el requisito de metrología legal.

La construcción de la estructura abierta facilita también el mantenimiento. Todo está diseñado para que la Serie Mamut se adapte a sus exigencias de higiene y limpieza.

La Mamut se puede conectar a todos los indicadores fabricados por GRAM PRECISION.

Pies regulables

Los pies regulables permiten nivelar la plataforma aunque haya posibles irregularidades del suelo y garantizan la transmisión óptima de la fuerza a los sensores de carga.



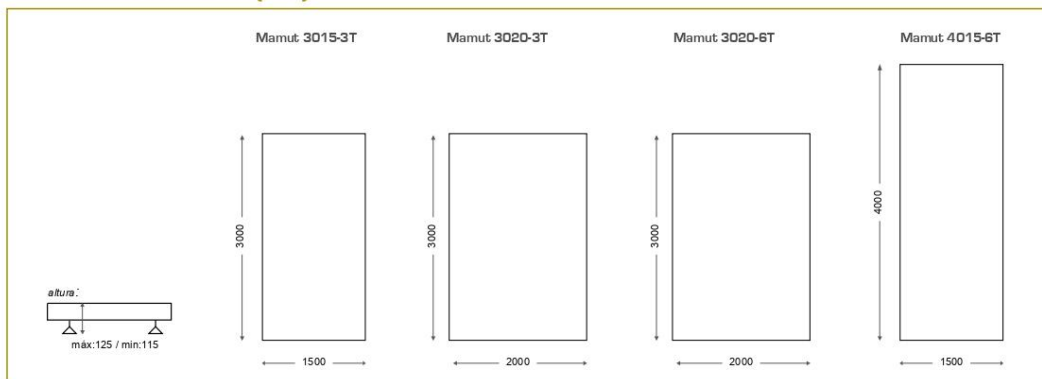
Opciones disponibles

- Columna CS-1.
- Indicador en metrología legal: K2, K2E, K2N, K2EN, K2P y K4i.
- Indicadores para un uso interno: K3, K3i, K1, K5i, IVP, IKP y SC2.
- Impresoras PR3/PR3W.
- Indicador repetidor remoto RD3/RD3W.

Características técnicas

Modelo	Mamut 3015-3T	Mamut 3020-3T	Mamut 3020-6T	Mamut 4015-6T
Referencia	60907	60908	60909	60910
Grosor Chapa	5,5mm			
Grosor Estructura	3mm		4mm	
Capacidad	3000 kg	3000 kg	6000 kg	6000 kg
Resolución	1000 g	1000 g	2000 g	2000 g
Estructura	Acero pintado			
Células de carga	HBC Rebel Clase C3			
Caja suma	ABS IP-67			
Dimensiones (mm)	3000 x 1500	3000 x 2000	3000 x 2000	4000 x 1500
Altura mínima (mm)	115			
Altura máxima (mm)	125			
Peso neto total (kg)	290	410	415	

Dimensiones exteriores (mm)



Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

4.2. Equipos de premezcla.

Empresa: Promixon.



MIXER FX

La nueva serie container mixer FX proporciona la mejor alternativa a las mezcladoras tradicionales de alta velocidad cuando las condiciones de producción requieren una versatilidad elevada y es necesario mezclar una amplia gama de productos distintos con el mismo mixer. Gracias al diseño especial del container mixer dividido en dos unidades separadas, el cabezal mezclador y el contenedor portátil, el tiempo de limpieza entre cada lote se reduce al mínimo y el riesgo de contaminación al pasar de un tipo de producción a otro es menor. La mezcla, el almacenamiento y el transporte se optimizan usando directamente los mismos contenedores, que se pueden colocar fácilmente en un sistema de dosificación con balanzas de peso o dosificadora de alimentación de extrusión.

FICHA TÉCNICA DE LOS DIFERENTES TAMAÑOS

Modelo FX	Volumen Total Lt	Volumen Útil Lt	Capacidad Kg/batch	Potencia Motor kW
FX- 150	150	120	60	11
FX- 300	300	240	120	18,5
FX- 500	500	400	200	22
FX- 600	600	480	240	30
FX- 700	700	560	280	37
FX-1000	1000	800	400	45
FX-1200	1200	960	480	55
FX-1500	1500	1200	600	75
FX-2000	2000	1600	800	90

Nota: Las datos de la tabla son solo indicativos y se deben confirmar con PROMIXON.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.



Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

4.3. Equipos de extrusión.

Empresa: Baker Perkins.



Baker Perkins
MPX50 – MPX80 High-Output Extruders

High free-volume geometry barrel for accurate and consistent feeding
The hydraulically-operated clamshell barrel allows quick and easy replacement or maintenance of shafts and screws. Alternative barrel lengths enable the machine to be configured for a full range of product formulations.

Cooling channels close to barrel
Increased surface area of channels provides more consistency and better quality, especially on low cure temperature materials.

MAX³ Feed System
Baker Perkins' patent pending MAX² Feed System contributes to higher throughput for lower density materials. The exclusive feed port design allows material to enter the extruder quickly and evenly, reducing the risk of back up creating torque fluctuations.

Screws designed for effective distribution and dispersion
A wide range of screw part options maximises the effectiveness of distributive and dispersive mixing. Alternative alloys for the screw parts and liners prolong life when working with abrasive or corrosive materials. Splined shafts provide reliability and high torque-capacity.

Simple, direct discharge to cooling conveyor
Chill-knife end-discharge is fully self-wiping and avoids product hang-up. The split discharge adaptor does not need to be removed in order to open the barrel.

Cast slab heaters provide reliable, uniform heating
Liners are easily replaced when necessary. Maintenance costs are reduced by liner inserts that can be replaced quickly without specialist tools or expertise.

Gearbox featuring through-shaft cooling
Through-shaft cooling increases heat removal to maintain constant temperature and consistent quality. Live gland packing gives maximum reliability and minimum powder leakage. Shaft coupling provides positive locking and quick release for reliable shaft retention and easy maintenance.

Variable speed drive optimised for maximum output
The inverter-driven AC motor offers reliability and process flexibility, as well as high speed operation for fast mixing. An optional water cooled motor is available for quieter and cleaner operation than the air cooled alternative.

Control system with simple touchscreen interface
A touch-screen HMI provides clear visualisation of the process, as well as historical trending, recipe and alarm management, and secure remote access for program modifications and off-site assistance.

Baker Perkins Ltd, Manor Drive, Paston Parkway, Peterborough, PE4 7AP, UK
T: +44 1733 283000 | F: +44 1733 283004 | E: bpltd@bakerperkins.com

Baker Perkins Inc, 3223 Kraft Ave SE, Grand Rapids, MI 49512-2027, USA
T: +1 616 784 3111 | F: +1 616 784 0973 | E: bplinc@bakerperkins.com

© Baker Perkins 02/18

MPX50	
Barrel Diameter (mm)	51
Barrel Length (L/D)	17.5 / 25
Motor Power (KW)	63
Screw Speed (rpm)	900
Typical Outputs (kg/h)	400 - 1000

MPX65	
Barrel Diameter (mm)	65
Barrel Length (L/D)	17.5 / 25
Motor Power (KW)	126
Screw Speed (rpm)	900
Typical Outputs (kg/h)	800 - 2000

MPX80	
Barrel Diameter (mm)	80
Barrel Length (L/D)	20
Motor Power (KW)	206
Screw Speed (rpm)	750
Typical Outputs (kg/h)	1500 - 2900

Options

- Water cooled motor
- Gearbox condition monitoring system
- Extension frame
- Feed options to suit process
 - Gravimetric
 - Volumetric
 - Side feed
 - Purge feed



www.bakerperkins.com

4.4. Sistema de banda en continuo, (con rodillos y triturador).

Empresa: Steel Belt Systems.



Extrusion & Powder Coating Division

Cooling and Flaking Systems

Main Characteristics:

- SBS Cooling Conveyor is moveable on wheels and equipped with stainless steel belt, which is:
 - > Endless welded
 - > Quality BERNDORF NICRO 31 (or NICRO 12,1) according to material availability
 - > Surface mill finished
 - > With n° 2 guiding vee-ropes at 25 mm from the edges
 - > Speed: 3÷18 m/min



Main Technical Parameters:

Model	Capacity* (Kg/h)	Belt dimension (mm)	CC distance (mm)	Cooling length (mm)	Cooling width (mm)	Calender rolls diam. (mm)	Water consumption (m3/h)
600 x 5000	550	600 x 0.8	5000	4000	520	240	5
800 x 5670	900	800 x 1.0	5670	5000	720	240	12.5
1000 x 5670 a	1000÷1200	1000 x 1.0	5670	5000	920	240	12.5
1000 x 5670 b	1200÷1500	1000 x 0.8	5670	5000	920	400	12.5
1500 x 7000	1800÷2000	1500 x 1.0	7000	6300	1400	400	20.0

*referred to white polyester



- > **Tension station:** in cast aluminium dia. 650 mm, shaft and sliding supports
- > **Cooling zone:** longitudinal tank made in stainless steel - spray nozzles, internal water pipes in PVC material, belt sliding supports in synthetic auto lubricated material
- > **Frame and finishing:** in carbon steel profiles - epoxy painted 2 + 2 coats, SBS colour turquoise blue RAL 5018 (unless differently agreed)
- > **Process Data:**
 - Water temp.: required 8°C at calendar rolls + cooled roll
 - Water temp.: required 15°-18°C at spray nozzles
 - Flakes temp. at discharge: 35°-40°C

- > **Driving station:** in cast aluminum dia. 800 mm, shaft, supports, suitable to be driven by frequency converter

Model	Pulleys	Motor reducer power (kW)	Voltage & Frequency
600 x 5000	3	0.75	400V - 50Hz
800 x 5670	3	1.5	400V - 50Hz
1000 x 5670 a	4	1.5	400V - 50Hz
1000 x 5670 b	4	1.5	400V - 50Hz
1500 x 7000	5	2.2	400V - 50Hz

Cooling and Flaking Systems

Calender roll:

- Surface rectified and hard chromium plated
- Water cooled with internal perimetral circulation
- Pneumatical adjustment of calender rollers
- Manual hand wheel for fine thickness regulation
- Motor-reducer 400 V - 50 Hz, suitable to be driven by frequency converter

Cooled pressure roll:

- With rotating joints and protections
- Water consumption: approx. 1.0 m³/h

Pressure roll: (not cooled)



Rotating Breaker type Minibreak*:

- Protecting grids
- Self-breaking electrical motor - 400 V - 6 poles - 50 Hz - IP55 protection
- Movable small container for residual chips collection on the inferior part of breaker assembly
- Execution in stainless steel AISI 304
- Breaker case with completely openable front door for easy and fast cleaning
- Reversible protection grate with additional micro switch for easier access

* the Minibreak has the advantage to produce smaller and more calibrated flakes, with a better consequent performance of the mills and quality of the final powder

DME (Double mixed effect) belt cooling conveyor



Main Characteristics:

Double mixed effect cooling conveyor, equipped with BERNDORF stainless steel belt, standard rotating breaker and intermediate drum dia. 800 mm having stainless steel covering and with internal peripheral water circulation, complete of rotating joints for cooling water's inlet/outlet, suitable for coupling with steel belt (double effect steel / drum). An adapt pneumatic device is acting for drum lifting.

Model	Capacity* (Kg/h)	CC distance (mm)	Calender rolls diam. (mm)	Water consumption (m ³ /h)
1000 x 4800	1500	4800	240	12
1500 x 4800	2300	4800	400	5.5

*referred to white polyester

CONTACTS

SBS Steel Belt Systems Srl

Headquarters and Factory

Via Enrico Mattei 3 - 21040 Venegono Inferiore (VA) - Italy

Tel. +39 0331 864841 - Fax +39 0331 864959

E-mail: info@steelbeltsystems.it - www.steelbeltsystems.it

Registered Office: Via Roncaglia 14 - 20146 Milan - Italy

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Minibreak design



Flaked product



Examples of flake's dimensions (average)

mm	%
> 10	0
10 - 8	0,27
8 - 5	10,62
5 - 4	22,44
4 - 2,8	29,55
2,8 - 2	17,12
2-1	0,8
1-0,5	5,4
< 0,5	13,8

4.5. Equipo de molienda.

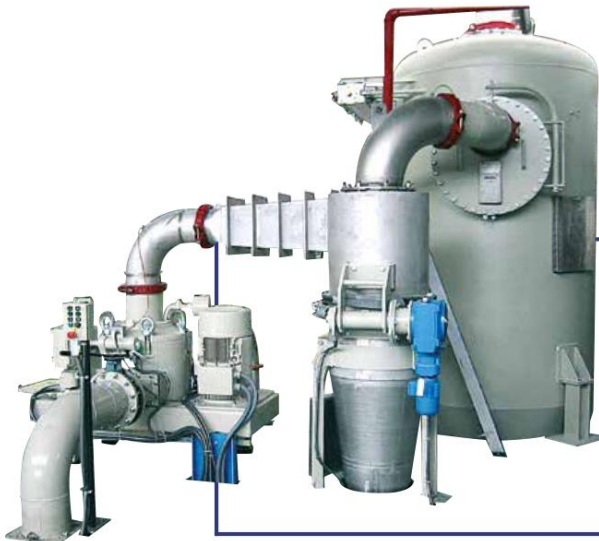
Empresa: Hosokawa Micron.

PRACTICAL EXAMPLES FROM THE CHEMICAL INDUSTRY

Product	End-product fineness	Throughput kg/h*	Machine size
Aluminium hydroxide	99 % < 45 µm	150	ACM 15
Aluminium hydroxide	50 % < 4.4 µm 50 % < 7.5 µm	900 4,500	ACM 300
Ammonium phosphate	99 % < 71 µm	110	ACM 10
Anhydrite	90 % < 35 µm	5,000	ACM 150
Calcium stearate	99 % < 71 µm	375	ACM 10
Formaldehyde resin	99.9 % < 74 µm	1,000	ACM 30
Melamine resin	99 % < 100 µm	290	ACM 10
Pesticide (Bisphenol A)	99 % < 63 µm	370	ACM 10
Phenolic resin	99 % < 77 µm	90	ACM 2
Pigments	100 % < 100 µm	100	ACM 10
Carbon black	99 % < 30 µm	160	ACM 15
Silicagel	97 % < 60 µm** 50 % < 30 µm	140	ACM 15 MikroClassifier CC
Vulkanization accelerator	99 % < 63 µm	740	ACM 10
Citric acid	99.5 % < 53 µm 50 % < 20 µm	420	ACM 50
Citric acid	85 % < 180 µm	1,200	ACM 30

* Reference value

** Fineness level after dust removal



PIGMENTS

Pigments are dyeing substances which are added to a variety of materials. These are categorized into inorganic and organic pigments. The first group is comprised of natural inorganic pigments such as ochre and synthetic inorganic pigments such as white pigments or ferrous oxide. Synthetic pigments such as azo pigments account for the largest group of organic pigments.



POWDER COATING

Powder coating consists of solvent-free coating materials in powder form, which produce a coating layer after heat-induced melting and curing.

► Mikro ACM 40 CX PSR 11 grinding system

Powder coating	End-product fineness	Fine size reduction Cyclone classifer **	Coarse material discharge	Throughput kg/h*	Machine size
Standard grades Epoxy, polyester, Hybrids	d ₁₀ = 10 µm d ₅₀ = 35 µm d ₉₀ = 63 µm	without classifier	-	675	ACM 30
Acrylate resin	d ₅₀ = 30 µm d ₉₀ = 65 µm	8-12 % < 10 µm	90 - 95 %	520	ACM 30

* Nominal capacity (depending on the product, throughputs may vary by +/- 40%)

** Cyclone classifer (replaceable head design, easy change-over to cyclone)

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

MIKRO ACM SIZES

The Mikro ACM is available in 19 sizes with drive capacities ranging between 3 and 450 kW. Finely tuned grinding chambers and grinding elements as well as airflow and the speed of the classifying wheel and grinding disc allow a direct comparison of the entire range. The grinding levels produced by one mill size can therefore be applied to all other models.

Size	ACM	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100	120	150	200	300	400	500	600
Rotor drive	kW	3	5.5	7.5	11	15	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110	160	250	315	375	450
Classifier drive	kW	0.55	1.1	2.2	3	4	4	5.5	7.5	7.5	11	11	15	15	18.5	37	45	75	90	110
Speed (h)	1/min	10660	9400	6,215	6,215	4,970	4,970	4,320	4,320	3,295	2,625	2,625	2,100	2,100	2,100	1,850	1,650		1,400	
Mill (max.)	1/min	11900	10400	8,880	8,880	6,990	6,990	5,770	5,770	4,580	3,750	3,750	2,950	2,950	2,950	2,000	1,850		1,860	
Speed (min.)	1/min	1000	1200	700	700	700	700	600	600	600	600	600	600	800	800	600	600		400	
Classifier (max.)	1/min	5400	500	4,000	4,000	3,250	3,250	2,920	2,920	2,750	2,650	2,650	2,400	2,450	2,400	2,200	2,000		1,860	
Air flow rate	m³/h	330	510	900	1,350	1,800	2,250	2,700	3,600	4,500	5,400	6,750	9,000	10,800	13,500	18,000	27,000	36,000	45,000	54,000
Bypass	m³/h	60	100	180	270	360	450	540	720	900	1,080	1,350	1,800	2,100	2,700	3,000	3,000	4,000	4,000	4,000
Scale-up factor		0.2	0.5	1	1.35	1.8	2.25	2.7	3.6	4.5	5.4	6.75	9	10.8	13.5	18	27	36	45	54
Dimensions																				
Length	mm	630	1,450	1,450	1,450	1,600	1,600	1,750	1,750	1,750	2,450	2,450	2,850	2,850	2,850	3,310	3,740		4,470	
Width	mm	220	580	580	580	700	700	700	700	700	1,060	1,060	1,200	1,200	1,200	1,300	1,500		1,830	
Height	mm	650	790	850	850	1,000	1,000	1,300	1,300	1,300	1,587	1,587	1,731	1,731	1,731	2,180	3,010		2,100	
Weight	kg	500	520	600	620	750	770	900	1,000	1,800	2,400	2,500	2,800	2,800	3,000	9,500	12,500		16,800-19,200	

MIKRO ACM MODELS

Die Mikro ACM is available in four designs for virtually all sizes.

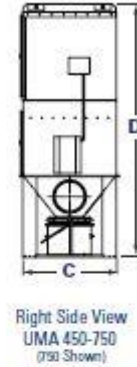
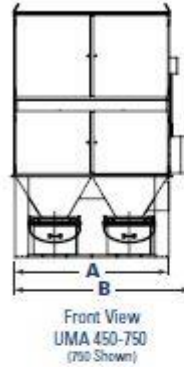
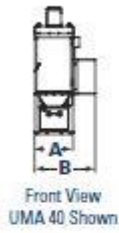
ACM Typ	Features	2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	100	120	150	200	300	400	500	600
CX	Coaxial rotor bearing	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
CL	Direct classifier drive			•	•	•	•	•	•	•	•	•								
EC	Easy Clean with coaxiale rotor bearing	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•								
EC-CL	Easy Clean with direct drive			•	•	•	•	•	•	•	•	•								

4.6. Filtro de mangas.

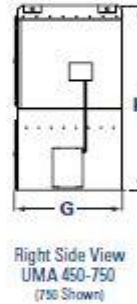
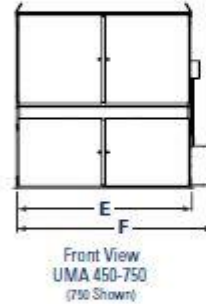
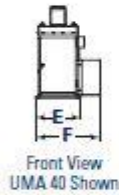
Empresa: Donaldson.

DIMENSIONS & SPECIFICATIONS

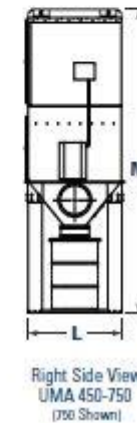
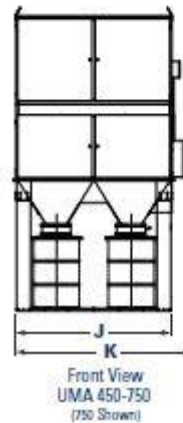
HOPPER BASE



BIN VENT BASE (H-TYPE)



55-GALLON DRUM BASE



Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Model	Nominal Airflow Range**		Cloth Area		No. of Bag Filters	No. of Bins/ Drums**	Inlet Diameter		Shipping Weight					
	cfm	m³/h	ft²	m²			Hopper Base		Bin Vent Base		55-Gallon Drum Base			
							lb	kg	lb	kg	lb	kg		
40	120-400	204-679	40	3.7	1	1	4	101.6	250	113.4	260	117.9	N/A	N/A
70	200-525	340-892	70	6.5	1	1	4	101.6	450	204.1	320	145.1	N/A	N/A
100	200-1,000	340-1,699	100	9.3	1	1	8	203.2	600	272.2	440	199.6	N/A	N/A
150	450-2,000	764-3,397	150	13.9	1	1	8	203.2	800	362.9	600	272.2	875	396.9
250	450-3,000	764-5,096	244	22.7	1	1	10	254.0	1,155	523.9	700	317.5	1,265	573.8
450	1,350-5,000	2,293-8,493	444	41.2	2	2	12	304.8	1,840	834.6	1,415	641.8	1,830	830.1
750	2,000-10,000	3,397-16,987	750	69.7	2	2	14	355.6	2,355	1,068.2	1,800	816.5	2,345	1,063.7

* Based on clean filter.

** UMA 40 uses one 0.75 cu ft bin; UMA 70 uses one 2 or 3 cu ft bin (for 3 cu ft bin, add 9-in to height); UMA 100-250 uses one 3 cu ft bin; and UMA 450-750 use two 3 cu ft bins. 55-Gallon drum base available on UMA 150-750. UMA 150-250 uses one drum and UMA 450-750 uses two drums (drums not included).

Model	Dimensions																								
	A		B		C		D		E		F		G		H		J		K		L		M		
	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	
40	17.6	447.0	27.6	701.0	17.6	447.0	61.2	1554.5	20.3	515.6	28.9	734.1	20.3	515.6	41.5	1054.1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
70	23.2	589.3	32.7	830.6	28.7	729.0	79.3	2014.2	25.4	645.2	33.8	858.5	25.4	645.2	49.5	1257.3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
100	32.8	833.1	41.2	1046.5	28.8	731.5	83.8	2128.5	32.3	820.4	41.2	1046.5	25.4	645.2	49.5	1257.3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
150	32.3	820.4	41.2	1046.5	36.4	924.6	94.0	2387.6	32.3	820.4	41.2	1046.5	32.9	835.7	59.8	1518.9	32.9	835.7	41.6	1056.6	30.3	769.6	121.0	3073.4	
250	32.7	830.6	56.2	1427.5	36.4	924.6	104.8	2661.9	32.3	820.4	56.2	1427.5	32.9	835.7	62.2	1579.9	47.8	1214.1	56.6	1437.6	32.9	835.7	121.3	3081.0	
450	60.5	1536.7	71.7	1821.2	44.3	1125.2	121.1	3075.9	63.0	1600.2	71.6	1818.6	40.9	1038.9	80.6	2047.2	59.8	1518.9	70.1	1780.5	38.1	967.7	148.4	3769.4	
750	76.5	1943.1	88.3	2242.8	52.1	1323.3	125.4	3185.2	79.6	2021.8	88.3	2242.8	49.1	1247.1	85.3	2166.6	76.2	1935.5	86.5	2197.1	47.4	1204.0	150.2	3815.1	

UMA WEIGHTED SOUND PRESSURE LEVELS

Model	40	70	100	150	250	450	750
With acoustic diffuser* dB(A)	71	70	71	74	74	82	79
Without acoustic diffuser dB(A)	78	N/A**	N/A**	N/A**	N/A**	N/A**	N/A**

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

4.7. Tamiz vibratorio.

Empresa: Filtra Vibración.

FTI-0550 / 0800 / 1000 / 1200 / 1500

Las tamizadoras ZEUS son ideales para procesos de separación granulométrica entre sólidos/sólidos o separaciones entre de sólidos/líquido.

Gracias a su diseño sin rincones permiten una rápida y efectiva limpieza de su interior.

Admiten producciones muy diversas de 100 a 20.000 Kg /h según el tipo de producto.

Cada equipo realizar hasta cinco separaciones simultáneamente desde #38µ<#25mm.

Dotadas de un motor con masas excéntricas que genera un movimiento tridimensional facilitando al máximo el tamizado del producto.

Fabricadas en acero inoxidable AISI 304 (o AISI 316, bajo petición), juntas y elementos en contacto con el producto según normativa FDA.

Disponibles una amplia gama de accesorios, tamizado mediante ultrasonidos, sistemas de anillas auto limpiantes, mirillas, registros de silicona y accesorios auxiliares para asegurar y mantener óptimas prestaciones en procesos específicos.

Opcionalmente se fabrican bajo normativa y cumplimiento ATEX.





ZEUS FTI-1500

La Tamizadora Industrial "ZEUS" FTI-1500 es ideal para realizar procesos de separaciones granulométricas de producto tanto para líquidos como para sólidos en rangos de grano fino, mediano y grueso.

De fácil manejo y bajo mantenimiento. Fabricada en acero inoxidable AISI 304 (o AISI 316, bajo petición), está dotada de un motor con masas excéntricas que genera un movimiento tridimensional –en el plano horizontal y vertical– facilitando al máximo el tamizado del producto.

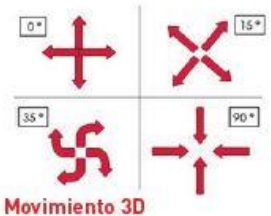
El ajuste de las masas permite regular el comportamiento del producto en la malla y la rapidez de tamizado. Esta tamizadora admite hasta 4 tamices de \varnothing 1500 (5 separaciones simultáneas). El sistema estándar de fijación de los tamices está compuesto por junta de silicona y abrazadera con cierre roscado. Opcionalmente se puede pedir con abrazaderas de cierre rápido.

El fondo dispone de una salida lateral por donde se descarga el producto obtenido. Los tamices pueden pedirse con o sin salida de producto. En caso de escoger tamices con salida, el proceso de tamizado se automatiza: a medida que el producto va entrando, también va saliendo por las bocas.

La tapa y las mirillas en la tapa o en los cuerpos son opcionales.

Incluye:

- > Tamizadora FTI-1500 con 1 nivel de trabajo.
- > Manual de instrucciones.
- > Declaración CE de conformidad.

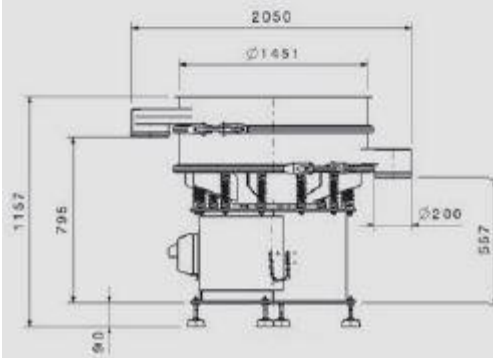


CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

FTI-1500	220-230 V 380-400 V	50-60 Hz	1500 rpm	6.23/3.6 A	2.0 kW
----------	------------------------	----------	----------	------------	--------

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- > Variedad de niveles de tamizado (4 fracciones).
- > Separación sólido/sólido y líquido/sólido.
- > Limpieza mediante anillos rozantes o ultrasonido.
- > Larga vida útil de la malla del tamiz.
- > Estanca al polvo y a líquidos.
- > Motor vibratorio directamente conectado.
- > Conexión eléctrica sencilla, interruptor paro/marcha/emergencia instalado.
- > Bajo consumo eléctrico.



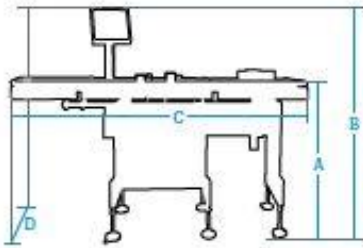
Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

4.8. Pesaje y empaquetado.

Empresa: Dibal.



DIMENSIONES



DATOS EN mm

A	820 - 970 (patas regulables)
B	1.350 - 1.500 (patas regulables)
C	1.925 (con carros de L400-L400-L400-L600)*
D	630 (anchura carros + anchura consola. Para carros de A280)**

* Estas medidas corresponden a la suma de los carros de separación, entrada, pesaje y carro del sistema de rechazo opcional de 1 pistón neumático.
Para otras dimensiones, consultar.
** Para otras dimensiones, consultar.

EQUIPO DE CONTROL DE PESO DE ALTA VELOCIDAD CW-4000+

Funciones y características:

Funciones destacables

- Discriminación por control de peso.
- Gestión de pedidos.

Pesaje

- Tipo de pesaje:
 - Dinámico o estático.
- Alcances según dimensiones del carro de pesaje:
 - 6 kg/2 g o 10 kg/5 g con carro de hasta L400 x A400 mm.
 - 15 kg/5 g, 20 kg/10 g, 30 kg/10 g, 40 kg/20 g o 60 kg/20 g con carro de hasta L600 x A500 mm.
 - 3 kg/1 g u otros, consultar.

Sistema de rechazo (opcional)*

- Tipo de sistema de rechazo:
 - Soplado de aire "Air-jet".
 - Pistón neumático.
 - Pala giratoria.
 - Carro abatible.

- Número de rechazadores:
 - 1 o 2.
- Posición de los 2 rechazadores:
 - Pueden situarse en el mismo lado o en lados opuestos.

Construcción

- Estructura:
 - Acero inoxidable AISI 304 y aluminio anodizado.
- Bandas:
 - Material y características: Rígidas o elásticas de poliuretano en función del alcance de la máquina, y aprobación FDA.
- Consola:
 - Material: Acero inoxidable.
 - Teclado "qwerty" y display LCD gráfico retroiluminado.
 - TFT táctil de 15", opcional.

Comunicaciones a PC

- Ethernet TCP/IP.
- RS-232.

Software de PC

- RMS: para configuración de la máquina, gestión de los datos recibidos y copia de seguridad de datos (LBS).
- DCS: gestión de los datos de producción recibidos.
- Herramientas de integración: ver apartado software.

Alimentación

- Eléctrica: 230 V y 50 Hz; 115 V y 60 Hz.
- Aire: máx. 150 l/min (a 5-8 bar) [en caso de incorporar sistema de rechazo].

Posibilidad de integración con otros equipos

- Equipos de pesaje y etiquetado automático Dibal LS-4000 y LS-4000+.
- Alineador.
- Desalineador.
- Desviador a 90°.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Opción	Características	Ref.
Consola táctil	TFT 15".	Consultar
Rechazo por 1 pistón neumático (para modelo CW-4300+/400)	1 carro de rechazo de L600 x A280 mm con 1 pistón neumático.* Para productos de hasta L300 x A280 mm y de hasta 6 kg de peso (en pesaje dinámico). Rendimiento**: 150 paquetes/minuto (con producto de hasta L150 mm y 2 kg de peso). Dentro de condiciones MID (M). Para modelos CW-4300+/350 y CW-4300+/600, consultar.	Consultar
Rechazo por 2 pistones neumáticos (para modelo CW-4300+/400)	1 carro de rechazo de L1.000 x A280 mm con 2 pistones neumáticos.* Para productos de hasta L300 x A280 mm y de hasta 6 kg de peso (en pesaje dinámico). Rendimiento**: 150 paquetes/minuto (con producto de hasta L150 mm y 2 kg de peso). Dentro de condiciones MID (M). Para modelos CW-4300+/350 y CW-4300+/600, consultar.	Consultar
Otros sistemas de rechazo (por soplado de aire, pala giratoria o carro abatible)	Dependiendo del tipo de producto/envase, velocidad requerida, sistema de recogida, etc., puede ser requerido un sistema de rechazo diferente al de pistón.	Consultar
Carro L600 x A280 mm (sustitución del carro de L400 x A280 mm)	Para modelo CW-4300+/400.	Consultar
Carro L800 x A280 mm (sustitución del carro de L400 x A280 mm)	Para modelo CW-4300+/400.	Consultar
Carro de pesaje L800 x A280 mm 4 células, no MID (sustitución del carro de L400 x A280 mm)	Para modelo CW-4300+/400.	Consultar
Carro L400 x A400 mm (sustitución del carro de L600 x A400 mm)	Para modelo CW-4300+/600.	Consultar
Carro L800 x A400 mm (sustitución del carro de L600 x A400 mm)	Para modelo CW-4300+/600.	Consultar
Carro de pesaje L800 x A400 mm 4 células, no MID (sustitución del carro de L600 x A400 mm)	Para modelo CW-4300+/600.	Consultar

Accesorios



Ref: Consultar

Carro motorizado

Carro de entrada/salida L1.000 x A280 mm, con banda lisa.



Ref: Consultar

Cámara de visión artificial Dibal Vision

Consultar aplicaciones.



Ref: Consultar

Lectores de código de barras

Consultar aplicaciones.



Ref: Consultar

Línea de rodillos

Línea de rodillos para traslado o acumulación de productos.



Ref: Consultar

Mesa giratoria

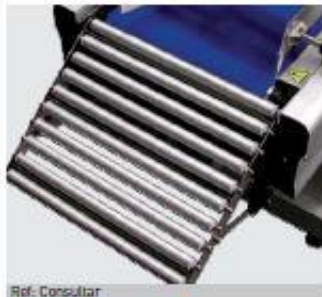
Facilita la recogida de los productos ya envasados y/o etiquetados.



Ref: Consultar

Rampa de salida de A200 mm

Rodillos de PVC no motorizados para carros de A200 mm.



Ref: Consultar

Rampa de salida de A280 mm

Rodillos de PVC no motorizados para carros de A280 mm.



Ref: Consultar

Rampa de salida de A400 mm

Rodillos de PVC no motorizados para carros de A400 mm.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

4.9. Soplantes.

Empresa: Idemur.

SKS

BOMBAS SOPLANTES

CARACTERÍSTICAS

Las turbinas de canal lateral están disponibles en una amplia selección para funcionamientos hasta 3000 m³/h y presiones diferenciales de 1000 mbar.

Cubren los requisitos más variados con gran flexibilidad y gran alcance. Las turbinas de canal lateral ofrecen motores de 50 Hz en IP 55 (aislamiento clase F) con tensiones de 200-240 / 380-415 V. y tienen aprobación UL 507 y CSA 22.2. ideal para uso universal.



DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CURVA	KW	VOLTAJE V.	CONSUMO Amp.	CAUDAL m ³ /h	VACÍO mbar.	PRESIÓN mbar.	NIVEL SONORO Db.	PESO Kg.	Ø CONEX.
SKS 80	01507099	120	0,4	200-240/345-415	2,8/1,5	80	120	130	53	10	2"
SKS 140	04660799	130	0,7	200-240/345-415	3,8/2,2	105	120	130	54	12	2"
SKH 250	5052000099	140	1,3	200-240/345-415	6,6/3,8	210	170	170	64	20	2"
SKH 250	5052000199	141	1,8	200-240/345-415	7,5/4,3	210	200	190	64	21	2"
SKH 300	6052000199	150	2,2	200-240/345-415	10/5,8	270	230	250	67	27	2"
SKH 300	6062000199	151	3	200-240/345-415	12,5/7,2	318	270	290	69	34	2"
SKS 475	0919519	160	5,5	200-240/345-415	25,3/14,6	552	250	280	74	78	2"
SKS 550	0900119	170	7,5	345-415/600-720	17,3/10	552	310	390	74	82	2"
SKS 1000	08300999	180	13	345-415/600-720	27,15,6	1134	305	295	76	112	2"
SKS 80 2V	01913099	210	0,7	200-240/345-415	3,8/2,2	88	210	240	55	14	2"
SKS 156 2V	04665309	220	1,8	200-240/345-415	7,5/4,3	150	280	280	66	24	2"
SKS 156 2V	046652999	221	2,2	200-240/345-415	9,7/5,6	150	330	440	66	27	2"
SKS 222 2V	0481619	230	3	220-240/380-415	12,5/7,2	222	345	410	72	39	2"
SKS 400 2V	0665009	240	4	220-240/380-415	15,8/9	312	370	350	75	55	2"
SKS 475 2V	0919529	241	5,5	220-240/345-415	25,3/14,6	312	470	530	75	72	2"
SKH 570 2V	09001199	251	13	345-415/600-720	27/15,6	576	450	600	76	142	2"

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

4.10. Conducciones.

Empresa: Grupo Chinchurreta.

Gama I

 Frío: Tubos Redondos

Diámetro (mm)	ESPEJOR - Euros / 100 metros			Diámetro (mm)	ESPEJOR - Euros / 100 metros		
	3	4	5		3	4	5
30	217,66			100	802,59	1.057,65	1.358,66
33,7	247,61			101,6	816,08	1.076,25	1.381,37
38	281,61			108	867,62	1.150,68	
40	290,52			110	885,23	1.173,37	
42	323,30			113	908,93	1.206,42	1.543,88
42,4	309,03			114,3	871,44	1.153,69	1.488,39
45	329,64			120	916,79	1.206,24	
48	352,28			125	955,96	1.259,79	1.630,91
48,3	355,45	462,53					
50	368,79	481,07					
55	430,74	561,88					
57	447,26	584,62					
60	447,07	584,07	747,28				
60,3	449,14	587,13					
63	495,78	650,76					
70	525,36	689,11					
76,1	572,73	753,01	967,19				
80	603,68	794,23	1.019,82				
83	661,04	870,78					
88,9	710,66	935,73	1.196,19				
89	710,66	937,85	1.207,58				
90	681,98	897,18					
95	761,23	1.002,92					

 Frío: Tubos Redondos

Diámetro (mm)	ESPEJOR - Euros / 100 metros			
	3	4	5	6
76,1				1.146,83
80				1.201,50
88,9				1.373,71
100				1.531,73
101,6				1.616,38
113				1.810,75
114,3				1.786,94
125				1.939,46
127	984,42	1.298,83		1.972,52
133	1.031,79	1.362,68	1.741,28	2.072,72
139,7	1.083,38	1.437,93	1.830,16	2.182,11
152	1.229,12	1.630,90	2.074,54	2.475,69
152,4	1.239,45	1.630,90	2.085,80	2.487,15
159	1.233,92	1.642,15	2.094,35	2.490,69
164	1.277,23	1.695,65	2.103,25	
168,3	1.309,16	1.737,87	2.215,17	2.645,50
177,8	1.384,42	1.834,79	2.347,19	2.799,27
193,7	1.575,20	2.088,49	2.670,29	3.186,31
200	1.630,90	2.155,50	2.750,77	3.289,77
219,1	1.786,94	2.367,24	3.025,85	3.610,39

4.11. Carretillas elevadoras.

Empresa: Linde

Carretilla para transporte y elevación del mezclador.

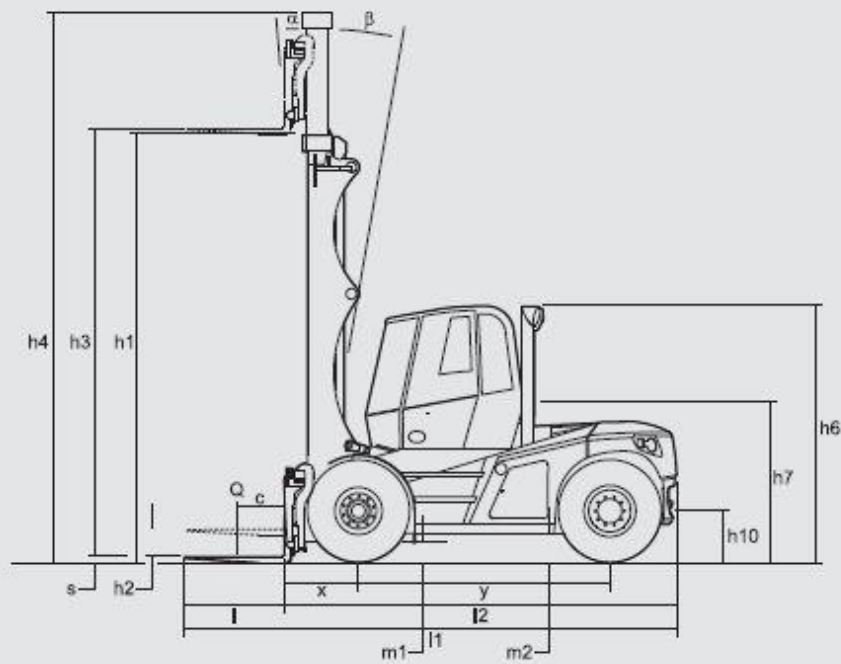
Datos técnicos

Características	1.1	Fabricante (designación abreviada)		LINDE	LINDE
	1.2	Modelo (designación de modelo del fabricante)		H 100	H 120
	1.3	Sistema de tracción (batería, diésel, GLP, eléctrico)		Diésel	Diésel
	1.4	Conducción (manual, acompañante, incorporado, sentado, preparación de pedidos)		Sentado	Sentado
	1.5	Capacidad de carga	Q (ton)	10	12
	1.6	Distancia al centro de gravedad de la carga	c (mm)	600	600
	1.8	Distancia entre centro de eje delantero y respaldo de horquillas	x (mm)	850	850
	1.9	Distancia entre ejes (batalla)	y (mm)	2.900	2.900
	Pesos	2.1	Peso propio	kg	16.812
2.2		Peso sobre ejes con carga, delante/atrás	kg	23.636/3.168	26.445/3.199
2.3		Peso sobre ejes sin carga, delante/atrás	kg	9.344/7.468	9.193/8.447
Ruedas	3.1	Bandajes, delante/atrás (SE = superelásticos, N = neumáticos)		N/N	N/N
	3.2	Dimensiones ruedas delanteras		10,00 x 20/16 pr	10,00 x 20/16 pr
	3.3	Dimensiones ruedas traseras		10,00 x 20/16 pr	10,00 x 20/16 pr
	3.5	Cantidad de ruedas (x = motrices), delante/atrás		4x/2	4x/2
	3.6	Ancho de vía, a centro de ruedas delante	b10 (mm)	1.874	1.874
	3.7	Ancho de vía, a centro de ruedas atrás	b11 (mm)	1.767	1.767
	Dimensiones	4.1	Inclinación del mástil/tablero portahorquillas, delante/atrás	a/B (°)	5/10
4.2		Altura del mástil plegado	h1 (mm)	4.329	4.329
4.3		Elevación libre	h2 (mm)	150	150
4.4		Altura de elevación	h3 (mm)	6.000	6.000
4.5		Altura del mástil extendido	h4 (mm)	7.329	7.329
4.7		Altura sobre el tejadillo protector (cabina)	h6 (mm)	2.905	2.905
4.8		Altura del asiento/puesto de conducción	h7 (mm)	1.740	1.740
4.12		Altura del enganche	h10 (mm)	515	515
4.19		Longitud total	l1 (mm)	5.669	5.669
4.20		Longitud hasta respaldo de horquillas	l2 (mm)	4.518	4.518
4.21		Anchura total	b1/b2 (mm)	2.535/2.545	2.535/2.545
4.22		Sección de horquillas (grosor x anchura x longitud)	s/e/l (mm)	70 x 180 x 1.150	70 x 180 x 1.150
4.23		Tablero portahorquillas		Universal	Universal
4.24		Anchura del tablero portahorquillas	b3 (mm)	2.545	2.545
4.25		Abertura de horquillas, mínimo/máximo	b5 (mm)	630/2.370	630/2.370
4.31		Altura libre sobre el suelo desde parte inferior del mástil	m1 (mm)	172	172
4.32		Altura libre sobre el suelo desde centro de batalla	m2 (mm)	255	255
4.33		Anchura del pasillo container 20"	Ast (mm)	6.192	6.192
4.34		Anchura del pasillo container 40"	Ast (mm)	-	-
4.35	Radio de giro	We (mm)	3.992	3.992	
4.36	Mínima distancia de rotación	b13 (mm)	1.228	1.228	
Rendimiento	5.1	Velocidad de traslación, con/sin carga	km/h	27,8/29,7	27,8/29,7
	5.2	Velocidad de elevación, con/sin carga	m/s	0,54/0,56	0,54/0,56
	5.3	Velocidad de descenso, con/sin carga	m/s	0,54/0,54	0,54/0,54
	5.5	Fuerza de tracción, con/sin carga	kN	69,4	69,4
	5.8	Pendiente superable, con/sin carga	%	24,5	22,56
	5.9	Tiempo de aceleración, con/sin carga	s	5,0	5,0
	5.10	Freno de servicio		Hidrostático	Hidrostático
Accionamiento	6.4	Capacidad nominal de la batería	V/Ah	24V (2x 12/130)	24V (2x 12/130)
	7.1	Fabricante del motor/tipo		Cummins QSB 5,9-30-1AA	Cummins QSB 5,9-30-1AA
	7.2	Potencia nominal según ISO 1585	kW	129	129
	7.3	Revoluciones nominales	1/min	2.300	2.300
	7.4	Número de cilindros/cubicaje	/cm ³	6/5.900	6/5.900
7.5	Consumo de combustible según ciclo VDI	l/h	-	-	
Otros	8.1	Tipo de transmisión		Hidros./infinit. variable	Hidros./infinit. variable
	8.2	Presión de servicio para implementos	bar	250	250
	8.3	Cantidad de aceite para implementos	l/min	-	-
	8.4	Nivel sonoro al oído del conductor, tejadillo protector/cabina	dB (A)	-	-
	8.5	Enganche de remolque, tipo/modelo DIN	Ø (mm)	50	50

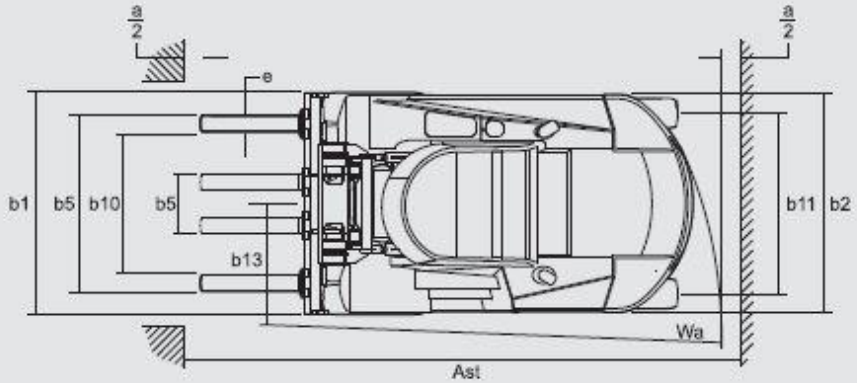
Variantes de mástiles dúplex

Mástiles dúplex panorámicos inclinables con tablero portahorquillas, con elevación libre

H 100, H 120																		
h1	Altura de elevación		3.000	3.500	4.000	4.500	5.000	5.500	6.000	6.500	7.000							
h2	Elevación libre		1.390	1.640	1.890	2.140	2.390	2.640	2.890	3.140	3.390							
h1	Altura del mástil plegado		2.950	3.200	3.450	3.700	3.950	4.200	4.450	4.700	4.950							
h4	Altura del mástil extendido		4.570	5.080	5.580	6.080	6.580	7.080	7.580	8.080	8.580							
	Inclinación delante/atrás		5/7	5/7	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10							
					2 alturas de 9'6" mediante spreader lateral"							3 alturas de 9'6" mediante spreader lateral"						



$$\frac{a}{2} = 100$$



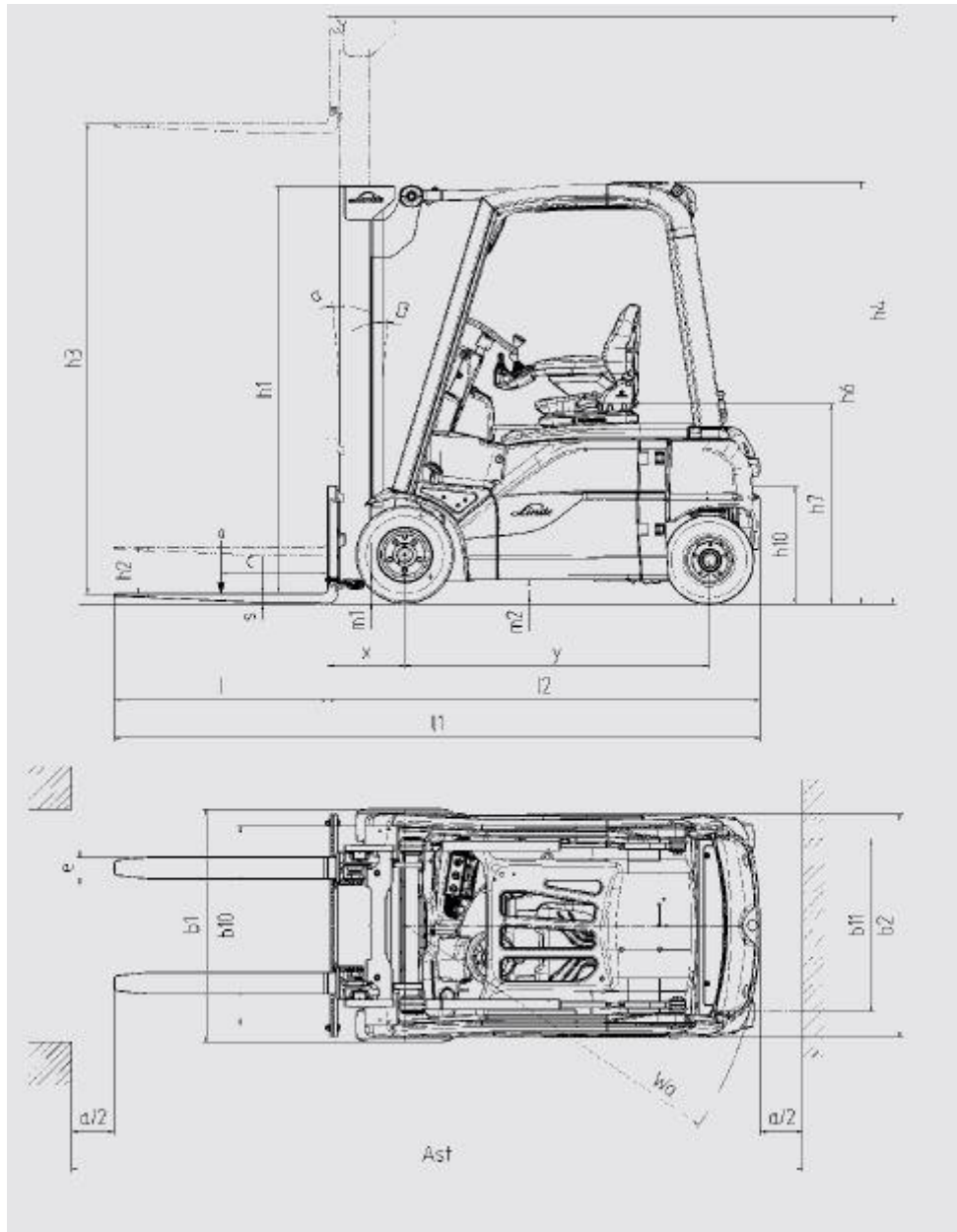
Carretilla para transporte y elevación del producto final.

Información Técnica conforme a las directrices VDI 2198

			LINDE	LINDE	
Características	1.1	Fabricante			
	1.2	Denominación de modelo	E16P (575Ah)	E16PH (700Ah)	
	1.2a	Serie	386-02	386-02	
	1.3	Sistema de tracción	Batería	Batería	
	1.4	Conducción	Sentado	Sentado	
	1.5	Capacidad de carga	Q (t)	1,6	1,6
	1.6	Centro de carga	c (mm)	500	500
	1.8	Centro de eje a talón de horquilla	x (mm)	365	365
	1.9	Distancia entre ejes (batalla)	y (mm)	1.429 ¹⁾	1.481 ¹⁾
Pesos	2.1	Peso propio	(kg)	3.015 ²⁾	3.360 ²⁾
	2.2	Carga de eje con carga, eje delantero/trasero	(kg)	4.094 / 521	4.205 / 755
	2.3	Carga de eje sin carga, eje delantero/trasero	(kg)	1.525 / 1.490 ²⁾	1.670 / 1.690 ²⁾
Ruedas	3.1	Ruedas (goma, SE, neumáticas, poliuretano)	SE	SE	
	3.2	Dimensiones de las ruedas, delante	180/70-8 (18x7-8)	180/70-8 (18x7-8)	
	3.3	Dimensiones de las ruedas, detrás	16x6-8	16x6-8	
	3.5	Cantidad de ruedas, (x = motrices), delante/atrás	2x / 2	2x / 2	
	3.6	Ancho de vía, delante	b10 (mm)	930	930
	3.7	Ancho de vía, detrás	b11 (mm)	807	807
	4.1	Inclinación del mástil/portahorquillas, adelante/atrás	a/b (°)	5,0 / 7,0	5,0 / 7,0
4.2	Altura de mástil, replegado	h1 (mm)	2.019	2.194	
4.3	Elevación libre	h2 (mm)	150	150	
4.4	Elevación	h3 (mm)	2.800	3.150	
4.5	Altura de mástil, extendido	h4 (mm)	3.401	3.751	
4.7	Altura del tejadillo protector (cabina)	h6 (mm)	1.970	2.130	
4.8	Altura de asiento/nivel de la plataforma	h7 (mm)	908	1.065	
4.12	Altura del enganche	h10 (mm)	538	602	
4.19	Longitud total	l1 (mm)	2.929	2.978	
4.20	Longitud hasta talón de horquilla	l2 (mm)	2.029	2.078	
4.21	Anchura total	b1/b2 (mm)	1.090 / 1.050	1.090 / 1.050	
4.22	Dimensiones de horquillas	s/e/l (mm)	40 x 80 x 900	40 x 80 x 900	
4.23	Portahorquillas conforme a ISO 2328, clase/tipo A, B		2A	2A	
4.24	Anchura del portahorquillas	b3 (mm)	980	980	
4.31	Distancia hasta el suelo, debajo del mástil	m1 (mm)	97	97	
4.32	Distancia al suelo, centro de batalla	m2 (mm)	103	103	
4.33	Anchura de pasillo con palé 1.000 x 1.200, transversal	Ast (mm)	3.355 ²⁾	3.404 ²⁾	
4.34	Anchura de pasillo con palé 800 x 1.200, longitudinal	Ast (mm)	3.479 ²⁾	3.528 ²⁾	
4.35	Radio de giro	Wa (mm)	1.664	1.713	
4.36	Distancia mínima de rotación	b13 (mm)	0	0	
Rendimiento	5.1	Velocidad de traslación, con/sin carga	(km/h)	20 / 20	20 / 20
	5.2	Velocidad de elevación, con/sin carga	(m/s)	0,5 / 0,6	0,5 / 0,6
	5.3	Velocidad de descenso, con/sin carga	(m/s)	0,58 / 0,5	0,58 / 0,5
	5.5	Fuerza de tracción, con/sin carga	(N)	2.300 / 2.300	2.300 / 2.300
	5.6	Fuerza máxima de tracción, con/sin carga	(N)	11.000 / 11.000	11.000 / 11.000
	5.7	Pendiente superable, con/sin carga	(%)	6,8 / 10,4	6,6 / 9,9
	5.8	Pendiente máxima superable, con/sin carga	(%)	25,0 / 40,1	23,2 / 35,4
	5.9	Tiempo de aceleración, con/sin carga	(s)	4,5 / 3,8	4,5 / 3,8
	5.10	Freno de servicio		hidr./mec.	hidr./mec.
	Motor	6.1	Motor de tracción, potencia horaria 60 minutos	(kW)	2x 5
6.2		Motor de elevación, a un S3 15%	(kW)	11	11
6.3		Batería según DIN 43531/35/36 A, B, C, no		43 531 / A	43 531 / A
6.4		Tensión de la batería/capacidad nominal (5 h)	(V/Ah)	48 / 575/625	48 / 700/775
6.5		Peso de la batería (± 5%)	(kg)	856	1.118
6.6		Consumo energético según ciclo VDI	(kWh/h)	4,9	5,1
Otras	8.1	Tipo de control de tracción		Digital/sin escalonam.	Digital/sin escalonam.
	8.2	Presión hidráulica para accesorios	(bar)	170	170
	8.3	Cantidad de aceite para accesorios	(l/min)	32	32
	8.4	Nivel de ruido junto al oído del operador	(dB(A))	< 65	< 65

1) Mástil en posición vertical
2) Valores con batería, véase línea 6.4/6.5.
3) Incluida una distancia de seguridad (mín.) de 200 mm.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.



Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

4.PLANOS

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

ÍNDICE

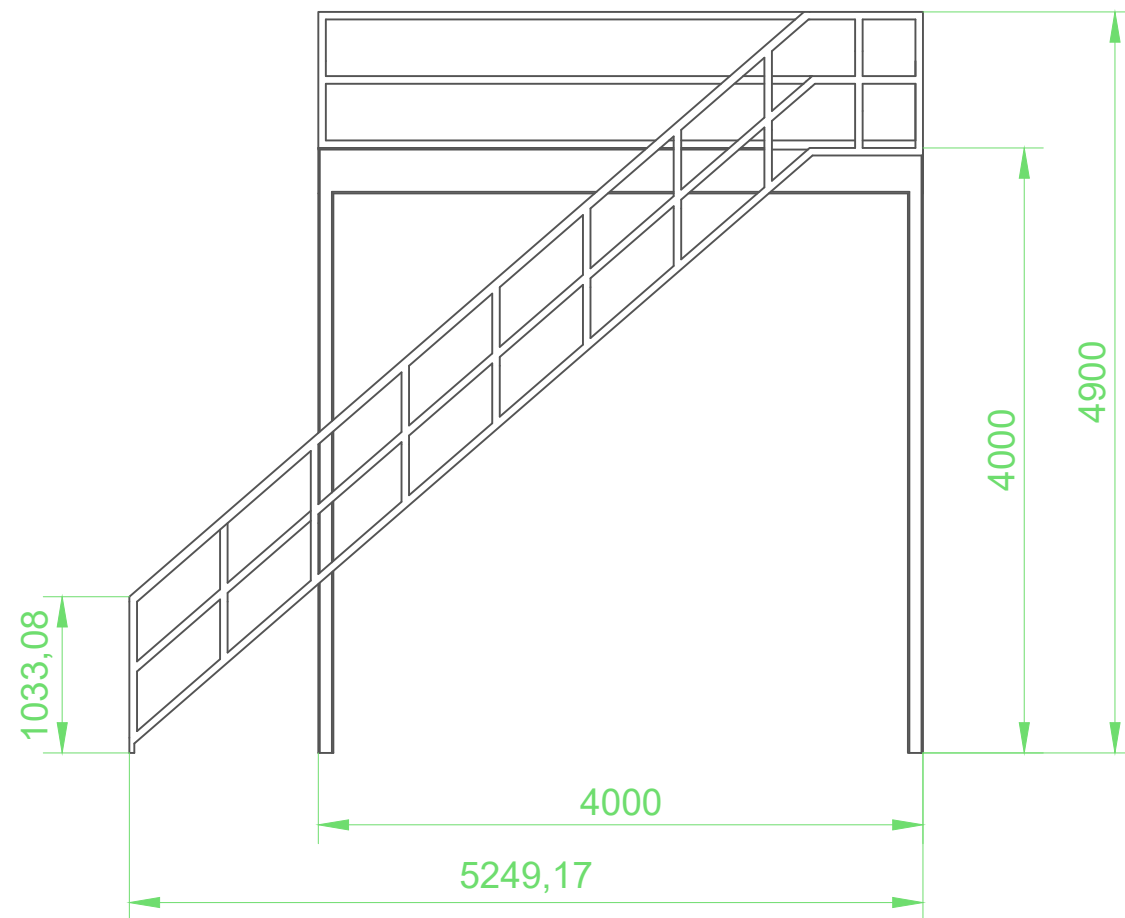
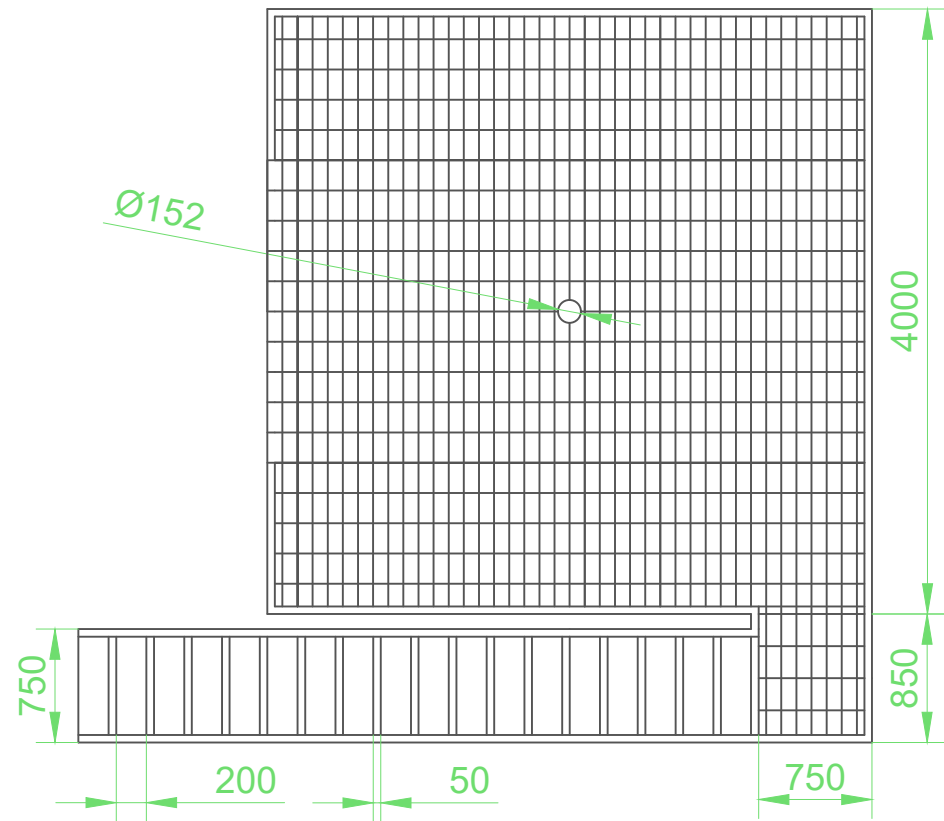
Plano 1: Dimensionado de la estructura metálica.

Plano 2: Dimensionado de la tolva.

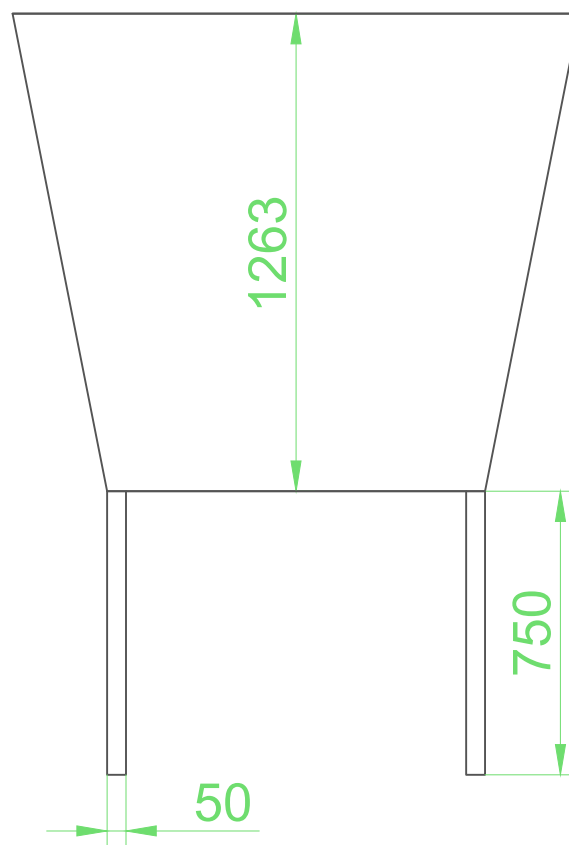
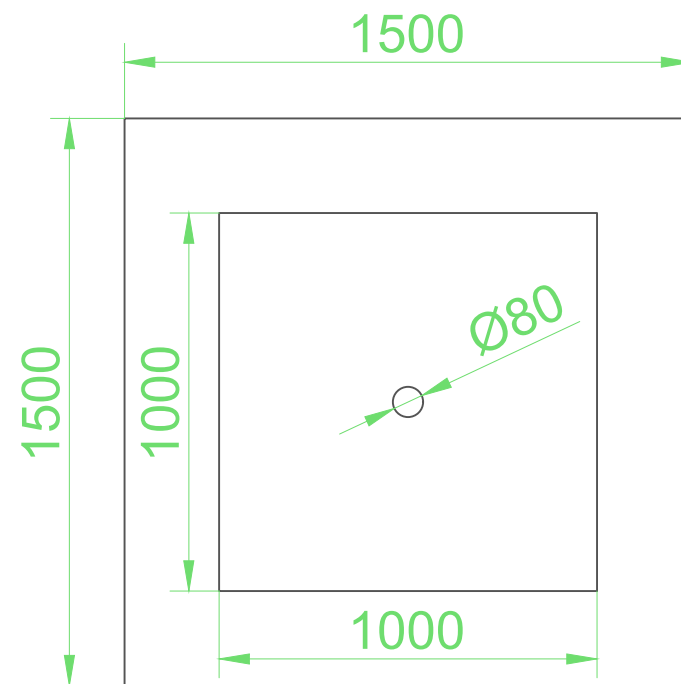
Plano 3: Dimensionado del ciclón.

Plano 4: Dimensionado de una línea de producción.

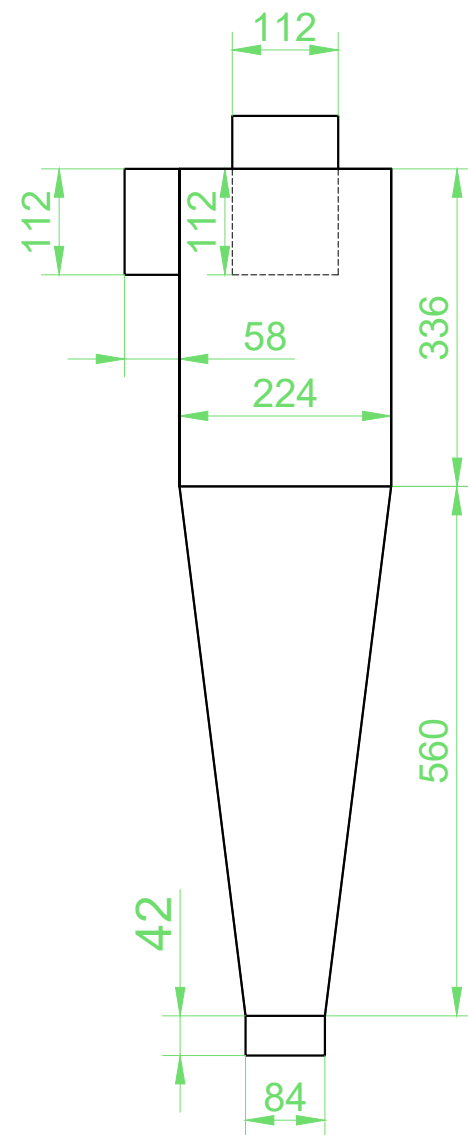
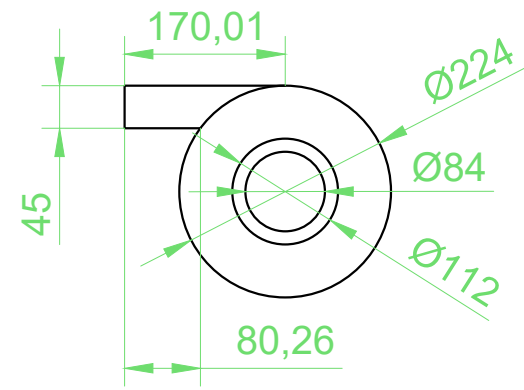
Plano 5: Dimensionado de toda la instalación.



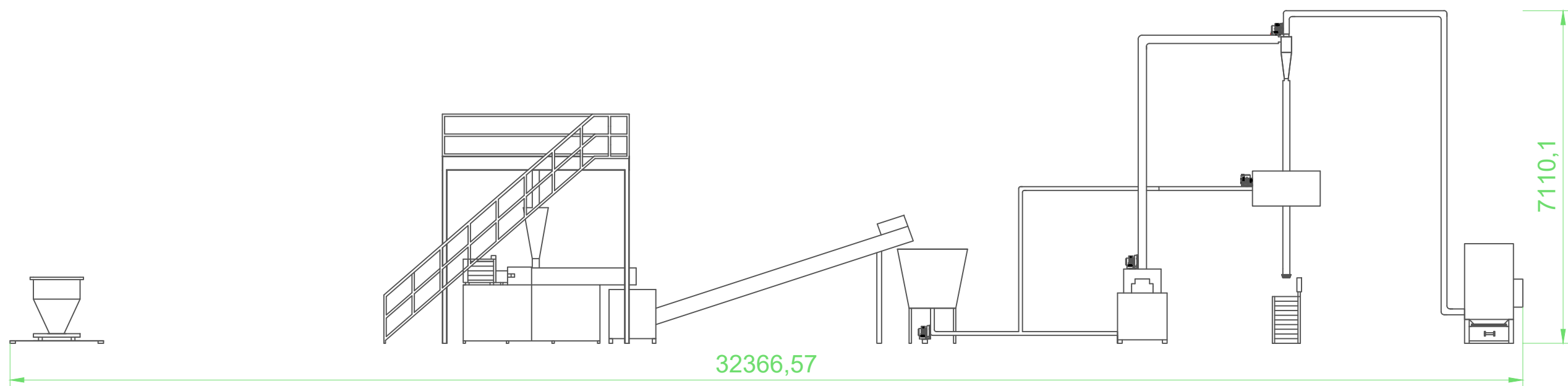
Razón	Escala	Título	
TFG	E 1:50	Dimensionado de la estructura metálica	
	mm	Autor	Núm. Plano
	Proyección	Jiménez González, Rubén	1




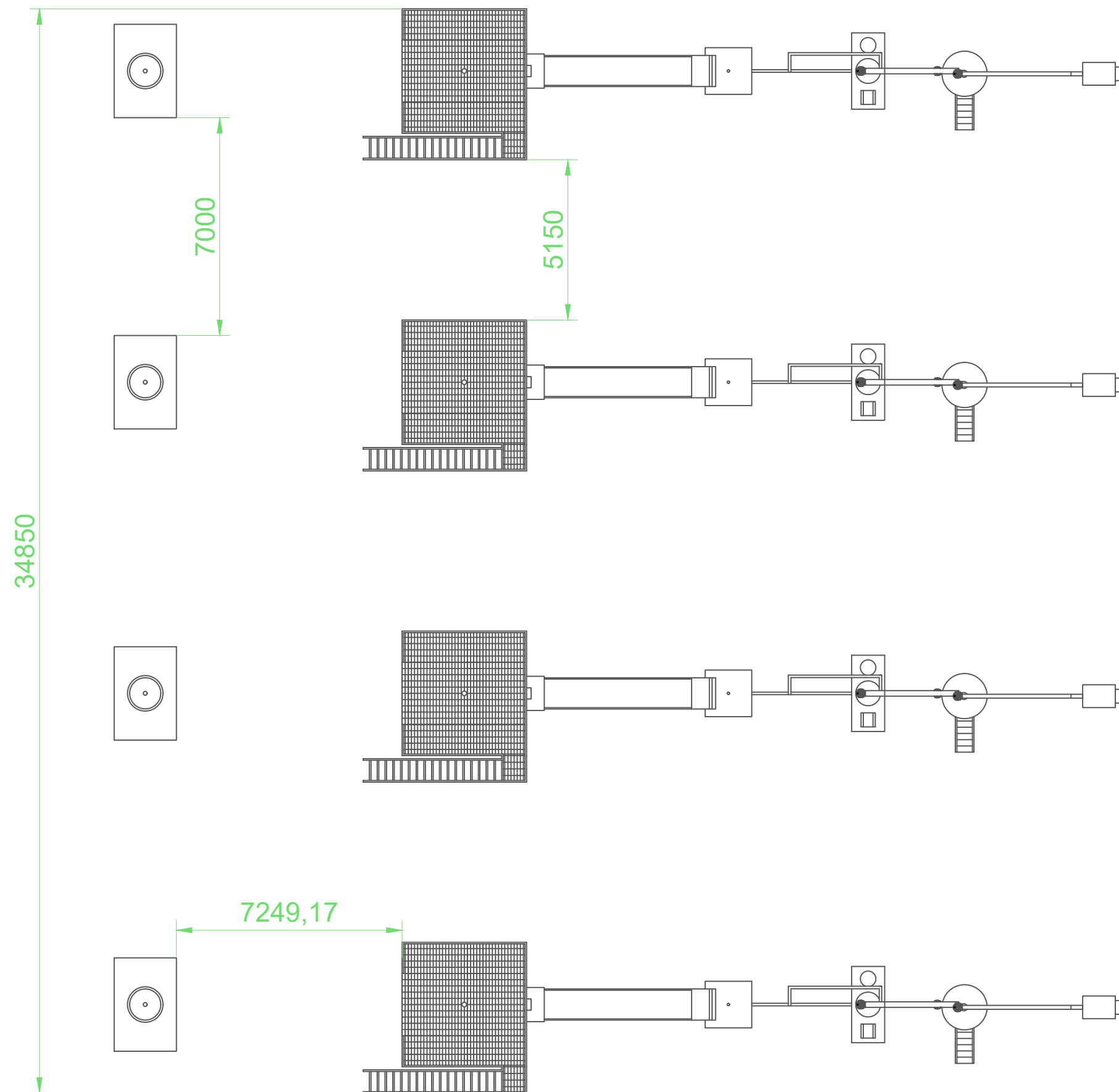
Razón	Escala	Título	
TFG	E 1:20	Dimensionado de la tolva	
	mm	Autor	Núm. Plano
	Proyección	Jiménez González, Rubén	2





Razón	Escala	Título	
TFG	E 1:5	Dimensionado del ciclón	
	mm		
	Proyección	Autor	Núm. Plano
		Jiménez González, Rubén	3



Razón	Escala	Título	
TFG	E 1:100	Dimensionado de una línea de producción	
	mm	Autor	Núm. Plano
	Proyección	Jiménez González, Rubén	4



Razón	Escala	Título	
TFG	E 1:150	Dimensionado de toda la instalación	
 UNIVERSITAT JAUME I	mm	Autor	Núm. Plano
	Proyección	Jiménez González, Rubén	5
			

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

5. PLIEGO DE **CONDICIONES**

ÍNDICE

1. Disposiciones de carácter general.....	3
1.1. Objeto del Pliego de Condiciones.....	3
1.2. Contrato de Obra.....	3
1.3. Documentación del contrato de obra.....	3
1.4. Formalización del contrato de obra.....	3
1.5. Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista.....	4
1.6. Accidentes de trabajo.....	4
1.7. Daños y perjuicios a terceros.....	5
2. Disposiciones facultativas.....	5
2.1. El promotor.....	5
2.1.1. Obligaciones del promotor.....	6
2.2. El proyectista.....	7
2.2.1. Obligaciones del proyectista.....	7
2.3. El constructor o contratista.....	9
2.3.1. Obligaciones del constructor o contratista.....	9
2.4. El director de obra.....	12
2.4.1. Obligaciones del director de obra.....	12
2.5. El director de la ejecución de la obra.....	14
2.5.1. Obligaciones del director de ejecución de la obra.....	14
3. Disposiciones económicas.....	17
3.1. Contrato de obra.....	17
3.2. Criterio general.....	18
3.3. Fianzas.....	18
3.3.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza.....	18
3.3.2. Devolución de las fianzas.....	18
3.3.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.....	19
3.4. Precios.....	19
3.5. Indemnizaciones mutuas.....	19
3.5.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras.....	19
3.5.2. Demora de los pagos por parte del promotor.....	19
3.6. Seguro de las obras.....	19
3.7. Conservación de la obra.....	19

3.8. Plazos de ejecución: Planning de obra.....	19
3.9. Liquidación de las obras.....	20
3.10. Liquidación final de obra.....	20
4. Disposiciones legales.....	20
4.1. Contrato de obra.....	20
4.2. Rescisión de contrato.....	21
4.3. Formalización del contrato.....	21
5. Pliego de condiciones técnicas particulares.....	21
5.1. Prescripciones sobre los materiales.....	21
5.1.1. Aceros para estructuras metálicas.....	22
5.1.1.1. Condiciones de suministro.....	22
5.1.1.2. Recepción y control.....	23
5.1.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación.....	23
5.1.1.4. Recomendaciones para su uso en obra.....	23
5.1.2. Tubos de acero.....	24
5.1.2.1. Condiciones de suministro.....	24
5.1.2.2. Recepción y control.....	24
5.1.2.3. Conservación, almacenamiento y manipulación.....	24
5.2. Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.....	24
5.2.1. Instalaciones eléctricas.....	24
5.2.2. Instalaciones de fontanería.....	25
5.2.3. Instalaciones de climatización.....	25
5.2.4. Instalación de la maquinaria.....	26
5.2.5. Instalaciones de protección.....	27
5.2.6. Obras o instalaciones no especificadas.....	27
5.3. Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado.....	27
5.3.1. Estructuras.....	28
5.3.2. Instalaciones.....	28

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

1. Disposiciones de carácter general

1.1. Objeto del Pliego de Condiciones

La finalidad del pliego de condiciones es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el promotor y el contratista.

1.2. Contrato de obra.

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

1.3. Documentación del contrato de obra.

Integran el contrato de obra los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anexos ,mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

1.4. Formalización del contrato de obra.

Los contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes. El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anexos, el Estado de Mediciones,

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el Proyecto.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, y el Presupuesto.

Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el contratista.

1.5. Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista.

Las obras se ejecutarán con estricta sujeción a las estipulaciones contenidas en el pliego de cláusulas administrativas particulares y al proyecto que sirve de base al contrato y conforme a las instrucciones que la Dirección Facultativa de las obras diere al contratista.

Cuando las instrucciones sean de carácter verbal, deberán ser ratificadas por escrito en el más breve plazo posible, para que sean vinculantes para las partes.

El contratista es responsable de la ejecución de las obras y de todos los defectos que en la construcción puedan advertirse durante el desarrollo de las obras y hasta que se cumpla el plazo de garantía, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

1.6. Accidentes de trabajo.

Es de obligado cumplimiento el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción" y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el contratista.

1.7. Daños y perjuicios a terceros.

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

2. Disposiciones facultativas.

2.1. El promotor.

Es la persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

Según la legislación vigente, a la figura del promotor se equiparan también las de gestor de sociedades cooperativas, comunidades de propietarios, u otras análogas que asumen la gestión económica de la edificación.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Cuando las Administraciones públicas y los organismos sujetos a la legislación de contratos de las Administraciones públicas actúen como promotores, se regirán por la "Ley 9/2017. Ley de Contratos del Sector Público" y, en lo no contemplado en la misma, por las disposiciones de la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación".

2.1.1. Obligaciones del promotor.

Las obligaciones por parte del promotor son las siguientes:

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra, al director de la ejecución de la obra y al contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.
- Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.
- Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.
- Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.
- La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

- Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".
- Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.
- Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

2.2. El proyectista.

Es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

2.2.1. Obligaciones del proyectista.

Las obligaciones por parte del proyectista son:

- Redactar el proyecto por encargo del promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al

promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.

- Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales del edificio, en especial la cimentación y la estructura. Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en el edificio para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al director de obra antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.
- Acordar con el promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.
- Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del director de obra y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.
- Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del director de obra y previo acuerdo con el promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.
- Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

2.3. El constructor o contratista.

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

CABE EFECTUAR ESPECIAL MENCIÓN DE QUE LA LEY SEÑALA COMO RESPONSABLE EXPLÍCITO DE LOS VICIOS O DEFECTOS CONSTRUCTIVOS AL CONTRATISTA GENERAL DE LA OBRA, SIN PERJUICIO DEL DERECHO DE REPETICIÓN DE ÉSTE HACIA LOS SUBCONTRATISTAS.

2.3.1. Obligaciones del constructor o contratista.

Las obligaciones por parte del constructor o contratista son:

- Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.
- Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.
- Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.
- Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".
- Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del

equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

- Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.
- Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.
- Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del director de obra y del director de la ejecución material de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales o *lex artis*, aun cuando estos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.
- Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.
- Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el director de ejecución material de la obra.

- Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del director de la ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.
- Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.
- Poner a disposición del director de ejecución material de la obra los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.
- Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa.
- Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.
- Facilitar a los directores de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.
- Suscribir las garantías de obra que se señalan en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

2.4. El director de obra.

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de obra.

2.4.1. Obligaciones del director de obra.

Las obligaciones por parte del director de la obra son las que siguen:

- Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.
- Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al promotor.
- Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.
- Asesorar al director de la ejecución de la obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.
- Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta

interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

- Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Informar puntualmente al promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conllevan una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.
- Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.
- Al Proyecto Final de Obra se anexará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.
- La documentación a la que se hace referencia en los dos apartados anteriores es parte constituyente del Libro del Edificio y el promotor deberá entregar una copia completa a los usuarios finales del mismo que, en el caso de edificios de viviendas plurifamiliares, se materializa en un ejemplar que deberá ser custodiado por el Presidente de la Comunidad de Propietarios o por el Administrador, siendo éstos los responsables de divulgar al resto de propietarios su contenido y de hacer cumplir los requisitos de mantenimiento que constan en la citada documentación.
- Además de todas las facultades que corresponden al director de obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada

alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

- Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los directores de obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

2.5. El director de la ejecución de la obra.

Es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la Ejecución Material de la Obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado. Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el director de obra, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

2.5.1. Obligaciones del director de ejecución de la obra.

Las obligaciones a cumplir por parte del director de ejecución de la obra son:

- La Dirección inmediata de la Obra.
- Verificar personalmente la recepción a pie de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.
- Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del director de obra.
- Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al director de obra o directores de obra que fueran

necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.

- Comprobar los replanteos, los materiales, hormigones y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.
- Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, extendiéndose dicho cometido a todos los elementos de cimentación y estructura horizontal y vertical, con comprobación de sus especificaciones concretas de dimensionado de elementos, tipos de viguetas y adecuación a ficha técnica homologada, diámetros nominales, longitudes de anclaje y adecuados solape y doblado de barras.
- Observancia de los tiempos de encofrado y desencofrado de vigas, pilares y forjados señalados por la Instrucción del Hormigón vigente y de aplicación.
- Comprobación del correcto dimensionado de rampas y escaleras y de su adecuado trazado y replanteo con acuerdo a las pendientes, desniveles proyectados y al cumplimiento de todas las normativas que son de aplicación; a dimensiones parciales y totales de elementos, a su forma y geometría específica, así como a las distancias que deben guardarse entre ellos, tanto en horizontal como en vertical.
- Verificación de la adecuada puesta en obra de fábricas y cerramientos, a su correcta y completa trabazón y, en general, a lo que atañe a la ejecución material de la totalidad de la obra y sin excepción alguna, de acuerdo a los criterios y leyes de los materiales y de la correcta construcción (lex artis) y a las normativas de aplicación.
- Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al contratista y, en su caso, a los subcontratistas.
- Consignar en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.
- Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.
- Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a las

especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.

- Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Ordenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los directores de obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al promotor.
- Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias de elementos estructurales, así como las pruebas de estanqueidad de fachadas y de sus elementos, de cubiertas y sus impermeabilizaciones, comprobando la eficacia de las soluciones.
- Informar con prontitud a los directores de obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.
- Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el contratista, los subcontratistas y el personal de la obra.
- Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión relativos a los elementos de la cimentación, muros y estructura, a las pruebas de estanqueidad y escorrentía de cubiertas y de fachadas, a las verificaciones del funcionamiento de las instalaciones de saneamiento y desagües de pluviales y demás aspectos señalados en la normativa de Control de Calidad.
- Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

- Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el director de la ejecución de la obra, se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

3. Disposiciones económicas.

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, promotor y contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

3.1. Contrato de obra.

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el promotor y el contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (director de obra y director de ejecución de la obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del promotor.
- Presupuesto del contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

3.2. Criterio general.

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

3.3. Fianzas.

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

3.3.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

3.3.2. Devolución de las fianzas.

La fianza recibida será devuelta al contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

3.3.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales.

Si el promotor, con la conformidad del director de obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

3.4. Precios.

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Descompondremos el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, calcularemos el presupuesto.

3.5. Indemnizaciones mutuas.

3.5.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras.

Si, por causas imputables al contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el promotor podrá imponer al contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

3.5.2. Demora de los pagos por parte del promotor.

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

3.6. Seguro de las obras.

El contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

3.7. Conservación de la obra.

El contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

3.8. Plazos de ejecución: Planning de obra.

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

3.9. Liquidación económica de las obras.

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el promotor y el contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo con la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el promotor, el contratista, el director de obra y el director de ejecución de la obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de estas a cargo del promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

3.10. Liquidación final de obra.

Entre el promotor y contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

4. Disposiciones legales.

4.1. Contrato de obra.

El Contratista, con carácter general, está obligado a ejecutar esmeradamente todas las obras que se le asignan, así como a cumplir rigurosamente todas las condiciones estipuladas en este Pliego o en el Contrato.

De la calidad y buena ejecución de las obras contratadas, el Contratista será el único responsable, no teniendo derecho a indemnizaciones en el caso de mayor precio que pudiese costarle la obra, ni por las erradas maniobras que cometiera durante la construcción, siendo

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

a su cuenta y riesgo independientemente de la inspección que de ellas haya podido haber hecho el Técnico Director de obra.

4.2. Rescisión del contrato.

La rescisión, si se produjera, se regirá por el Reglamento General de Contratación para Aplicación de la Ley de Contratos de Estado, por el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales y demás disposiciones vigentes. Serán causas suficientes de rescisión las siguientes:

- Muerte o incapacitación del Contratista.
- Quiebra del Contratista.
- Alteraciones del contrato por modificación del proyecto, variación en las unidades de obra, incumplimiento de contrato o abandono o suspensión de la obra sin causa justificada.

4.3. Formalización del contrato.

La formalización del contrato se verificará por documento privado con el compromiso por ambas partes, Propiedad y Contratista de elevarlo a Documento Público a petición de cualquiera de ellos, como complemento del Contrato, los Planos y demás documentos del Proyecto irán firmados por ambos.

5. Pliego de condiciones técnicas particulares.

5.1. Prescripciones sobre los materiales.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de documento de idoneidad técnica que avale sus calidades, emitido por organismos técnicos reconocidos.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

El contratista notificará al director de ejecución de la obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el director de ejecución de la obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el director de ejecución de la obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del Contratista.

En los materiales y equipos con garantía propia, se trasladará la garantía que concede el fabricante.

5.1.1. Aceros para estructuras metálicas.

5.1.1.1. Condiciones de suministro.

- Los aceros se deben transportar de una manera segura, de forma que no se produzcan deformaciones permanentes y los daños superficiales sean mínimos. Los componentes deben estar protegidos contra posibles daños en los puntos de eslingado (por donde se sujetan para izarlos).
- Los componentes prefabricados que se almacenan antes del transporte o del montaje deben estar apilados por encima del terreno y sin contacto directo con éste. Debe evitarse cualquier acumulación de agua. Los componentes deben mantenerse limpios y colocados de forma que se eviten las deformaciones permanentes.
- Se verificará que las piezas de acero que lleguen a obra acabadas con imprimación antioxidante tengan una preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y hayan recibido en taller dos manos de imprimación anticorrosiva, libre de plomo y de cromados, con un espesor mínimo de película seca de 35 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

- Se verificará que las piezas de acero que lleguen a obra con acabado galvanizado tengan el recubrimiento de zinc homogéneo y continuo en toda su superficie, y no se aprecien grietas, exfoliaciones, ni desprendimientos en el mismo.

5.1.1.2. Recepción y control.

Documentación de los suministros:

Para los productos planos:

- Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos planos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.
- Si en el pedido se solicita inspección y ensayo, se deberá indicar:
- Tipo de inspección y ensayos (específicos o no específicos).
- El tipo de documento de la inspección.

Para los productos largos:

- Salvo acuerdo en contrario, el estado de suministro de los productos largos de los tipos S235, S275 y S355 de grado JR queda a elección del fabricante.

Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

5.1.1.3. Conservación, almacenamiento y manipulación.

- Si los materiales han estado almacenados durante un largo periodo de tiempo, o de una manera tal que pudieran haber sufrido un deterioro importante, deberán ser comprobados antes de ser utilizados, para asegurarse de que siguen cumpliendo con la norma de producto correspondiente. Los productos de acero resistentes a la corrosión atmosférica pueden requerir un chorreo ligero antes de su empleo para proporcionarles una base uniforme para la exposición a la intemperie.
- El material deberá almacenarse en condiciones que cumplan las instrucciones de su fabricante, cuando se disponga de éstas.

5.1.1.4. Recomendaciones para su uso en obra.

El material no deberá emplearse si se ha superado la vida útil en almacén especificada por su fabricante.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

5.1.2. Tubos de acero.

5.1.2.1. Condiciones de suministro.

Los tubos se deben suministrar protegidos, de manera que no se alteren sus características.

5.1.2.2. Recepción y control.

Documentación de los suministros:

- Este material debe estar marcado periódicamente a lo largo de una generatriz, de forma indeleble, con:
 - La marca del fabricante.
 - Los caracteres correspondientes a la designación normalizada.

Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

5.1.2.3. Conservación, almacenamiento y manipulación.

- El almacenamiento se realizará en lugares protegidos de impactos y de la humedad. Se colocarán paralelos y en posición horizontal sobre superficies planas.
- El tubo se debe cortar perpendicularmente al eje del tubo y quedar limpio de rebabas.

5.2. Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

5.2.1. Instalaciones eléctricas.

Las instalaciones eléctricas serán ejecutadas por la Empresa especializada, en posesión de todos los requisitos que establece la legislación vigente. Toda la documentación acreditativa será presentada por el Director de las Obras para que pueda emitir la oportuna autorización de comienzo de los trabajos.

Todo el personal que intervenga en cualquier ejecución en cualquier parte de las instalaciones eléctricas, aunque sea accesoria, deberá estar en posesión de los oportunos certificados de calificación profesional.

Será condición necesaria para que la dirección autorice su intervención en los trabajos, la entrega de una copia, autenticada por la empresa especializada, de los certificados mencionados, así como la justificación de estar de alta en el Libro de Matrícula.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Antes de iniciar la obra, el Contratista presentará unos planos de detalle que indiquen preferentemente una situación real de los recorridos de canalizaciones y conductores. Al finalizar la obra, presentará los mismos planos corregidos en la forma como se hizo.

Los materiales y ejecución de la instalación eléctrica cumplirán lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Alta y Baja Tensión y Normas BT. complementarias. Asimismo, se adoptan las diferentes condiciones previstas en las normas:

- NTE-IEB: "Instalación eléctrica de baja tensión".
- NTE-IEE: "Alumbrado exterior".
- NTE-IEI: "Alumbrado interior".
- NTE-IEP: "Puesta a tierra".
- NTE-IER: "Instalaciones de electricidad. Red exterior".

5.2.2. Instalaciones de fontanería.

Regula el presente artículo las condiciones relativas a la ejecución, materiales y equipos industriales, control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento de las instalaciones de abastecimiento y distribución de agua.

Se adopta lo establecido en las normas:

- NTE-IFA: "Instalaciones de fontanería".
- NTE-IFC: "Instalaciones de fontanería. Agua caliente".
- NTE-IFF: "Instalaciones de fontanería. Agua fría".

5.2.3. Instalaciones de climatización.

Se refiere el presente artículo a las instalaciones de ventilación, refrigeración y calefacción.

Se adoptan las condiciones relativas a funcionalidad y calidad de materiales, control, seguridad en el trabajo, pruebas de servicio, medición, valoración y mantenimiento, establecidas en las normas:

- Reglamento de Seguridad por plantas e instalaciones frigoríficas e Instrucciones MIIF complementarias.
- Reglamentos vigentes sobre recipientes a presión y aparatos a presión.
- NTE-ICI: "Instalaciones de climatización industrial".
- NTE-ICT: "Instalaciones de climatización-torres de refrigeración".

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

- NTE-ID: "Instalaciones de depósitos".
- Reglamento de instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria (R.D. 1618/1980 de 4 de Julio).
- NTE-ISV: "Ventilación".

5.2.4. Instalación de la maquinaria.

Todas las partes de la maquinaria que deben estar en contacto con los elementos a tratar serán de material inalterable, con superficie lisa y fácilmente limpiable para su correcto mantenimiento e higiene.

Los elementos móviles deberán estar provistos de los debidos dispositivos de protección para el manejo del operador. Los rendimientos de cada máquina se ajustarán a los que se han fijado en el Proyecto. Si en condiciones de trabajo normales una máquina, con fuerza de acondicionamiento suficiente y manejada de acuerdo con las instrucciones, no diera el rendimiento garantizado, se comunicará a la casa vendedora para que comunique las deficiencias y haga las modificaciones oportunas. Si en el plazo de un mes, estas deficiencias no fueran subsanadas, la casa se hará cargo de la maquinaria, puesta, embalada en la estación más próxima a la residencia del cliente, devolviendo el mismo importe que haya pagado, o suministrándole a elección de éste, en sustitución de la maquinaria retirada, otra de rendimiento correcto.

Serán a cuenta de la casa suministradora el transporte, embalaje, derechos de aduanas, riesgos, seguros e impuestos hasta que la maquinaria se encuentre en el lugar de su emplazamiento. El montaje será por cuenta de la casa vendedora, si bien el promotor proporcionará las escaleras, instalación eléctrica, herramienta gruesa y material de albañilería, carpintería y cerrajería necesaria para el montaje, así como personal auxiliar para ayudar al especializado que enviará la empresa suministradora.

El plazo que para la entrega de maquinaria pacte el promotor con el vendedor de esta, no podrá ser ampliado más que por causa de fuerza mayor, como huelgas, lock-out, movilización del ejército, guerra o revolución. Si el retraso es imputable a la casa vendedora, el promotor tendrá derecho a un 1% de rebaja en el precio por cada semana de retraso como compensación por los perjuicios ocasionados.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Será por cuenta de la entidad vendedora suministrar los aparatos y útiles precisos para ejecutar las pruebas de las máquinas y verificar las comprobaciones necesarias, siendo de su cuenta los gastos que originen éstas.

En cada máquina o grupo de máquinas, se establecerá una fecha de prueba con el objeto de poder efectuar la recepción provisional, para el plazo mínimo de garantía de un año, en el cual su funcionamiento ha de ser perfecto, comprometiéndose la empresa suministradora a reponer por su cuenta las piezas que aparezcan deterioradas a causa de una defectuosa construcción o instalación y a subsanar por su cuenta las anomalías o irregularidades de funcionamiento que impidan su uso normal.

5.2.5. Instalaciones de protección.

Se refiere el presente artículo a las condiciones de ejecución, de los materiales de control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento, relativas a las instalaciones de protección contra fuego y rayos. Se cumplirá lo prescrito en la norma NBE-CPI-96 sobre condiciones de protección contra incendios y se adoptará lo establecido en la norma NTE-IPF "Protección contra el fuego", y anexo N.º 6 de la EH-82, así como se adoptará lo establecido en la norma NTEIPP "Pararrayos".

5.2.6. Obras o instalaciones no especificadas.

Si en el transcurso de los trabajos fuera necesario ejecutar alguna clase de obra no regulada en el presente Pliego de Condiciones, el Contratista queda obligado a ejecutarla con arreglo a las instrucciones que reciba del Ingeniero Director quien, a su vez, cumplirá la normativa vigente sobre el particular. El Contratista no tendrá derecho a reclamación alguna.

5.3. Prescripciones sobre verificaciones en el edificio terminado.

De acuerdo con el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el presente pliego, por parte del constructor, y a su cargo, independientemente de las ordenadas por la Dirección Facultativa y las exigidas por la legislación aplicable, que serán realizadas por laboratorio acreditado y cuyo coste se especifica detalladamente en el capítulo de Control de Calidad y Ensayos, del Presupuesto de Ejecución material (PEM) del proyecto.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

5.3.1. Estructuras.

Una vez finalizada la ejecución de cada fase de la estructura, al entrar en carga se comprobará visualmente su eficaz comportamiento, verificando que no se producen deformaciones no previstas en el proyecto ni aparecen grietas en los elementos estructurales.

En caso contrario y cuando se aprecie algún problema, se deben realizar pruebas de carga, cuyo coste será a cargo de la empresa constructora, para evaluar la seguridad de la estructura, en su totalidad o de una parte de ella. Estas pruebas de carga se realizarán de acuerdo con un Plan de Ensayos que evalúe la viabilidad de las pruebas, por una organización con experiencia en este tipo de trabajos, dirigida por un técnico competente.

5.3.2. Instalaciones.

Las pruebas finales de la instalación se efectuarán, una vez esté el edificio terminado, por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios materiales y humanos necesarios para su realización.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del instalador autorizado o del director de Ejecución de la Obra, que debe dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos.

Los resultados de las distintas pruebas realizadas a cada uno de los equipos, aparatos o subsistemas, pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación. Se indicarán marca y modelo y se mostrarán, para cada equipo, los datos de funcionamiento según proyecto y los datos medidos en obra durante la puesta en marcha.

Cuando para extender el certificado de la instalación sea necesario disponer de energía para realizar pruebas, se solicitará a la empresa suministradora de energía un suministro provisional para pruebas, por el instalador autorizado o por el director de la instalación, y bajo su responsabilidad.

Serán a cargo de la empresa instaladora todos los gastos ocasionados por la realización de estas pruebas finales, así como los gastos ocasionados por el incumplimiento de estas.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

6. ESTADO DE **MEDICIONES**

ÍNDICE

1. Estado de mediciones.....	2
1.1. Partida 1: Maquinaria y equipos.....	2
1.2. Partida 2: Estructura metálica.....	3
1.3. Partida 3: Soplantes.....	3
1.4. Partida 4: Conducciones y accesorios.....	3

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

1. Estado de mediciones.

En el presente documento se encuentran enumeradas todas las partidas necesarias a considerar para la realización del presupuesto final del proyecto, con las cantidades necesarias en cada una de las partidas.

Las partidas que componen el proyecto son las siguientes:

- Maquinaria y equipos.
- Estructura metálica.
- Soplantes.
- Conducciones y accesorios.

1.1.Partida 1: Maquinaria y equipos.

En la *Tabla E.1.1* se muestra el estado de mediciones de la maquinaria y los diferentes equipos que componen la instalación.

Tabla E.1.1. Maquinaria y equipos principales.

Elemento	Unidad	Cantidad
Sistema de pesaje de la formulación	Ud.	4
Mezclador	Ud.	4
Extrusora	Ud.	4
Banda de enfriamiento	Ud.	4
Tolva	Ud.	4
Molino	Ud.	4
Ciclón	Ud.	4
Filtro de mangas	Ud.	4
Tamiz	Ud.	4
Sistema de pesaje y empaquetado	Ud.	4
Carretilla grande	Ud.	3
Carretilla pequeña	Ud.	3

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

1.2. Partida 2: Estructura metálica.

En la *Tabla E.1.2* se recogen el estudio de mediciones de las estructuras metálicas

Tabla E.1.2. Estructura metálica.

Elemento	Unidad	Cantidad
Estructura metálica	Ud.	4

1.3. Partida 3: Soplantes.

En la *Tabla E.1.3* se recoge el estudio de mediciones de los soplantes necesarios a utilizar en la instalación.

Tabla E.1.3. Soplantes.

Elemento	Unidad	Cantidad
SKS 80	Ud.	8
SKS 140	Ud.	8

1.4. Partida 4: Conducciones y accesorios.

En la *Tabla E.1.4* se muestra el estudio de mediciones de las conducciones y los accesorios utilizados.

Tabla E.1.4. conducciones y accesorios.

Elemento	Unidad	Cantidad
Tubería de 8 cm de diámetro, 5mm de espesor	m	48,00
Tubería de 12,5 centímetros de diámetro, 5 mm de espesor	m	44,00
Tubería de 15,2 centímetros de diámetro, 5mm de espesor	m	13,52
Tubería de 17,78 centímetros de diámetro, 5 mm de espesor	m	32,00
Codo de 90° AISI 316	Ud.	36,00
Entrada ligeramente redondeada	Ud.	12,00

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

7.PRESUPUESTO

ÍNDICE

1. Presupuesto de Ejecución de Material.....	2
1.1. Partida 1: Maquinaria y equipos principales.....	2
1.2. Partida 2: Estructuras metálicas.....	3
1.3. Partida 3: Soplantes.....	4
1.4. Partida 4: Conducciones y accesorios.....	4
1.5. Partida 5: Mano de obra.....	5
1.6. Presupuesto de Ejecución de Material total.....	5
2. Presupuesto de Ejecución por Contrata.....	6

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

1. Presupuesto de Ejecución de Material.

El presupuesto de ejecución de Material (PEM) se encuentra dividido en las siguientes partidas presupuestarias:

- Maquinaria y equipos principales.
- Estructuras metálicas.
- Soplantes.
- Conducciones y accesorios.
- Mano de obra.

1.1. Partida 1: Maquinaria y equipos principales.

La primera partida la componen todos los equipos y máquina que se encuentran en la instalación. En la *Tabla P.1.1* se muestran las cantidades y precios de los equipos, así como el precio total de estos.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla P.1.1. Presupuesto de la maquinaria y equipos.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio (€/Unidad)	Precio total (€)
Sistema de pesaje de la formulación	Ud.	4	2.590,00	10.360,00
Mezclador	Ud.	4	155.000,00	620.000,00
Extrusora	Ud.	4	280.000,00	1.120.000,00
Banda de enfriamiento	Ud.	4	65.000,00	260.000,00
Tolva	Ud.	4	31.720,00	126.880,00
Molino	Ud.	4	215.000,00	860.000,00
Ciclón	Ud.	4	5.560,00	22.240,00
Filtro de mangas	Ud.	4	20.000,00	80.000,00
Tamiz	Ud.	4	35.000,00	140.000,00
Sistema de pesaje y empaquetado	Ud.	4	15.000,00	60.000,00
Carretilla mezclador	Ud.	3	50.000,00	150.000,00
Carretilla pesaje final	Ud.	3	12.000,00	36.000,00
TOTAL				3.485.480,00

1.2. Partida 2: Estructuras metálicas.

La segunda partida está formada por las estructuras metálicas que se encontrarán en la instalación. En la *Tabla P.1.2* se muestran las cantidades y precios de estas, así como el precio total.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla P.1.2. Presupuesto de las estructuras metálicas.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio (€/Unidad)	Precio total (€)
Estructura metálica	Ud.	4	3.626,78	14.507,12

1.3. Partida 3: Soplantes.

La tercera partida estará compuesta por los soplantes utilizados en la instalación. En la *Tabla P.1.3* se muestra el presupuesto de los soplantes necesarios en la instalación.

Tabla P.1.3. Presupuesto de los soplantes.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio (€/Unidad)	Precio total (€)
SKS 80	Ud.	8	250,00	2.000,00
SKS 140	Ud.	8	400,00	3.200,00
TOTAL				5.200,00

1.4. Partida 4: Conducciones y accesorios.

La cuarta partida la compondrán las conducciones y accesorios del sistema de clasificación de la instalación. En la *Tabla P.1.4* se muestra el presupuesto de estos.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla P.1.4. Presupuesto de las conducciones y accesorios.

Elemento	Unidad	Cantidad	Precio (€/Unidad)	Precio total (€)
Tubería de acero D = 8,00 cm, 5 mm de espesor	m	48,00	10,20	489,60
Tubería de acero D=12,50 cm, 5 mm de espesor	m	44,00	16,31	717,64
Tubería de acero D=15,20 cm 5mm de espesor	m	13,52	20,86	282,027
Tubería de acero D = 17,78 cm, 5 mm de espesor	m	32,00	23,47	751,04
Codo 90° AISI 316	Ud.	36,00	20,59	741,24
Entrada ligeramente redondeada	Ud.	12	25,00	300,00
TOTAL				2.999,52

1.5. Partida 5: Mano de obra.

La partida 5 corresponde a la mano de obra para el montaje de la instalación. Se ha estimado que el coste de la mano de obra será el 5,00 % del coste total de la maquinaria y equipos. En la *Tabla P.1.5* se muestra el presupuesto de la mano de obra.

Tabla P.1.5. Presupuesto de la mano de obra.

Elemento	Unidad	Cantidad	Coste maquina y equipos total (€)	Coste total (€)
Mano de obra	%	5,00	3.485.480,00	174.274,00

1.6. Presupuesto de Ejecución de Material total.

El PEM total corresponde a la suma de las partidas calculadas anteriormente. EL PEM total está recogido en la *Tabla P.1.6*.

Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo.

Tabla P.1.6. Presupuesto de ejecución de material total.

Partida	Precio total (€)
Maquinaria y equipos	3.485.480,00
Estructuras metálicas	14.507,12
Soplantes	5.200,00
Conducciones y accesorios	2.999,52
Mano de obra	174.274,00
PEM total	3.682.460,64

2. Presupuesto de Ejecución por Contrata.

El Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), se obtiene de la suma del PEM, los gastos generales (correspondientes al 15% del PEM, y el beneficio industrial (que son aproximadamente el 6% del PEM). Por lo tanto, en la *Tabla P.2.1* se muestran los precios del PEM, gastos generales y beneficio industrial, así como el PEC total.

Tabla P.2.1. Presupuesto de Ejecución por Contrata.

Elemento	Coste (€)
PEM	3.682.460,64
Gastos generales	552.369,10
Beneficio industrial	220.947,64
PEC	4.455.777,38

El presupuesto total del proyecto *Diseño y dimensionamiento de una instalación para la fabricación de pintura en polvo* asciende a **CUATRO MILLONES CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS SETENTA Y SIETE EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS.**