

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Titulo: Diseño de instalaciones para procesos  
de granallado, pintado e ignifugación de  
piezas y tuberías metálicas

Autora: Vanesa ARAGÓN RODRÍGUEZ

Fecha: Diciembre 2007





## RESUMEN

El planteamiento del presente proyecto “Diseño de instalaciones para procesos de granallado, pintado e ignifugación de piezas y tuberías metálicas” surgen debido a la necesidad de preparar un conjunto de piezas de acero que van a formar parte de un complejo sistema (plataformas petrolíferas, estaciones de licuación de gas, etc.) destinados a lugares en los que van a permanecer bajo condiciones climáticas muy adversas. El mayor problema con que se encuentran es la corrosión de las piezas y por consiguiente el peligro de fugas e incluso de daños en la estructura principal pudiendo provocar accidentes catastróficos. Una adecuada aplicación de recubrimientos puede evitar desastres catastróficos (fugas, corrosión de estructura principal...), de esta forma se da respuesta a la necesidad de realizar en óptimas condiciones los diferentes ciclos de preparación de las superficies y aplicación de los recubrimientos de elementos, piezas y subconjuntos, con el fin de obtener la calidad final del producto exigida por el cliente.

En la mayoría de las ocasiones, se preparan las superficies y se aplican recubrimientos a un conjunto de piezas ensambladas de dimensiones muy grandes y diferentes. Para poder tratarlas correctamente e impedir la formación de una película de humedad que desencadene la corrosión de las mismas, es necesario mantener las piezas en condiciones de humedad y temperatura controladas. La posibilidad de subcontratar los trabajos de preparación de superficies y aplicación de los recubrimientos de las piezas se ve afectada por la complejidad y el elevado coste que supone su transporte hasta las instalaciones de las empresas subcontratadas.

Estas razones son las que motivan a la empresa a tomar la decisión de crear las instalaciones de granallado y pintado que se tratan en este proyecto en lugar de subcontratar el proceso de acabado de sus productos.

La empresa dispone de un conjunto de 6 naves que se pueden acondicionar para poder llevar a cabo los trabajos de preparación de superficies y posterior aplicación de recubrimientos.

Para mantener las condiciones de humedad y temperatura óptimas en la zona de trabajo, así como las condiciones de seguridad e higiene establecidas según la normativa, se opta por instalar un sistema de renovación de aire en cada una de las naves, según las características de los procesos de producción que se van a llevar a cabo.

Los trabajos que se van a realizar son la preparación de superficies de acero y la aplicación de recubrimientos a las misma, para evitar la corrosión, así como dotar a las piezas de protección contra incendios.

Para mantener las condiciones de humedad y temperaturas óptimas se opta por introducir en cada nave aire seco procedente de un deshumidificador desecante, que se mezcla con aire húmedo procedente del exterior.

Para mantener las condiciones de seguridad e higiene en el puesto de trabajo, se opta, en el caso de las naves destinadas a la preparación de superficies (actividades de chorreo con abrasivo) por un extractor de aire, con filtro de cartucho, que permite filtrar las partículas de polvo generadas durante el proceso de producción, depositándolas en una tolva aislada de la nave y del exterior.

Para mantener las condiciones de seguridad e higiene en el puesto de trabajo, se opta, en el caso de las naves destinadas a la aplicación de recubrimientos (con pistola de aire comprimido), por un muro de aspiración seco, que retiene las partículas de pintura y aspira de la zona de trabajo el disolvente que se haya volatilizado, permitiendo así no superar el límite inferior de exposición.

## **DOCUMENTOS DEL PROYECTO**

- ❖ MEMORIA
- ❖ PLANOS
- ❖ PLIEGO DE CONDICIONES
- ❖ PRESUPUESTO
- ❖ ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD



# INDICE GENERAL

## **MEMORIA DESCRIPTIVA Y JUSTIFICATIVA**

1. OBJETO.....	14
2. JUSTIFICACION.....	15
3. ALCANCE.....	17
4. CARACTERISTICAS DE LAS INSTALACIONES.....	18
5. PROCESOS DE PRODUCCION.....	22
6. DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE TRABAJO.....	42
7. NORMAS.....	64
8. BIBLIOGRAFIA.....	66

## **ANEXO DE CALCULOS**

1. ANEXO I: CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL DESHUMIDIFICADOR.....	73
2. ANEXO II: CALCULO DEL CAUDAL DE VENTILACION DE LAS NAVE.....	108
3. ANEXO III: CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA DE LOS CONDUCTOS DE VENTILACION DE LAS NAVES.....	135

## **PLANOS**

1. PLANO DE SITUACION.....	175
2. PLANO DE DISTRIBUCION.....	176
3. NAVE TIPO 1 DE PREPARACION DE SUPERFICIE.....	177
4. NAVE TIPO 1 DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.....	178
5. NAVE TIPO 2 DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.....	179
6. DESHUMIDIFICADOR Nº 1 Y Nº 3.....	180
7. DESHUMIDIFICADOR Nº 2 Y Nº 4.....	181
8. DESHUMIDIFICADOR Nº 5 Y Nº 6.....	182
9. DETALLE DE DESHUMIDIFICADORES Y EXTRACTOR.....	183

10. ISOMETRICA NAVE N° 1, N° 2 Y N° 3.....	184
11. ISOMETRICA NAVE N° 4 Y N° 5.....	185
12. ISOMETRICA NAVE N° 6.....	186
13. ISOMETRICA DESHUMIDIFICADOR N° 1, N° 2 Y N° 5.....	187

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	191
2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES.....	232
2.1. NAVE DONDE SE REALIZAN TRABAJOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.....	232
2.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	232
2.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN.....	232
2.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE EXTRACCIÓN.....	235
2.1.4. FILTROS.....	235
2.2. NAVE DONDE SE REALIZAN TRABAJOS DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.....	238
2.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	238
2.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN.....	238
2.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE EXTRACCIÓN.....	242

## **PRESUPUESTO**

1. PRESUPUESTOS PARCIALES.....	248
2. PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL.....	254
3. PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA.....	254

## **ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

1. OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	259
2. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD.....	260
3. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y LA OBRA.....	265
4. SERVICIOS HIGIÉNICOS Y ASISTENCIA SANITARIA.....	266
5. FASES DE EJECUCIÓN DE LA OBRA.....	267
6. MEDIOS AUXILIARES.....	272
7. PREVISIONES E INFORMACIÓN PARA EFECTUAR EN CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD LOS TRABAJOS.....	274



**MEMORIA**



## MEMORIA DESCRIPTIVA Y JUSTIFICATIVA

<b>1. OBJETO</b> .....	14
<b>2. JUSTIFICACION</b> .....	15
<b>3. ALCANCE</b> .....	17
<b>4. CARACTERISTICAS DE LAS INSTALACIONES</b> .....	18
4.1. EMPLAZAMIENTO, SUPERFICIE Y CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS.....	18
4.2. NAVE DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.....	19
4.3. NAVE DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.....	20
<b>5. PROCESOS DE PRODUCCION</b> .....	22
5.1. INTRODUCCION Y JUSTIFICACION DEL FOCO.....	22
5.2. PREPARACION DE SUPERFICIES.....	26
5.3. PINTURA Y RECUBRIMIENTOS.....	33
<b>6. DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE TRABAJO</b> .....	42
6.1. PREPARACION DE SUPERFICIES MEDIANTE CHORRO DE ARENA.....	42
6.2. APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.....	44
6.3. IMPULSION Y EXTRACCION DE AIRE.....	47
6.4. FILTROS.....	59
<b>7. NORMAS</b> .....	64
<b>8. BIBLIOGRAFIA</b> .....	66

## **MEMORIA DESCRIPTIVA**

### **1. OBJETO**

El objeto del presente proyecto es el diseño de las instalaciones de ventilación de un conjunto de naves ya construidas, para llevar a cabo la realización de trabajos de limpieza por proyección neumática de abrasivos de origen mineral y aplicación de pintura y recubrimientos ignífugos en el Polígono Industrial "Bajo de la Cabezuela" s/n en el término municipal de Puerto Real provincia de Cádiz.

El objeto es acondicionar el conjunto compuesto por 6 naves para poder llevar a acabo los procesos de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos en superficies de acero. Dicho acondicionamiento se realizará atendiendo a las características técnicas y constructivas generales de las instalaciones.

Las piezas que se van a procesar forman parte de un complejo sistema destinado a permanecer bajo condiciones climáticas muy adversas. Una adecuada preparación de superficies así como una correcta aplicación de recubrimientos puede evitar desastres catastróficos (fugas, corrosión de estructura principal...).

## **2. JUSTIFICACION**

Actualmente se observa un auge en la industria metalúrgica, por lo que es muy importante reducir los tiempos de ejecución de las obras y para lograrlo es necesaria la disposición de una infraestructura adecuada que permita llevar a cabo los procesos de preparación de superficies de acero y posterior aplicación de los recubrimientos sin que se vean afectados por el ambiente en el que se usan.

Las piezas que se van a procesar forman parte de un complejo sistema (plataformas petrolíferas) destinado a permanecer bajo condiciones climáticas muy adversas, y una adecuada aplicación de recubrimientos puede evitar desastres catastróficos (fugas, corrosión de estructura principal...).

Para poder llevar a cabo una aplicación de recubrimientos correcta, es necesario mantener las piezas que se van a tratar aisladas de cualquier foco de corrosión, en este caso, la humedad del ambiente de la zona donde se encuentran las naves que se van a acondicionar suele ser suficientemente alta como para considerar el peligro de corrosión, además se debe facilitar un secado de los recubrimientos adecuado, de lo contrario, en el mejor de los casos, se tendrían que rehacer trabajos de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos como consecuencia de la corrosión de las piezas de acero.

Estas razones son las que llevan a la empresa a tomar la decisión de crear las instalaciones de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos que se tratan en el presente proyecto, en lugar de subcontratar el proceso de acabado de sus productos. De esta forma se da respuesta a la necesidad de realizar en óptimas condiciones los diferentes ciclos de preparación y pintado de elementos, piezas y subconjuntos, con el fin de obtener la calidad final del producto exigida por el cliente.

Es por ello por lo que se procede a acondicionar un conjunto compuesto por 6 naves ya construidas, para llevar a cabo los procesos de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos. Dicho acondicionamiento se realizará atendiendo a las características técnicas y constructivas generales de las instalaciones, en función de los elementos que se van a tratar y desde el punto de vista de la legislación medioambiental actual.

### **3. ALCANCE**

El alcance de este proyecto es el diseño de las instalaciones necesarias para la ventilación de las naves ya construidas en el Polígono Industrial “Bajo de la Cabezuela” s/n en el término municipal de Puerto Real provincia de Cádiz, con las características indicadas en el apartado 4 de esta memoria. El diseño de las instalaciones de ventilación se realiza para controlar las condiciones de humedad y temperatura en el interior de las naves, manteniéndolas dentro de los márgenes óptimos para llevar a cabo las actividades de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos, así como mantener la seguridad e higiene según la legislación vigente.

#### **4. CARACTERISTICAS DE LAS INSTALACIONES**

##### **4.1. EMPLAZAMIENTO, SUPERFICIE Y CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS**

Las naves se encuentran ubicadas en el polígono industria Bajo de la Cabezuela s/n en el Término Municipal de Puerto Real (Cádiz).

Las naves donde se van a llevar a cabo los trabajos de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos son de una sola planta, forma rectangular, en montaje clásico tipo industrial, con unas dimensiones de 55 metros de longitud, 26 metros de anchura, 9 metros de altura de alero, en el caso de las naves 1,2,4,5 a las que se hará referencia de ahora en adelante como NAVE TIPO 1 y 11 metros de altura de alero, en el caso de las naves 3 y 6 a las que se hará referencia de ahora en adelante como NAVE TIPO 2.

Las naves que se usarán para la preparación de superficies y aplicación de recubrimientos están construidas con estructura metálica porticada, cerramiento de bloques de hormigón gris de 40x20x20 cm y cubierta de chapa aislante mediante paneles sándwich de 70mm de espesor.

Se dispone de un conjunto de seis naves de 1430 m<sup>2</sup> cada una, en donde los trabajos se distribuirán de la siguiente manera:

NAVE 1: Se llevarán a cabo los trabajos de preparación de superficies que formarán parte de la estructura siendo el caso de perfiles y chapas.

NAVE 2: Se llevarán a cabo los trabajos de preparación de superficies que formarán parte de las diferentes líneas de tubería.

NAVE 3: Destinada a los trabajos de preparación de superficies de mayor tamaño.

NAVE 4: Se llevarán a cabo los trabajos de aplicación de recubrimientos sobre superficies que formarán parte de las diferentes líneas de tubería.

NAVE 5: Se llevarán a cabo los trabajos de aplicación de recubrimientos sobre superficies que formarán parte de la estructura siendo el caso de perfiles y chapas de acero al carbono.

NAVE 6: Se llevarán a cabo los trabajos de aplicación de recubrimientos más peligrosos.

#### 4.2. NAVE DE PREPARACION DE SUPERFICIES

Las naves que se usarán para la preparación de superficies están construidas con estructura metálica porticada, cerramiento de bloques de hormigón gris de 40x20x20 cm y cubierta de chapa aislante mediante paneles sándwich de 70mm de espesor.

El piso de cada nave lo constituye una solera de hormigón de 12 cm de espesor medio con capa de mortero con acabado fratasado como terminación.

En el frente de la nave existe una puerta corredera de 20 m de longitud y 8,7 m de altura en el caso de las NAVES TIPO 1 o 10,7 m. de altura en el caso de las NAVES TIPO 2. Esta puerta dispone de una puerta de acceso personal que permite evitar la apertura total de la puerta, cuando no sea necesario la entrada o salida de las piezas que se van a tratar o ya han sido debidamente tratadas.

En la pared trasera, cada nave tiene dos puertas de acceso de personal que permiten el acceso desde el exterior de la nave a un pasillo de 2 m aislado del interior de la misma. A su vez, el acceso a la nave desde el pasillo aislado se realiza a través de otras dos puertas de acceso personal.

Este pasillo permite la entrada y salida de los operarios sin alterar las condiciones de la atmósfera en el interior del taller.

La despolvorización de la cabina está garantizada por un equipo de aspiración y filtración mediante filtro a cartuchos autolimpiantes.

Las condiciones de humedad del interior de cada nave, se mantienen gracias a un sistema de deshumidificación de aire que forma parte del conjunto de equipos de impulsión de aire.

#### 4.3. NAVE DE APLICACION DE RECUBRIMIENTOS

Las naves que se usarán para la aplicación de recubrimientos están construidas con estructura metálica porticada, cerramiento de bloques de hormigón gris de 40x20x20 cm y cubierta de chapa aislante mediante paneles sándwich de 70mm de espesor.

El piso de cada nave lo constituye una solera de hormigón de 12 cm de espesor medio con capa de mortero con acabado fratasado como terminación.

En el frente de la nave existe una puerta corredera de 20 m de longitud y 8,7 m de altura en el caso de las NAVES TIPO 1 o 10,7 m. de altura en el caso de las NAVES TIPO 2. Esta puerta dispone de una puerta de acceso personal que permite evitar la apertura total de la puerta, cuando no sea necesario la entrada o salida de las piezas que se van a tratar o ya han sido debidamente tratadas.

En la pared trasera, cada nave tiene dos puertas de acceso de personal que permiten el acceso desde el exterior de la nave a un pasillo de 2 m aislado del interior de la misma. A su vez, el acceso a la nave desde el pasillo aislado se realiza a través de otras dos puertas de acceso personal. Este pasillo permite la entrada y salida de los operarios sin alterar las condiciones de la atmósfera en el interior del taller.

La extracción del aire contaminado se realiza a través de un muro de extracción con filtro seco situado en la pared del fondo de cada nave.

## 5. PROCESOS DE PRODUCCION

### 5.1. INTRODUCCION Y JUSTIFICACION DEL FOCO

Las naves que se pretenden acondicionar van a ser utilizadas como talleres de aplicación de recubrimientos y de preparación de superficies.

La pintura es el producto que se presenta en forma fluida y que es capaz de transformarse en una película sólida y opaca, tenazmente adherida al substrato sobre el que se aplica, confiriéndole el color del pigmento que tiene en su composición.

Fundamentalmente una pintura, excepto en casos en los que su empleo obedezca a razones puramente estéticas, debe proporcionar al substrato una protección frente a la corrosión, ser resistente al ambiente atmosférico reinante y constituir una barrera aislante entre la superficie subyacente y el exterior, debiendo quedar fuertemente adherida a la superficie donde se aplica, sin deterioros a corto plazo por su uso normal.

El acero siempre debe ser protegido para evitar la oxidación que se produce en contacto con la atmósfera por acción conjunta entre el agua y el oxígeno del aire.

La *corrosión* es el deterioro natural o destrucción de un material como resultado de una interacción con su entorno. La corrosión tiene lugar principalmente en metales y el término se debe a su reacción con el oxígeno. Por lo general, se relaciona el término corrosión con oxidación, aunque todos los materiales son susceptibles de deterioro. Generalmente los procesos son químicos o electroquímicos, aunque contribuyen también factores físicos y mecánicos.

La importancia de la corrosión de materiales se debe a que representan pérdidas económicas cercanas al 3-4 % del PIB de cada país.

Estas pérdidas son tanto **directas** (rotura de equipos o maquinarias, reposición de piezas o partes, pérdida de productos, consumo extra de energía, etc.) como **indirectas** (lucro cesante por salida de servicio de instalaciones, peligro por la vida de los operarios, etc.) Por lo tanto, los estudios destinados a atenuar las consecuencias de este proceso apuntan a la búsqueda permanente de soluciones en lo referente a obtener formulaciones de pinturas cada vez más económicas y menos contaminantes y a compatibilizar su empleo con el diseño de otros métodos de protección (por ejemplo protección catódica)

La tendencia a corroerse de un metal recubierto es función de la naturaleza del sustrato metálico, el carácter de la región interfacial entre película y sustrato, así como la naturaleza del producto utilizado.

La corrosión de los metales también puede ser considerada como el proceso inverso de la metalurgia extractiva. Muchos metales existen en la naturaleza en estado combinado, por ejemplo, como óxidos, sulfatos, carbonatos o silicatos, no siendo muy proclives a la corrosión. En el estado metálico las energías de los metales son más altas, y por eso, hay una tendencia espontánea de los metales a reaccionar químicamente para formar compuestos.

Durante la producción de acero o aluminio se cambia la condición natural del mineral mediante la exposición a grandes cantidades de energía, tanto en altos hornos, hornos eléctricos o en procesos electrolíticos. Los procesos de fabricación tales como laminación o moldeo por inyección pueden impartir energía adicional al metal. La laminación de las chapas de acero pondrá en contacto el acero rojo-caliente con el oxígeno y se formará una capa de óxido en la superficie de acero. Esta capa de óxido de hierro se llama cascarilla de laminación. Mientras la cascarilla de laminación permanezca intacta, protegerá al acero, aunque la cascarilla es muy frágil y en una exposición en el exterior, se agrietará y romperá rápidamente exponiendo el acero a la corrosión.

La corrosión tiene lugar de varias y distintas maneras. Normalmente el tipo de corrosión se describe tanto por su apariencia como por las circunstancias en las que aparece, por ello su clasificación se realiza en función de la naturaleza de la sustancia corrosiva (húmeda o seca), los mecanismos de corrosión (reacciones químicas, electroquímicas) y la apariencia del metal corroído (uniforme o localizada).

La *corrosión uniforme* puede ser descrita como una reacción de corrosión que ocurre por igual en toda la superficie del material, causando una pérdida general del metal. El ataque uniforme sobre grandes áreas de una superficie metálica es la forma más común de la corrosión y puede ser húmeda o seca, electroquímica o química.

La *corrosión galvánica* se presenta, cuando dos metales diferentes (con distinto par redox) están en contacto o conectados por medio de un conductor eléctrico y son expuestos a una solución conductora. Se produce debido a que la diferencia de potencial eléctrico entre los metales sirve como fuerza directriz para el paso de la corriente eléctrica a través del agente corrosivo, de tal forma que el flujo de corriente corroe uno de los metales del par formado. El metal que se corroe recibe el nombre de metal activo, mientras que el que no sufre daño se le denomina metal más noble. El ataque galvánico puede ser uniforme o localizado en la unión entre aleaciones, dependiendo de las condiciones.

La *corrosión por erosión* generalmente se atribuye a la remoción de películas superficiales protectoras, como por ejemplo, películas de óxido formadas por el aire, o bien, productos adherentes de la corrosión, todo ello debido al movimiento del medio corrosivo sobre la superficie metálica incrementando así la velocidad de ataque debido al desgaste mecánico. La corrosión por erosión, generalmente tiene la apariencia de picaduras poco profundas de fondo terso y el ataque puede presentar también una distribución direccional debido al camino seguido por el agente agresivo cuando se mueve sobre la superficie del metal. El ataque galvánico puede ser uniforme o localizado.

La *corrosión por cavitación y desgaste* (fretting) son formas especiales de la corrosión por erosión. La *corrosión por cavitación* es causada por la formación y colapso de burbujas de vapor en la superficie del metal. Las altas presiones producidas por este colapso pueden disolver el metal, remover las partículas protectoras, etc. La *corrosión por desgaste* (fretting) ocurre cuando las piezas de metal se deslizan una sobre la otra, causando daño mecánico a una o ambas y el deslizamiento es generalmente un resultado de la vibración. Las grietas o hendiduras generalmente se encuentran en los empaques, traslapes, tornillos, remaches, etc., y también pueden formarse por depósitos de suciedad, productos de la corrosión y raspaduras en las películas de recubrimiento. Las condiciones ambientales en una grieta, pueden con el tiempo volverse muy diferentes de las existentes en una superficie limpia y abierta, por lo que un medio ambiente muy agresivo puede desarrollar y causar corrosión en las grietas. La corrosión por agrietamiento, generalmente se atribuye a cambios en el pH, escasez de oxígeno, desarrollo de iones diferentes, etc.

La *corrosión por picadura* se presenta por la formación de orificios en una superficie, una picadura puede ser considerada como una grieta o hendidura formada por sí misma.

La *corrosión por exfoliación* es una corrosión subsuperficial que comienza sobre una superficie limpia, pero se esparce debajo de ella y difiere de la corrosión por picadura en que el ataque tiene una apariencia laminar. Es una corrosión en los límites de grano paralelos a la superficie del metal donde los productos de corrosión separan el metal. Capas completas de material son corroídas y el ataque es generalmente reconocido por el aspecto escamoso y en ocasiones ampollado de la superficie.

La *corrosión por disolución* selectiva se produce al efectuarse la remoción de uno de los elementos de una aleación siendo el ejemplo más común la eliminación del zinc en aleaciones de cobre-zinc, conocido con el nombre de dezincificación. Este fenómeno corrosivo produce un metal poroso que tiene propiedades mecánicas muy pobres.

La *corrosión intergranular* generalmente ocurre, porque el agente corrosivo ataca el límite de grano o una zona adyacente a él, que ha perdido un elemento necesario para tener una resistencia a la corrosión adecuada. Los límites de grano son a veces atacados preferentemente por un agente corrosivo y el ataque se relaciona con la segregación de elementos específicos o por la formación de un compuesto en el límite. En un caso severo de corrosión, granos enteros se desprenden debido al deterioro de sus límites, en cuyo caso, la superficie aparecerá rugosa al ojo desnudo y se sentirá rasposa debido a la pérdida de los granos.

La *corrosión por esfuerzos* depende de las condiciones metalúrgicas de la aleación. La acción conjunta de un esfuerzo de tensión y un medio ambiente corrosivo, dará como resultado en algunos casos, la fractura de una aleación metálica.

La *corrosión por fatiga*, es un tipo de corrosión bajo tensión y se presenta en ausencia de medios corrosivos, debido a esfuerzos cíclicos repetidos. Estas fallas son muy comunes en estructuras sometidas a vibración continua.

De lo indicado anteriormente, se ve la necesidad de reconocer las diferentes formas en las que se presenta la corrosión para así tomar medidas pertinentes que permitan establecer los métodos correctivos para atenuarla, los cuales son mejor comprendidos si se conoce la teoría de la corrosión.

## 5.2. PREPARACION DE SUPERFICIES

El rendimiento de cualquier recubrimiento de pintura depende directamente de la preparación correcta y cuidadosa de la superficie antes y durante de su aplicación. Este se ve afectado significativamente por el estado del acero inmediatamente anterior a la pintura. Este estado depende

del grado de contaminación de la superficie (incluyendo sales, aceites, grasas y compuestos de taladro y corte), del óxido y restos de laminación presentes, así como del perfil de la superficie.

El objetivo principal de la preparación de la superficie es asegurarse la eliminación de toda la contaminación para reducir la posibilidad del inicio de la corrosión, de forma que se cree un perfil de la superficie que permita la adherencia satisfactoria del recubrimiento que se va a aplicar.

Por el término *preparación de superficie* se entiende el conjunto de las actividades y métodos para la preparación de superficies de metales, para la posterior aplicación de una pintura o sistema de recubrimientos. Existen diferentes grados de preparación de superficies, limpieza con disolventes, métodos manuales, métodos mecánicos, limpieza con llama, limpieza con chorro de abrasivo seco, limpieza con chorro abrasivo húmedo, limpieza con chorro de agua a alta y ultra alta presión y decapado.

La *limpieza con disolventes (SP1)* consiste en la eliminación de sales solubles, aceites, grasas, compuestos de taladrado y corte, polvo, así como cualquier contaminante superficial, para lo que se usa; vapor de agua, soluciones alcalinas, emulsiones jabonosas, detergentes y disolventes orgánicos, que se aplican suavemente o mediante un equipo de presión seguido de un lavado con agua natural y secado con equipo de vacío o simplemente usando aire seco.

La limpieza con *métodos manuales (SP2)* es aquella en la que los restos de laminación levemente adheridos, el óxido y las capas de pintura antiguas se pueden eliminar del acero mediante los métodos manuales, usando herramientas manuales, no eléctricas, no obstante estos métodos son incompletos y siempre dejan en la superficie del acero una capa de óxido fuertemente adherido. Por ejemplo: cepillado, lijado, rascado, uso de piquetas.

La limpieza con *métodos mecánicos (SP3)* es la que emplea herramientas mecánicas, son generalmente más eficaces y menos laboriosas que las herramientas manuales para la eliminación de los restos de laminación levemente adheridos, pintura y óxido. Sin embargo, con este método no se eliminará la capa de óxido y los restos de laminación fuertemente adheridos. Se suelen utilizar cepillos eléctricos de alambre, martillos neumáticos, martillos de aguja, esmeriladoras.

La *limpieza con llama* pretende eliminar la cascarilla de laminación de la superficie de acero o transformarla a un estado menos dañino desde el punto de vista de la corrosión, secar la superficie de acero, quemar los contaminantes orgánicos como aceites y grasas, calentar la superficie antes de la aplicación de la pintura. Este método que también se conoce como *Limpieza Termal*, se realiza pasando un quemador con una llama normalmente de acetileno, a una distancia y velocidad dada sobre la superficie a limpiar. La cascarilla y el acero tienen distintos factores de expansión y el método aprovecha este hecho. La tensión creada por la temperatura de trabajo causa el agrietamiento y descascarillamiento de la cascarilla en el acero sin producir cambios estructurales en el acero. Una vez aplicada la llama, se debe limpiar la superficie con un cepillo de alambre para eliminar la cascarilla floja y el óxido. La pintura primaria debe aplicarse antes de que la superficie esté completamente fría.

La limpieza con llama no es muy utilizada en la actualidad ya que produce una cierta oxidación y no se ajusta a los requisitos de los modernos sistemas de pintado.

La *limpieza con chorro* es el método más eficaz para eliminar los restos de laminación, óxido y los recubrimientos antiguos, utilizando abrasivos como arena, grava o granalla a alta presión.

Originalmente se utilizaban arenas naturales para el chorreado abrasivo. La arena se utilizó con éxito durante décadas, aunque, debido al peligro de la exposición a la sílice que contenía, pudiendo causar silicosis, el

uso de la arena de sílice fue prohibido o dejado de utilizar voluntariamente, Actualmente se utilizan abrasivos que, aunque no contienen sílice, hay que utilizar protección contra el polvo. Los abrasivos de chorreado que tienen forma angular se llaman grit (granalla angular) y los que tiene forma redonda se llaman shot (perdigón o granalla redonda)

Una clasificación de los abrasivos podría ser la siguiente:

- Mineral natural: arena sílice, arena olivine, arena granate, zirconio y esmeril.
- Mineral artificial: Escoria de carbón, de hierro, de cobre, silicato de aluminio, óxido de aluminio, vidrio cerámico, carburo de silicón.
- Metálico: Acero (redonda o angular), hierro colado, aluminio, cizalla, bronce (granalla)
- Orgánico: Perlas de poliestireno, de nylon, cáscara de nueces, hueso de cereza, de aceituna, bicarbonato sódico, de maíz, cubierta de avena.
- Otros: Agua, cristales de hielo, CO<sub>2</sub> con hielo, cubierto de esponja, cubierto de zinc.

Algunos de los abrasivos, como por ejemplo la granalla redonda o angular de acero, pueden ser reutilizados después de su limpieza y la separación de polvo, aunque la mayoría de los abrasivos son desechados tras su uso.

Antes del chorreo, el acero debe estar desengrasado, se deben eliminar todas las salpicaduras de soldadura y esmerilar las juntas de soldaduras y los bordes afilados, ya que los recubrimientos de pintura tienden a alejarse de los bordes afilados, lo cual da lugar a capas finas y a una protección menor. Las salpicaduras de soldaduras son casi imposibles de cubrir de forma uniforme, además, frecuentemente son zonas de baja adherencia, por lo que suelen ser una causa habitual de fallo prematuro del recubrimiento.

La limpieza con chorro puede utilizar:

- Aire a presión: El abrasivo se mezcla con una mezcla de aire a gran presión. La mezcla de abrasivo / aire sale del sistema a través de una boquilla y las partículas de abrasivo se proyectan sobre la superficie del metal a limpiar.
- Agua a presión: El agua a presiones muy altas es el medio de limpieza, aunque pueden inyectarse partículas abrasivas a la corriente de agua.
- Fuerza centrífuga: para proyectar un flujo abrasivo en la superficie se utiliza la fuerza centrífuga.

Tanto el centrifugado como el chorreado con aire a presión originan además de la limpieza de óxidos e impurezas una rugosidad en la superficie. Las superficies de acero producidas por hidrochorreo NO tienen el mismo aspecto que las producidas por chorreo abrasivo seco o por chorreo mezcla.

Los grados de limpieza con chorro que se consiguen se clasifican a continuación:

- SP-5: Limpieza a metal blanco: Este tipo de limpieza, utiliza algún tipo de abrasivo a presión para limpiar la superficie, a través de este método, se elimina toda la escama de laminación, óxido, pintura y cualquier material incrustante. Una superficie tratada con este método, presenta un uniforme color gris claro, ligeramente rugoso, que proporciona un excelente anclaje a los recubrimientos. La pintura primaria debe ser aplicada antes de que el medio ambiente ataque a la superficie preparada.

- SP-6: Limpieza a metal comercial: Procedimiento para preparar superficies metálicas, mediante abrasivos a presión, a través del cual es eliminado todo el óxido, escama de laminación, pintura y materiales extraños.
  
- SP-7: Limpieza a ráfaga (chorreado ligero): Consiste en una limpieza muy superficial que permite que algunas incrustantes y pintura no sean eliminados del sustrato.
  
- SP-10: Limpieza a metal cercano a blanco: Método para preparar superficies metálicas, mediante abrasivos a presión, a través del cual es removido todo el óxido, escama de laminación, pintura y materiales extraños. La superficie debe tener un color gris claro y deben eliminarse sombras de oxidación visibles en un 95%. De hecho la diferencia entre una limpieza con chorro de arena grado metal blanco y metal cercano al blanco, radica en el tiempo empleado para pintar, ya que el metal es atacado por el medio ambiente y pasa a ser grado cercano al blanco en poco tiempo.

La *limpieza con chorro abrasivo seco* utiliza una mezcla de aire y abrasivo.

La preparación de superficie con *chorro abrasivo seco* en aceros nuevos u oxidados sin pintar requiere de un perfil de anclaje. Cuando existan restricciones por la generación de polvo derivada por la limpieza con chorro de abrasivo seco, se puede utilizar un abrasivo que no lo genere y además, aislando o encapsulando el área circundante de la superficie o el objeto a limpiar utilizando colectores de partículas y residuos para evitar que éstos se incorporen al ambiente, por ejemplo: elastómeros de poliuretano con partículas abrasivas. Cuando no se puedan cumplir las condiciones anteriores, se debe aplicar la limpieza con chorro abrasivo húmedo.

La preparación de superficies con *limpieza con chorro abrasivo húmedo* (chorreo con mezcla). El chorreo abrasivo húmedo utiliza una

mezcla pastosa de agua y abrasivo, teniendo como ventaja la superación de los peligros del polvo y los problemas de salud asociados al mismo. Es muy eficaz cuando se chorrean superficies viejas muy oxidadas, ya que consigue eliminar muchos productos solubles de la corrosión presentes en las cavidades del acero. Como inconveniente tiene que el acero que se limpia mediante este método se comienza a oxidar muy rápidamente tras la limpieza por lo que a la mezcla también se le añaden inhibidores, que permiten retrasar la oxidación y aplicar la pintura. El agua utilizada para esta técnica debe ser tratada, ya que debe presentar una alta calidad y eliminar cualquier presencia de contaminante.

La *limpieza con chorro de agua a alta y ultra alta presión* no utiliza abrasivos, el agua hace la limpieza de la superficie a presiones desde 34 hasta 280 MPa. Los intervalos de operación de la limpieza con este método son:

- Baldeo con agua a baja presión (<68 bares)
- Baldeo con agua a alta presión (68-680 bares)
- Hidrochorreo con agua a alta presión (68-1700 bares)
- Hidrochorreo con agua a hiperpresión (>1700 bares)

El *decapado (SP8)* se realiza utilizando decapantes. Los decapantes son productos líquidos o semipastosos, cuyo componente principal es el cloruro de metileno (disolvente eficaz, de rápida evaporación y nula inflamabilidad) Además contiene otros disolventes como parafina (para frenar la evaporación), espesante, para que no escurra y se mantenga en las superficies verticales y otros aditivos que ayudan a la penetración. El decapante ablanda, ahueca o desprende las capas de pinturas en pocos minutos. Su acción se produce por una penetración a través de los puntos más débiles de la película de pintura, llegando hasta el soporte y a partir de ahí se difunden por la superficie por debajo de la capa de pintura, despegándola total o parcialmente, según los casos.

### 5.3. PINTURAS Y RECUBRIMIENTOS

La formulación de la pintura es similar a la mayoría de los procesos de mezcla donde se mezclan componentes sólidos y líquidos, aunque en algunas formulaciones de pintura también se llevan a cabo algunas reacciones químicas, tanto reacciones dentro del proceso de curado como reacciones entre los componentes.

Los recubrimientos son materiales que al momento de ser aplicados sobre una superficie, protegen, embellecen o impiden que elementos extraños entren en contacto con la misma. Los recubrimientos incluyen, pero no se limitan a, pinturas, barnices, lacas y recubrimientos para mantenimiento industrial, y pueden ser aplicados tanto a unidades o equipos móviles como a superficies estacionarias.

Sea cual sea su formulación todos los recubrimientos tienen los mismos principios de funcionamiento. Por una parte actúan como *barrera*, la capa del recubrimiento de pintura actúa como barrera evitando el acceso de agua y oxígeno a la superficie de acero. Debería tenerse en cuenta que las capas de pinturas no pueden evitar totalmente el acceso del agua si el objeto recubierto está inmerso. Todas las capas de pintura orgánica funcionan con este principio. El *principio de inhibidor* es otro principio de funcionamiento. El recubrimiento de pintura contiene pigmentos inhibidores de la corrosión, como por ejemplo, fosfato de zinc. Anteriormente los cromados se utilizaban mucho, aunque ahora estos pigmentos se han omitido de las fórmulas debido a sus propiedades cancerígenas. Otro de los principios es el *principio galvánico* ya que el recubrimiento de pintura contiene pigmentos preventivos de corrosión activa en concentraciones altas. El zinc metálico es el pigmento más utilizado en este tipo de materiales.

Las pinturas y recubrimientos se formulan utilizando un gran número de materiales en bruto y aditivos, aunque, como base para toda formulación hay tres componentes básicos, que forman la base de todas las pinturas y recubrimientos; aglutinantes, pigmentos y disolventes.

#### a) Aglutinantes

El aglutinante es el ingrediente que tiene la capacidad de formar una película continua sobre la superficie pintada. Suele ser de naturaleza oleosa o resinosa y es capaz de formar por sí solo una película coherente y albergar cierta cantidad de partículas minerales que se denominarán pigmentos. El vehículo es el resultado de la mezcla entre aglutinante y disolvente.

Los aglutinantes determinan la adherencia de la capa a la superficie y las propiedades de la película seca y también se conocen como resinas. Se pueden distinguir tres clases de aglutinantes; naturales, sintéticos e inorgánicos.

El aglutinante determina el proceso de secado y de curado de la pintura, por ello existen pinturas de secado físico, son pinturas que se secan por *evaporación de los disolventes*. Normalmente este tipo de pinturas se redisuelven cuando son expuestas a los disolventes originalmente utilizados en la formulación. Algunos ejemplos de aglutinantes utilizados en pinturas de secado físico son: acrílicas, clorocauchos, ciclo-cauchos, vinilos, lacas, celulosas y la mayoría de las pinturas que están dispersas, como la pintura de látex. Otro tipo de pinturas son las pinturas de curado oxidante, en este caso además de la evaporación del disolvente se da una *reacción química con el oxígeno del aire*. Un ejemplo típico de pintura oxidante es aquella que tiene una base alquídica como aglutinante. Las pinturas con base de aceite también se oxidan. Las pinturas de curado químico, este tipo de pinturas se caracteriza por la *reacción que se da entre sus componentes* que normalmente se denominan base y endurecedor (o agente de curado), además en muchas de estas pinturas también se produce primero la evaporación del disolvente, aunque también es posible formular pinturas de curado químico que no contienen disolventes (o muy pocos disolventes), estas son las pinturas sin disolvente (o con poco disolvente)

En función del tipo de secado y curado de la pintura existen aglutinantes orgánicos, plásticos e inorgánicos. Los aglutinantes orgánicos de secado físico son los aglutinantes bituminosos, los de curado oxidante son los alquídicos, de aceite uretanado, epoxiésteres, oleorresinosos y fenólicos. Los aglutinantes plásticos (sintéticos) de secado físico son clorocaucho, vinílicos y vinil acrílicos. Los aglutinantes inorgánicos de secado físico actúan mediante la evaporación del agua y posterior curado o la evaporación del disolvente y posterior curado, es el caso de zinc silicato inorgánico.

#### b) Pigmentos

Los pigmentos son productos químicos normalmente cristalinos, finamente pulverizados, insolubles en el aglutinante, siendo su misión la de colorear, opacar materiales, dar consistencia, proteger o regular el funcionamiento de un producto, su calidad y apariencia, así como facilitar el secado de la pintura.

Se clasifican como pigmentos primarios o extensores.

Los *pigmentos primarios* a menudo se utilizan con propósitos distintos que el de dar color u opacidad. Estos pigmentos son reactivos e interactúan químicamente con componentes aglutinantes para endurecer, espesar o aumentar las propiedades de resistencia. También se emplean para inhibir activamente la oxidación de metales férricos o para prevenir el crecimiento de moho, hongos, lapas,...

El pigmento inhibidor de la corrosión utilizado hoy en día es el zinc (se usa zinc metálico), para inhibir el crecimiento de la vida marina, los óxidos cuprosos y componentes orgánicos de estaño, para alterar la permeabilidad de las pinturas es la mica, también llamada óxido de hierro micaceo.

Los *extensores*, también llamados pigmentos inertes, pigmentos de refuerzo o rellenos, son casi exclusivamente sales inorgánicas u óxidos obtenidos directamente de depósitos naturales, son inertes y de débil poder colorante y cubriente. El proceso al que se someten se limita al refinamiento y control del tamaño de las partículas. Un expansor típico es el talco.

Los estabilizantes son cargas de poco peso específico que se añaden a los pigmentos para favorecer su suspensión en el vehículo y evitar la sedimentación.

c) Disolventes (diluyentes, dispersantes)

Líquido utilizado para disolver otros componentes, para la extracción de materiales de otros elementos, para la purificación de sustancias sólidas mediante la recristalización, o como medio en el que conducir reacciones químicas. Un buen disolvente, disuelve otra sustancia sin reaccionar con ella, además debe ser volátil de manera que mediante destilación o evaporación se puedan eliminar.

Los aglutinantes de la pintura difieren enormemente en su consistencia; van desde líquidos porosos y finos, como el aceite de linóleo, a sólidos quebradizos tipificados como polímeros sintéticos y resinas naturales. Mientras que los líquidos son fácilmente adaptables a la fabricación y aplicación, las resinas más duras requieren una considerable reducción de consistencia para ser utilizables. En este punto se pueden añadir disolventes o agua, por ello se distingue entre pinturas con base acuosa (cuando el disolvente es el agua) y pinturas con base disolvente

Existe una diferencia entre los disolventes que tienen la capacidad de disolver un aglutinante y los diluyentes (que no disuelven aglutinantes necesariamente), pero se usan para regular la viscosidad de la pintura líquida.

El agua es uno de los disolventes más importantes pero no puede disolver la mayoría de los componentes de una pintura. En la formulación de pintura, el agua actúa en realidad como un dispersante, su uso se ha visto aumentado como resultado de las restricciones medio ambientales en las emisiones de los disolventes.

Los disolventes utilizados en pinturas son derivados fundamentalmente de la industria petrolífera se clasifican de menor a mayor poder en:

Alifáticos: alcohol blanco, hexano

Aromáticos: benceno, tolueno, xileno

Oxigenados: acetona, metil-etil-cetona, metil iso-butílico cetona

Alcoholes: metano, propano, etano, butano

Clorados: cloruro metileno

#### d) Aditivos

Los aditivos secantes son los cuerpos que se añaden a las pinturas para catalizar o acelerar la oxidación y polimerización de los aceites vegetales, disminuyendo el tiempo de secado. Generalmente están constituidos por óxidos, resinatos u oleatos de plomo, manganeso y cobalto. Se presentan en forma sólida en polvo, pasta y líquida. Los secantes se utilizan generalmente en pinturas con base de aceite y alquídico.

En la pintura se utilizan aditivos de muy distinta naturaleza por diversas razones, por ejemplo, para impedir el crecimiento bacteriano, de hongos, líquenes, musgos, evitar la espuma, el descolgamiento, para acelerar el curado, para facilitar la dispersión de los componentes, evitar el sedimento en el fondo del bote durante su almacenamiento, evitar una reacción con el oxígeno en el envase, para contrarrestar la formación de burbujas al aplicar nuevas capas.

### 5.3.1. Propiedades

En general las propiedades químicas de las pinturas dependen del aglutinante que las compone.

Las propiedades que pueden asegurar que una pintura mantendrá su capacidad protectora son la permeabilidad, la adherencia, la flexibilidad, resistencia al impacto, la dureza y la resistencia a la abrasión.

La permeabilidad nos indica la velocidad a la que puede migrar el agua a través de la película bajo condiciones de temperatura y presión de vapor ambientales. Todos los productos que forman las pinturas son permeables, por lo tanto los gases o vapores pueden difundirse lentamente través de la película sin disgregarla. Sin embargo, la permeabilidad de diferentes aglutinantes puede variar o influenciar la formulación de las pinturas.

El grado de influencia que la adherencia tiene sobre el rendimiento de una pintura es de una magnitud mayor de lo que a menudo se reconoce. La pintura no sólo debe adherirse de forma suficientemente tenaz para resistir los daños físicos y para impedir que la corrosión progrese por debajo del recubrimiento, sino también, para que se mantenga en un ambiente corrosivo.

Solo se requiere una flexibilidad elevada cuando la pintura se debe aplicar a superficies que van dobladas durante su utilización, a pesar de todo, todos los casos requieren cierto grado de flexibilidad para que el recubrimiento pueda soportar las vibraciones, los cambios de temperatura y las deformaciones de la estructura.

La dureza es una propiedad que pone de manifiesto la conjunción de varias cualidades físicas y su medida puede tener un gran valor para ciertas aplicaciones. Los ensayos que se realizan son los de resistencia al rayado y la dureza al péndulo.

En ciertas ocasiones una pintura debe aplicarse sobre superficies que soportan un intenso tráfico, el arrastre de objetos muy pesados en superficies sujetas a condiciones muy duras o en superficies expuestas al flujo de un líquido que contiene materias sólidas en suspensión, es en éstas ocasiones donde la resistencia a la abrasión del recubrimiento se considera muy importante.

Antes de comenzar con los procesos de pintura propiamente dichos, toda superficie debe ser debidamente tratada para que con el tratamiento de la pintura se consigan los objetivos previstos.

### 5.3.2. Métodos de aplicación

El proceso de aplicación de pintura no acaba hasta que la pintura haya sido aplicada y haya curado en una capa seca de un grosor considerado correcto para la función para la que se ha diseñado. Dada la importancia de la aplicación, en un sistema de pinturas, es importante mencionar que aun el más sofisticado recubrimiento protector tendrá un desempeño malo si no es aplicado de forma apropiada.

La aplicación de un recubrimiento se puede ver alterada por varios factores, como la temperatura, la humedad, el viento y la precipitación

El rango de temperatura óptima para la aplicación de recubrimiento oscila entre 15°C y 32°C. Generalmente, los recubrimientos no deben ser aplicados cuando la temperatura del medio ambiente sea inferior a 4°C o superior a 43°C, durante la aplicación. Si la pintura es aplicada arriba de 32°C puede ocasionar que la película seque demasiado pronto y traiga como consecuencia falta de uniformidad en la película y mala adherencia. Si la temperatura es inferior a 10°C puede alargarse el tiempo de secado y curado de la película hasta puntos inaceptables. No debe aplicarse la pintura, si existe la posibilidad de que la temperatura baje al punto de congelación, antes de que ésta haya secado.

La adherencia de la mayoría de las pinturas, excepto las de base acuosa, resulta seriamente dañada si la superficie por recubrir es contaminada con agua. En general debe evitarse pintar cuando la humedad relativa sea menor del 85%, aunque el rango óptimo de trabajo es de 30 a 70 %.

Operaciones de pintura, sobre todo las aplicaciones por medio de aspersión, se hace más difícil cuando aumenta la velocidad del viento. Además de la gran cantidad de pintura desperdiciada cuando hay viento fuerte, la apariencia de la superficie pintada generalmente no alcanza la conformidad deseada, porque las partículas atomizadas secan antes de tocar la superficie. Asimismo las partículas de pintura en suspensión en el aire pueden llegar a contaminar áreas adyacentes.

Ninguna aplicación de recubrimientos debe ser hecha en presencia de precipitación o cuando ésta es inminente. La precipitación puede causar mala adherencia, erosionar la pintura fresca, depositar contaminantes químicos, causar manchas en la pintura, alterar las propiedades de la película.

Para aplicar la pintura existen varios métodos y herramientas.

Los métodos manuales son aquellos en los que se usan guantes, brochas, rodillo, paint pad.

Los métodos de pulverización consisten en la atomización de la pintura antes de que quede aplicada en la superficie a pintar. La energía para esta atomización se puede conseguir mediante tres métodos, la *atomización con aire*, que se basa en la intersección de chorros de aire comprimido y para ello emplea la pistola convencional. Su rendimiento así como el acabado superficial es muy bueno, permite cubrir grandes superficies pero requiere mucha ventilación, se origina una nube (de pintura que se desperdicia) que contamina los alrededores. La atomización sin aire

es el método en el que la pintura se lanza a través de un pequeño orificio como consecuencia de una alta presión ejercida sobre el fluido dentro del envase, para ello usamos la pistola sin aire (airless). La *atomización sin aire* proporciona películas más gruesas por aplicación que cualquiera de los métodos anteriores, logra mayor cubrimiento y mejor aplicación en los rincones donde no es fácil llegar con otros métodos. La nube de pintura se reduce considerablemente con respecto a la pintura con aire, con lo que la pérdida de pintura es menor, así como los problemas de contaminación. La *pulverización electrostática* permite una atomización gracias a la aplicación de un elevado voltaje de corriente continua a la pintura que ha sido preatomizada por alguno de los métodos anteriores, para ello se usa la pistola electrostática. Las pistolas electrostáticas sin aire son las más adecuadas y versátiles. La pulverización electrostática proporciona una considerable reducción de la pérdida de pintura debido a la fuerte atracción electrostática, para ello el objeto que se quiere pintar debe estar conectado a una toma de tierra, así las partículas de pintura son atraídas a todas las zonas del objeto y el acabado de la pintura es especialmente bueno, sobre todo en los cantos, por lo que es muy usado para estructuras complicadas, enrejillados (en los que la pérdida de pintura sin esta atracción sería considerable)

Los métodos de pulverización pueden combinarse con calentadores para pintura, así se utiliza pintura precalentada que es menos viscosa y se evita el uso de diluyentes para los ajustes de viscosidad, reduciendo considerablemente el tiempo de secado y la presión de aire de trabajo (en casos de atomización por aire).

## **6. DESCRIPCION DEL PROCESO DE TRABAJO**

La actividad que se va a desarrollar en las naves objetos de este proyecto está englobada en los trabajos previstos para la ejecución de preparación de superficies y posterior aplicación de pintura y recubrimientos ignífugos.

### **6.1. PREPARACION DE SUPERFICIES MEDIANTE CHORRO DE ARENA**

Una vez terminados los trabajos de soldadura de los subensamblajes en que se ha dividido la estructura, se procederá a la consecución de las maniobras programadas de traslado de piezas hasta el interior de las naves mediante los medios de movimiento de materiales ya existente.

Una vez dentro de las mismas y apoyadas sobre bloques de hormigón armado en número suficiente para garantizar un reparto adecuado de las cargas sobre la solera de la nave, se cerrarán las puertas, asegurando su estanqueidad, se pondrá en marcha el sistema de extracción de aire y se dará comienzo a la operación de limpieza superficial mediante granallado.

Se usará la técnica de abrasión superficial por proyección neumática con abrasivos de origen mineral, Alodur@ DSO cuya composición química y dureza se muestran a continuación, el resto de características generales se encuentran en el anexo de cálculos de caudal de impulsión

<b>Componente mineral</b>				<b>Componente metálico</b>			<b>Dureza</b>
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>TiO<sub>2</sub></b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>Fe</b>	<b>Si</b>	<b>Ti</b>	<b>Mohs</b>
39.0	0.9	0.3	0.3	46.0	7.2	3.0	9

Se alcanzará un grado de preparación superficial Sa<sub>3</sub> (chorreado a metal blanco), en la que toda la capa de laminación, todo el óxido y todas las partículas extrañas serán eliminadas. A continuación la superficie deberá ser limpiada y posteriormente tratada con aspirador de polvo, aire comprimido seco y limpio o cepillo limpio hasta conseguir una superficie con color metálico uniforme coincidiendo con la figura de la designación Sa<sub>3</sub>.

El proceso de chorreado de piezas mediante proyección con arena se realiza en una cabina cerrada y aislada respecto del exterior para evitar la formación de atmósferas pulvígenas que puedan afectar a personas o a medio ambiente. La cabina posee un sistema de ventilación forzada dotado de un deshumidificador y de equipo de aspiración y filtración mediante filtros de cartucho. El sistema garantiza un caudal de ventilación de 162.000 m<sup>3</sup>/h. Para alcanzar este caudal de impulsión se dispone de 4 deshumidificadores desecantes modelo MA-C 10.000, de 15.000 m<sup>3</sup>/h cada uno y de 2 ventiladores helicoidales modelo HPX-90-4T-7,5 de 51.000 m<sup>3</sup>/h cada uno. Este caudal de impulsión se compensa con una extracción a través de 4 equipos de aspiración y filtración de polvo mediante filtros de cartucho de 40.000 m<sup>3</sup>/h cada uno, consiguiendo así un caudal de aspiración de 160.000 m<sup>3</sup>/h.

Como se indica en el Anexo I (capacidad del deshumidificador), se comprueba que conforme la humedad relativa del ambiente se reduce, los valores de humedad relativa de la mezcla son muy bajos, con lo que se valora la posibilidad de mantener dos deshumidificadores apagados y compensar este caudal con aire del exterior, por lo que además se disponen 2 ventiladores helicoidales modelo HPX-63-4T-1,5 de 16.000 m<sup>3</sup>/h cada uno, para evitar el gasto energético que supone trabajar con los deshumidificadores cuando no es necesario.

La operación de chorreado se realiza portando un traje tipo buzo, dotado de una capucha alimentada desde el exterior con aire limpio y purificado previamente a través de un filtro de carbón activo. En el interior de la capucha existe una determinada presión positiva, la cual evita la entrada

de polvo. Este operador porta además los siguientes equipos de protección personal: Guantes de protección contra proyecciones, botas de seguridad, ropas de trabajo y protección auditiva.



Detalle del EPI que debe portar cada operario que realice operaciones de preparación de superficies mediante chorro de abrasivo

Durante la operación de chorreo el acceso y apertura de la cabina queda prohibido.

## 6.2. APLICACION DE RECUBRIMIENTOS

Una vez terminados los trabajos preparación de superficie, se procederá a la consecución de las maniobras programadas de traslado de piezas hasta el interior de las naves de aplicación de recubrimientos mediante los medios de movimiento de materiales ya existentes.

Para obtener resultados óptimos de durabilidad y adherencia de la pintura, se establece que la humedad relativa en el ambiente debe estar en el rango de 30 a 70% y la temperatura debe permanecer en un rango de 10 a 25 °C. Por todo ello se dispone de un sistema de máquinas para calentar y deshumidificar el aire del recinto.

A continuación se relacionan los productos comerciales que se van a emplear en los trabajos de pintura:

- *Disolventes químicos*

Thinner 2	Thinner 15	Thinner 25	Thinner 33
Thinner 10	Thinner 21	Thinner 26	Thinner 76

- *Imprimación a base de Zinc*

Carbozinc 11	Carbonzic 858
--------------	---------------

- *Pinturas resistentes a la Temperatura*

Thermaline 4700	Thermaline 400
-----------------	----------------

- *Pinturas*

Carboguard 891	Carboguard E19	Carbomastic 18 NT
Carbomastic 15	Carboxane 2000 WG	

Los procesos de aplicación de recubrimientos, se realizan en la nave cerrada y aislada respecto del exterior para evitar las posibles variaciones climáticas del interior de la nave. Las naves poseen un sistema de ventilación forzada para evitar la formación de atmósferas explosivas, para ello consta de un sistema de impulsión de aire seco, un sistema de impulsión de aire húmedo y un sistema de extracción y filtración de aire contaminado con partículas de pintura.

Los sistemas de ventilación de las naves TIPO 1 garantizan un caudal de ventilación de 62.000 m<sup>3</sup>/h. Para alcanzar este caudal de impulsión se dispone de 2 deshumidificadores desecantes modelo MA-C 3.000, de 5.000 m<sup>3</sup>/h cada uno y de 2 ventiladores helicoidales modelo HPX-80-4T-3, de 26.000 m<sup>3</sup>/h cada uno. Este caudal de impulsión se compensa con una extracción a través de un muro de extracción con filtro seco de 60.000 m<sup>3</sup>/h..

En el caso de los sistemas de ventilación de las naves TIPO 2 garantizan un caudal de ventilación de 188.000 m<sup>3</sup>/h. Para alcanzar este caudal de impulsión se dispone de 2 deshumidificadores desecantes modelo MA-C 10.000, de 15.000 m<sup>3</sup>/h cada uno, de 2 ventiladores helicoidales modelo HPX-100-4T-10, de 63.000 m<sup>3</sup>/h cada uno y 2 ventiladores helicoidales modelo HPX-63-4Y-1,5, de 16.000 m<sup>3</sup>/h, cada uno . Este caudal de impulsión se compensa con una extracción a través de un muro de extracción con filtro seco de 180.000 m<sup>3</sup>/h.

La aplicación de recubrimientos se realiza portando un traje tipo buzo, y una mascarilla que impida la inhalación de partículas de pinturas así como de disolvente, además de evitar el contacto de cualquier zona de la cara con el ambiente en el que se están realizando las labores de aplicación de recubrimientos. Este operador porta además los siguientes equipos de protección personal: Guantes de protección, botas de seguridad, ropas de trabajo y protección auditiva.



Detalle del tipo de máscara que debe portar cada operario que realice operaciones de aplicación de recubrimientos

Una vez concluidos los trabajos de pintura, se procederá a inspeccionar la calidad de la aplicación y eventualmente, reparar aquellas zonas que no cumplan con los requerimientos establecidos. Finalmente la pieza se trasladará desde la nave hasta la zona de ensamblaje.

No se ha previsto el almacenamiento de pinturas, barnices y disolventes dentro de las naves. Sólo estará la materia prima necesaria para la consecución de los trabajos diarios que se ha estimado en una cantidad máxima de 900 litros por nave y día.

Durante los trabajos de pintura, las puertas estarán cerradas con el sistema de extracción en funcionamiento.

### 6.3. IMPULSION Y EXTRACCION DE AIRE

La ventilación consiste en producir corrientes de aire que permitan eliminar contaminantes de la atmósfera en la que se desenvuelve un trabajador, para evitar que se introduzca en su organismo y provoque enfermedades, así como mantener una atmósfera limpia y adecuada para evitar que el propio material se deteriore como consecuencia de unas condiciones adversas (como es el caso de una atmósfera muy húmeda).

Como se ha visto anteriormente para llevar a cabo los trabajos de preparación de superficies y aplicación de pinturas las condiciones atmosféricas dentro de las naves deben mantenerse dentro de unos valores previamente establecidos, ya que por una parte, la capacidad de corroerse de un material aumenta conforme lo hace el porcentaje de humedad y por otra parte, la adherencia de la mayoría de las pinturas, excepto las de base acuosa, resulta seriamente dañadas si a superficie por recubrir es contaminada con agua. En general debe evitarse pintar cuando la humedad relativa supere el 70 %.

El fundamento básico del funcionamiento de las instalaciones se basa en la impulsión de una mezcla de aire seco y aire húmedo, cuya función es, por una parte mantener las condiciones necesarias de humedad y por otra parte, arrastrar las partículas suspendidas en el aire, por ser éstas perjudiciales para la salud de los trabajadores. Las partículas suspendidas en el aire son arrastradas hacia el punto de extracción de aire, que está localizado en la pared trasera de la nave.

La impulsión de aire seco se realiza a través de los conductos destinados para este fin que estarán a dos alturas diferentes a lo largo de los laterales de la nave. Se realizará la impulsión del aire, además de a dos alturas diferentes, desde cuatro puntos diferentes de la nave, de manera que se consiga acondicionar la nave con un aire seco que reduzca al máximo la posibilidad de corrosión de las piezas que se encuentran en el interior de la nave, en espera de ser tratadas, así como, conseguir el aporte de la cantidad de aire necesaria para evitar la formación de atmósferas pulvígenas o explosivas.

El caudal de impulsión de aire seco será de 60.000 m<sup>3</sup>/h para el caso de las naves de preparación de superficies, y se conseguirá a través de un conjunto de 4 deshumidificadores de 15.000 m<sup>3</sup>/h cada uno, para las naves de aplicación de pintura donde el caudal de impulsión de aire seco en las naves TIPO 1 es de 10.000 m<sup>3</sup>/h y el caudal de impulsión de aire seco en las naves TIPO 2 ES DE 30.000 m<sup>3</sup>/h, se dispone en el caso de las naves TIPO 1 de 2 deshumidificadores desecantes de 5.000 m<sup>3</sup>/h y en el caso de la nave TIPO 2 de 2 deshumidificadores desecantes de 15.000 m<sup>3</sup>/h.

Para introducir el aire húmedo se emplean ventiladores helicoidales situados en la pared frontal de la nave. El caudal de impulsión de aire húmedo en las naves de preparación de superficies será de 102.000 m<sup>3</sup>/h y se conseguirá a través de un conjunto de ventiladores helicoidales de 51.000 m<sup>3</sup>/h cada uno. El caudal de impulsión de aire húmedo en las naves de aplicación de recubrimientos será de 52.000 m<sup>3</sup>/h en el caso de las naves TIPO 1 y se conseguirá a través de dos ventiladores helicoidales de 26.000 m<sup>3</sup>/h cada uno y en el caso de la nave TIPO 2 el caudal de impulsión de aire húmedo será de 158.000 m<sup>3</sup>/h y se conseguirá utilizando 4 ventiladores helicoidales, 2 de 63.000 m<sup>3</sup>/h y 2 de 16.000 m<sup>3</sup>/h.

La extracción de aire en las naves de preparación de superficies se realizará a través de un conjunto de cuatro captadores de polvo de 40.000 m<sup>3</sup>/h cada uno en el caso de las naves de chorreo.

En el caso de las naves de pintura, se realizará a través de 3 muro aspirante con filtro seco, dos de ellos trabajarán, en el caso de las naves TIPO 1 con un caudal de 12.500 m<sup>3</sup>/h y uno de ellos con un caudal de 25.000 m<sup>3</sup>/h, para las naves TIPO 2, dado que el caudal de extracción total es de 180.000 m<sup>3</sup>/h, dos de los tres muros aspirantes trabajarán con un caudal de aspiración de 40.000 m<sup>3</sup>/h y el tercero con un caudal total de extracción de 100.000 m<sup>3</sup>/h.

#### 6.3.1. Impulsión de aire seco. Deshumidificador Desecante

La deshumidificación del aire con desecantes ocurre cuando la presión de vapor de la superficie del desecante es inferior a la del aire ambiente. Cuando la presión del vapor de agua en la superficie del desecante es más baja que en el aire entonces el desecante absorbe vapor de agua del aire. Cuando el vapor de agua es absorbido la presión de vapor en el desecante se incrementa hasta experimentar el equilibrio.

El deshumidificador desecante será el que proporcione el aire de impulsión seco en todas las naves, ya que es muy importante mantener los niveles de humedad relativa de las naves entre 30 y 70 %.

Para el caso de las naves de preparación de superficies el caudal aportado por los dehumidificadores será de 60.000 m<sup>3</sup>/h, según se ha justificado en el Anexo II (cálculos de caudal de ventilación).

Para el caso de las naves de pintura, el caudal aportado por los dehumidificadores será de 10.000 m<sup>3</sup>/h para el caso de las NAVES TIPO 1 y 30.000 m<sup>3</sup>/h para el caso de la NAVE TIPO 2 según se ha justificado en el anexo de cálculos de caudal de impulsión.

El deshumidificador desecante contiene un rotor desecante que permite absorber la humedad del aire, reduciendo así la humedad relativa del aire que se va a impulsar hasta el interior de la nave.

El rotor desecante es la parte del deshumidificador que absorbe la humedad y está formado por una matriz de un compuesto especial de material resistente al calor que aloja el desecante. El rotor está dividido en dos sectores que comprenden el sector de proceso y el sector de reactivación. El aire que debe deshumidificarse (aire de proceso) pasa por el sector de proceso del rotor, cuya estructura forma estrechos canales de aire. Las paredes del rotor están impregnadas de gel de sílice de alto rendimiento que absorbe la humedad del aire; el aire seco resultante sale por la salida del aire seco y es conducido hacia el interior de la nave.

Simultáneamente, un caudal de aire separado (aire de reactivación) se calienta y se extrae por el sector de reactivación del rotor. Este aire caliente evapora la humedad del sector de reactivación del rotor. A continuación, el aire con alto contenido de humedad (aire húmedo) es liberado fuera de la atmósfera de humedad controlada.

Mientras se lleva a cabo esta secuencia, el rotor gira lentamente (aproximadamente a 10 revoluciones por hora). Con esta rotación se garantiza que una nueva sección del rotor que necesite reactivación esté continuamente expuesta al sector de reactivación calentado. Al mismo tiempo, una nueva sección del rotor de reactivado se expone al aire de proceso, lista para absorber humedad. Por ello, el proceso de deshumidificación se repite constantemente.

### 6.3.2. Impulsión de aire húmedo. Ventiladores helicoidales.

Para el caso de las naves de preparación de superficies el caudal aportado por los ventiladores helicoidales será de 102.000 m<sup>3</sup>/h, según se ha justificado en el anexo de cálculos de caudal de capacidad del dehumidificador.

Para el caso de las naves de pintura, el caudal aportado por los ventiladores helicoidales será de 52.000 m<sup>3</sup>/h para el caso de las NAVES

TIPO 1 y 158000 m<sup>3</sup>/h para el caso de la NAVE TIPO 2 según se ha justificado en el Anexo II (cálculos de caudal de ventilación).

La impulsión de aire húmedo (aire ambiental) se realiza a través de un conjunto de ventiladores helicoidales situados en la pared frontal de la nave. El equipo consta de una envolvente en acero laminada. La hélice es de fundición de aluminio y la transmisión por correas y poleas trapezoidales. Tiene un acabado anticorrosivo en resina de poliéster, polimerizada a 180 °C, previo desengrase, fosfatación y pasivado. Tiene certificación ATEX, categoría 2, para atmósferas explosivas.

### 6.3.3. Extracción de aire

#### 6.3.3.1. Nave de preparación de superficies.

En esta área se realizarán las operaciones de preparación de las superficies para la correcta aplicación de los recubrimientos.

Debido a la variedad de tamaños que se pueden encontrar se destinarán a esta labor dos NAVES TIPO 1 y una NAVE TIPO 2.

Previo a comenzar el proceso de chorreo se terminará de evacuar el aire contaminado con humedad y polvo en suspensión para que el ambiente esté limpio y seco y las superficies que se preparen corran el menor riesgo de corrosión o contaminación.

Para obtener unos resultados óptimos de durabilidad y adherencia de la pintura, es necesario que se consiga una buena preparación de la superficie, de este modo, se establece que la humedad relativa del ambiente debe encontrarse entre el 30 y el 70%.

En las naves de chorreo, la aportación del aire se realiza, como ya se ha indicado anteriormente a través de los deshumidificadores desecantes

y de los ventiladores helicoidales y la extracción del aire contaminado se realiza a través de los captadores de polvo.

Durante toda operación de granallado se genera polvo que ha de ser extraído por un captador.

Para una correcta efectividad en un sistema de filtración de polvo hay que tener en cuenta las características del polvo a tratar, grado de humedad, temperatura, espacio disponible y otros factores específicos. Con ello los técnicos especialistas determinan el ratio de filtración, el sistema de filtración y el elemento filtrante más adecuado en caso.

La filtración de polvo consiste en la aspiración de una masa de aire contaminado para hacerla pasar a través de una célula de filtrado en donde quedan atrapadas las partículas de polvo. Por ello se puede afirmar que el proceso de filtración consiste en la extracción del aire contaminado y posterior separación de partículas contaminantes siendo en este caso, el polvo generado por la operación de preparación de superficies.

Para llevar a cabo la filtración el captador de polvo utilizará filtros de cartucho.



Vista del filtro de polvo

Los trabajos de preparación de superficies anteriormente mencionados se realizan en un espacio confinado cuyos límites son los cerramientos de fachada, cubierta y cerramientos móviles de las naves objeto de éste proyecto.

El aire cargado de partículas pasa a través de la entrada de aire, al interior de la cámara de expansión. Las partículas relativamente pesadas son inmediatamente separadas cayendo en el interior del depósito por gravedad. El resto de partículas más finas son retenidas en el exterior del cartucho de filtraje y caen también al depósito cuando se procede a la limpieza del filtro. El aire filtrado y limpio fluye a través de los poros del filtro hacia la cámara de aire limpio. Este aire será devuelto al hacia otras zonas exteriores.

La unidad de aspiración y filtración para retener las partículas de polvo contiene un conjunto de 64 filtros de cartucho con una superficie filtrante total de 392 m<sup>2</sup>, que retienen las partículas de polvo cuando el aire contaminado los atraviesa. Estos filtros se limpian sin necesidad de paro en la actividad de la máquina, mediante impulsos secuenciados de aire comprimido a contracorriente, que se lanza a través de válvulas solenoides. Un cuadro eléctrico controla la apertura/cierre de las distintas electroválvulas y permite regular tanto el intervalo entre dos impulsos de aire comprimido como su duración. Un calderín de reserva es el encargado de acumular el aire comprimido en el intervalo entre dos impulsos. En cada impulso un único cartucho es soplado a través de sus pliegues (de dentro a fuera) por un aspersor rotativo. El aspersor asegura un homogéneo reparto del aire comprimido en toda la superficie del cartucho la capa de polvo se desprende así y cae a través de la tolva al depósito. Durante cada impulso de aire comprimido, una válvula anula la aspiración a través del cartucho que está siendo limpiado con lo que aumenta la eficiencia del proceso. Mientras el resto de cartuchos permanece operativo.

La construcción está diseñada de forma modular de manera que la entrada de aire, la puerta de inspección, el habitáculo del ventilador y el depósito pueden ser montados entre sí según diversas configuraciones dependiendo de las necesidades de cada proyecto. La limpieza de los cartuchos se comprueba mediante un manómetro midiendo la caída de presión existente entre el lado contaminado del aire antes de los filtros y el lado limpio después de los filtros. Cuanto más grande sea dicha caída más cargados están los cartuchos y con más dificultad fluye el aire. El presostato diferencial economizador permite ajustar la máxima pérdida de carga admitida por el filtro, lo que permite que la limpieza del filtro tenga lugar al superarse el valor pre-ajustado.

#### 6.3.4. Nave de aplicación de recubrimientos. Extracción con muro de filtro seco

Debido a la diversidad de tamaños que se encuentran se destinarán a esta labor dos naves tipo 1 y una nave tipo 2.

Los trabajos de pintura comenzarán a continuación de la limpieza con chorro de arena. Previo a comenzar el proceso de pintura se terminará de evacuar el aire contaminado con humedad y polvo en suspensión para que el ambiente esté limpio y la pintura aún fresca no se contamine de partículas sólidas.

Para obtener unos resultados óptimos de durabilidad y adherencia de la pintura, se establece que la humedad relativa del ambiente debe encontrarse entre el 30 y el 70%.



Vista del muro con filtro seco

En el caso de las naves de pintura, se realizará a través de 3 muro aspirante con filtro seco, dos de ellos trabajarán, en el caso de las naves TIPO 1 con un caudal de 12.500 m<sup>3</sup>/h y una longitud de 5,16 y uno de ellos con un caudal de 25.000 m<sup>3</sup>/h y longitud 10,32, para las naves TIPO 2, dado que el caudal de extracción total es de 150.000 m<sup>3</sup>/h, dos de los tres muros aspirantes trabajarán con un caudal de aspiración de 40.000 m<sup>3</sup>/h y el tercero con un caudal total de extracción de 100.000 m<sup>3</sup>/h. Las dimensiones de los muros de esta nave son las mismas que las de las naves TIPO 1.

Durante los trabajos de aplicación de recubrimientos sobre las superficies metálicas de las piezas, se producirá una vaporización de disolvente orgánicos, en cuya composición existen compuestos orgánicos volátiles (COV) que proceden del propio producto o bien se adicionan para disminuir su viscosidad y favorecer su correcta aplicación.

Por la propia naturaleza del proceso descrito y porque ello no sería viable desde el punto de vista técnico ni económico, no se va a proceder a la recuperación de disolvente orgánicos. Por lo tanto el consumo de disolvente será igual a la cantidad de disolvente que trae la pintura en su composición de fábrica más la cantidad que deba adicionarse para mejorar su manejabilidad de cara a su aplicación.

Los trabajos de aplicación de recubrimientos anteriormente mencionados se realizan en un espacio confinado cuyos límites son los cerramientos de fachada, cubierta y cerramientos móviles de las naves objeto de éste proyecto.

Por condicionantes de higiene industrial (renovación de la atmósfera) y seguridad (reducción de la concentración de gases capaces de formar atmósferas potencialmente explosivas o deflagrantes), se requiere una ventilación forzada.

El caudal de ventilación se canaliza mediante unos conductos que vierten a la atmósfera causando, por consiguiente una emisión de

compuestos orgánicos volátiles. Dichos caudales se cuantifican como se indica en el anexo de cálculos de caudal.

La actividad de aplicación de recubrimiento descrita está englobada en el Grupo C del ANEXO II del decreto 833/1975 “catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera”, en el punto 3.12.1 “Aplicación en frío de barnices no grasos, pinturas y tintas de impresión sobre cualquier soporte y cocción o secado de los mismo, cuando la cantidad almacenada en taller sea inferior a 1000 litros”.

Las cantidades de productos almacenadas en los talleres se han limitado a 900 litros por taller en atención a las consideraciones de seguridad contra incendios y en aplicación del reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y de sus instrucciones técnicas complementarias.

La distancia de la nueva actividad hasta los núcleos de población más cercanos, es mayor de 2000 metros con lo que se da cumplimiento a lo dispuesto en el artículo 4 del RAMINP.

En cuanto a los valores límite de concentración de polvo, vapores, gases, neblinas, etc, en la atmósfera interior de los talleres a los que hace referencia el artículo 18 del RAMNINP y que se consignan en el anexo II del mismo, derogados por el Real Decreto 374/2001, serán controlados por los Servicios de Prevención de la empresa contratista de los trabajos de pintura, analizando los compuestos químicos presentes en el aire y los niveles de exposición permisibles adoptados por el Instituto de Salud e Higiene en el Trabajo.

No obstante lo anterior y para tener en cuenta lo dispuesto en la Directiva 1999/13/CE cuya vigencia se condiciona a su transposición a la Legislación de los Estados Miembros, en este caso España, se establece como ámbito de aplicación del ANEXO I los procesos de recubrimientos de superficies metálicas.

En el punto 8 del ANEXO II de dicha Directiva se especifican los valores límites de emisión para el caso de aplicación de recubrimientos en

condiciones confinadas para consumos de disolvente de más de 5 Tn/año. En el caso de consumos menos de 5 Tn/año de disolvente no se establecen valores límites.

Para consumos de más de 15Tn/año en condiciones confinadas se acepta un nivel de emisión de 50 mg/Nm<sup>3</sup> para el caso de aplicación y de 50 mg/Nm<sup>3</sup> para el caso de secado.

En el caso de aplicación de recubrimientos en condiciones no confinadas, como puede ser el caso de barcos y aviones, quedarían exentas de límites para los niveles de emisión de COV's.

En el presente caso, la aplicación de recubrimientos en condiciones confinadas está justificada por la necesidad de controlar las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa además de aumentar significativamente la productividad del proceso al independizarlo de las condiciones atmosféricas adversas que puedan existir.

No obstante las condiciones de confinamiento son temporales durante la fase de aplicación y curado, siendo necesario proceder a la apertura de los cerramientos móviles de fachada para las maniobras de entrada y salida de las piezas que, en general son de gran tamaño. Por lo tanto se enciende que es de aplicación lo dicho para el caso de recubrimientos sobre metal en condiciones no confinadas que estarían exentas de límites de emisión de COV's.

Dado que la actividad que se va a desarrollar en las naves destinadas a la aplicación de recubrimientos y que se trata de atmósferas potencialmente explosivas o deflagrantes, se debe utilizar un sistema de ventilación general que permita mantener los valores por debajo de los Límites Inferior de Explosividad, de manera que se debe introducir aire limpio y seco y extraer el aire que contiene los disolventes.

## 6.4. FILTROS

La utilización de elementos filtrantes es necesaria para limpiar el aire de las impurezas que pueda transportar hacia el exterior, así como para asegurar el trabajo de las máquinas y protegerlas de averías. Estos elementos filtrantes han sido estudiados específicamente para cada aplicación.

### 6.4.1. Filtros de cartucho de los captadores de polvo

Los captadores de polvo son equipos en los que se lleva a cabo la operación de separación sólido-gas, que consiste en la separación física donde se consigue la separación de los sólidos que se encuentran suspendidos en el aire, haciendo pasar la suspensión a través de un medio poroso, el cual va a retener las partículas sólidas, dejando pasar el aire. Los sólidos quedarán retenidos en función de su granulometría y según sea el tamaño de los poros.

El medio filtrante es la barrera que retiene los sólidos y deja pasar al aire limpio, los captadores de polvo incorporan como material filtrante cartuchos de poliéster, termoconformados y en construcción plisada. Van equipados con limpieza automática mediante aire comprimido en contracorriente.

Dada la alta eficacia de los filtros de cartucho, están particularmente indicados en todos los procesos de trabajo en continuo con emisión de polvos finos e impalpables, tales como granalladoras, arenadoras, metalizados, humos de soldadura, desmoldes, tratamiento de arenas, transporte neumático, mezcladoras y en todos los sistemas productivos con emisión de finos e impalpables en la Industria Química y Cementera en general.



Filtros de cartucho

#### 6.4.2. Filtros de cartón plegado y Paint-Stop

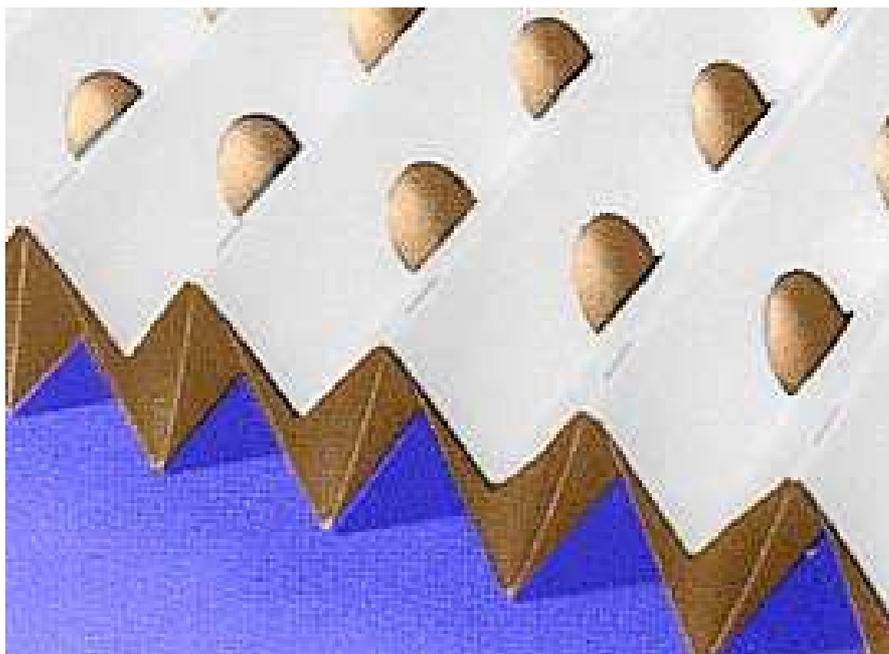
El aire de aspiración es succionado a través de un muro con filtro seco formado por una estructura de chapa galvanizada y perfiles sobre la que se coloca, por una parte las celdas porta-filtro de los filtros tipo PAINT-STOP y por otra, los filtros de cartón plegado sujetos a las fijaciones laterales de la estructura del muro, lo que permite un mantenimiento fácil. Los paneles de chapa galvanizada y atornillada están protegidos por una capa de pintura en polvo epoxi.

El muro extrae el aire contaminado y realiza un proceso de filtrado a través de dos etapas, una en donde se hace pasar el aire a través del filtro especial de cartón plegado y perforado, diseñado según el principio de separación por inercia, consiguiendo un mejor reparto de la velocidad frontal con una débil resistencia. Este diseño obliga al flujo de aire contaminado a cambiar varias veces de dirección, con lo que las partículas en suspensión se adhieren a las paredes, mientras el flujo de aire prosigue su movimiento

sin obstáculos hacia los filtros de manta filtrante donde se retiene el pigmento que haya continuado a través del filtro de cartón plegado y dejan pasar el aire libre de partículas de pintura.

Los filtros de cartón plegado, son filtros de media eficacia, clasificación EUROVENT EU4, específico para partículas superiores a 10  $\mu\text{m}$ . El espacio entre pliegues es constante gracias a una cinta trasera que controla la expansión del acordeón al momento de colocar los filtros, y garantiza que la forma óptima se obtenga cada vez sin esfuerzo ni pérdida de tiempo. Los filtros se aguantan solos en posición vertical, lo que permite que un solo operario pueda desplegarlos y estirarlos.

El uso de filtros de cartón de papel reciclado, al mismo tiempo que reduce la contaminación global, facilita la manipulación, el tratamiento y la eliminación de los residuos contaminantes secos. El cartón está revestido de papel blanco brillante para que disminuya el cansancio visual, permitiendo una productividad superior. El corte muy nítido de los agujeros evita que la pintura se acumule en sus bordes y reduzca el paso del aire, consiguiendo así una presión de aspiración casi constante.



Filtros de cartón

Los filtros de manta filtrante para la retención del pigmento de pintura, formada por fibras de vidrio de hilo continuo entrelazado de densidad progresiva. Estas fibras, atrapan partículas de pintura mojadas, así como contaminantes secos antes de que entren, junto con el aire limpio a los ventiladores. Son filtros de alta eficacia, clasificación EUROVENT EU5, específico para partículas finas de 1 a 10  $\mu\text{m}$ .



Filtros manta

El muro con filtro seco permite una ventilación de extracción uniforme en toda la altura y longitud de la zona de trabajo, está formado por tres módulos dispuestos como indican los planos de la nave 6 del presente proyecto.

## **7. NORMAS**

Los documentos que a continuación se citan han sido utilizados para llevar a cabo en todo momento, el cálculo y desarrollo del presente proyecto.

- UNE 100 011:91. Climatización. La ventilación para una calidad del aire aceptable en la climatización de los locales.
- UNE 20.322-1986. Clasificación de emplazamientos con riesgo de explosión debido a la presencia de gases, vapores y nieblas inflamables.
- NBE-CPI-96
- Orden ITC/2585/2007, de 30 de agosto por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria 2.0.02, "Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas
- Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores.
- Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio, por el que se aprueba del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- ITE 02.2.2 Calidad del aire interior y ventilación
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

- Reglamento de Calidad del Aire. Decreto 74/1996, de 20 de febrero (BOJA nº 30/1006, de 7 de marzo. Corrección de errores BOJA nº 48/1996, 23 de abril)
- NTP 370: “Atmósferas potencialmente explosivas: clasificación de emplazamientos clase I”
- Decreto 833/1975 “Catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera”
- Directiva 1999/13/CE

Exigencias de los Organismos Oficiales, de la Administración Central, Comunidades Autónomas y Ayuntamientos.

## **8. BIBLIOGRAFIA**

- González Martín, Jesús. "La pintura como recubrimiento protector"  
Madrid : A. Madrid Vicente , 1994.
- Poza Lleida, Vicente de la. "Pintado y Secado Industrial". Barcelona.  
Oikos-Tau,1991.
- Ortega Maíquez, José Antonio, "Corrosión industrial", Barcelona,  
Marcombo, D.L. 1990
- Carnicer Royo, Enrique. "Ventilación Industrial". Editorial Paraninfo  
1994
- Falagán Rojo, Manuel Jesús."Higiene industrial aplicada "ampliada".  
Oviedo. Luis Fernández Velasco.
- Pinazo Ojer, José Manuel. "DTIE 3.01 Psicrometría". Editorial Atecyr  
1996.
- Torrella Alcaraz, Enrique, Cabello López, Ramón, Navarro Esbrí,  
Joaquín. "Cálculos en climatización : ejercicios resueltos". Editorial A.  
Madrid Vicente, 2002.
- Torrella Alcaraz, Enrique, Cabello López, Ramón, Navarro Esbrí,  
Joaquín, Gómez Márquez, Francisco. "Manual de climatización".  
Editorial A. Madrid Vicente, 2005.

- [www.solerpalau.es](http://www.solerpalau.es)
- [www.salvadorescoda.com](http://www.salvadorescoda.com)
- [www.spraymaq.com](http://www.spraymaq.com)
- [www.sodeca.com](http://www.sodeca.com)
- [www.luisdecapdevilla.com](http://www.luisdecapdevilla.com)
- [www.mta.insht](http://www.mta.insht)



**ANEXO**

## **ANEXO**

- 1. ANEXO I: CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL  
DESHUMIDIFICADOR**
- 2. ANEXO II: CALCULO DEL CAUDAL DE VENTILACION DE LAS  
NAVES**
- 3. ANEXO III: CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA DE LOS  
CONDUCTOS DE VENTILACION DE LAS NAVES**



## **ANEXO I : CAPACIDAD DEL DESHUMIDIFICADOR**

<b>1. TEORIA DEL DESHUMIDIFICADOR DESECANTE.....</b>	<b>73</b>
<b>2. DEFINICIONES.....</b>	<b>76</b>
<b>3. PROCESO DE CALCULO PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES CLIMATICAS EN EL INTERIOR DE LA NAVE.....</b>	<b>79</b>
<b>4. PROCESO DE CALCULO PARA DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DEL AIRE SECO QUE IMPULSA EL DESHUMIDIFICADOR.....</b>	<b>80</b>
<b>5. PROCESO DE CALCULO PARA DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DEL AIRE QUE SE IMPULSA DIRECTAMENTE DESDE EL EXTERIOR.....</b>	<b>82</b>
<b>6. CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL AIRE DE PROCESO (AIRE EXTERIOR) Y DEL AIRE SECO, CONSIDERANDO LA TEMPERATURA SECA DE 10°C.....</b>	<b>83</b>
6.1. CALCULO DE LAS VARIABLES DEL AIRE DE PROCESO.....	83
6.2. CALCULO DE LAS VARIABLES DEL AIRE SECO.....	85
<b>7. CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL AIRE DE PROCESO (AIRE DEL EXTERIOR) Y DEL AIRE SECO, CONSIDERANDO LA TEMPERATURA SECA DE 20°C.....</b>	<b>88</b>
<b>8. CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL AIRE DE PROCESO (AIRE EXTERIOR) Y DEL AIRE SECO, CONSIDERANDO LA TEMPERATURA SECA DEL AIRE DE 30°C.....</b>	<b>89</b>

**9. CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL AIRE DEL INTERIOR**

**DE LA NAVE.....90**

9.1. PARA CAUDALES DE AIRE SECO DE 60.000 m<sup>3</sup>/h y 102.000 m<sup>3</sup>/h  
DE AIRE EXTERIOR.....90

9.2. PARA CAUDALES DE AIRE SECO DE 30.000 m<sup>3</sup>/h y 134.000 m<sup>3</sup>/h  
DE AIRE EXTERIOR.....94

9.3. PARA CAUDALES DE AIRE SECO DE 10.000 m<sup>3</sup>/h y 52.000 m<sup>3</sup>/h  
DE AIRE EXTERIOR.....97

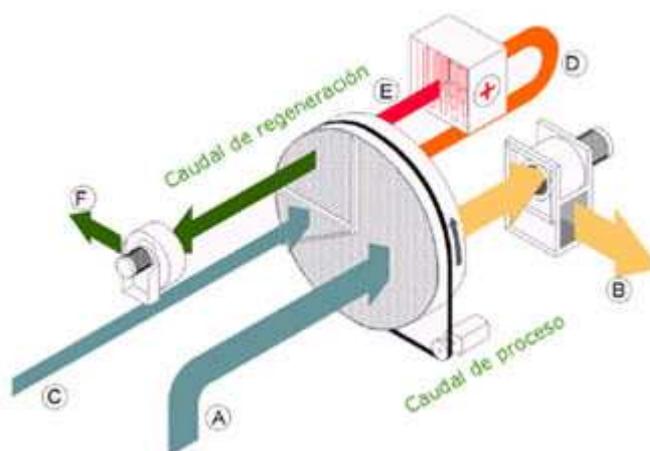
9.4. PARA CAUDALES DE AIRE SECO DE 30.000 m<sup>3</sup>/h y 158.000 m<sup>3</sup>/h  
DE AIRE EXTERIOR.....101

## ANEXO I: CAPACIDAD DESHUMIDIFICACION

### 1. TEORIA DE LA DESHUMIDIFICACION DESECANTE

La deshumidificación del aire con desecantes ocurre cuando la presión de vapor de la superficie del desecante es inferior a la del aire ambiente. Cuando la presión del vapor de agua en la superficie del desecante es más baja que en el aire el desecante absorbe vapor de agua del aire. Cuando el vapor de agua es absorbido la presión de vapor en el desecante se incrementa hasta alcanzar el equilibrio.

El rotor desecante es la parte del deshumidificador que absorbe la humedad y está formado por una matriz de un compuesto especial de material resistente al calor que aloja el desecante. Este diseño consigue crear una estructura compacta que tiene una superficie inmensa para la absorción de la humedad.



El rotor está dividido en dos sectores que comprenden el sector de proceso y el sector de reactivación. El aire que debe deshumidificarse (aire de proceso) pasa por el sector de proceso del rotor, cuya estructura forma estrechos canales de aire. Las paredes del rotor están impregnadas de gel de sílice de alto rendimiento (HPS), que absorbe la humedad del aire. El aire

seco resultante se dirige hacia la salida de aire seco del rotor y de ahí hacia el interior de la nave por los conductos de impulsión de aire seco.

Simultáneamente, un caudal de aire separado (aire de reactivación) se calienta y se extrae por el sector de reactivación del rotor. Este aire caliente evapora la humedad del sector de reactivación del rotor. A continuación, el aire con alto contenido de humedad (aire húmedo) es liberado fuera de la atmósfera de humedad controlada.

Mientras se lleva a cabo esta secuencia, el rotor gira lentamente (aproximadamente a 10 revoluciones por hora). Con esta rotación se garantiza que una nueva sección del rotor que necesite reactivación esté continuamente expuesta al sector de reactivación calentado. Al mismo tiempo, una nueva sección del rotor reactivado se expone al aire de proceso, lista para absorber la humedad. Por ello, el proceso de deshumidificación se repite constantemente.

Para determinar la capacidad del deshumidificador se emplea el diagrama de capacidad del mismo que se muestra más adelante en este anexo.

Según las condiciones del aire en el exterior (aire de proceso) y atendiendo a la capacidad del deshumidificador, se obtienen unas condiciones en el interior de la nave, donde se mezcla el aire procedente del deshumidificador (aire seco) y el aire procedente del exterior (aire húmedo).

Se consideran las condiciones del aire a diferentes temperaturas (10°C, 20 °C, 30°C) y humedad relativa (100%, 95%, 90%, 85%, 75%, 55%, 35%).

Con estas variables, se analiza el comportamiento del deshumidificador y se conocen así, las condiciones del aire seco.

Establecidas las condiciones del aire seco y del aire húmedo, se calculan las condiciones del aire mezcla.

## 2. DEFINICIONES

**H<sub>a</sub>**: Humedad absoluta. Esta magnitud, denominada por algunos autores “densidad de vapor de agua”, representa la masa de agua que existe por unidad de volumen en la mezcla.

$$H_a = \frac{m_v}{V} \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

**W**: Humedad específica. Magnitud que representa la masa de vapor de agua presente por unidad de masa de aire seco.

$$w = \frac{m_v}{m_{as}} = 0.622 \times \frac{P_v}{P_T - P_v} \text{ (Kg}_v\text{/Kg}_{as}\text{)}$$

La cantidad de aire seco contenida en la mezcla no cambia a lo largo del conjunto de las transformaciones que tienen lugar en los procesos de tratamiento de aire, a excepción del caso de mezcla de corrientes. Sin embargo, no ocurre lo mismo con la masa de vapor de agua, que puede verse alterada en algunas de estas transformaciones.

**φ**: humedad relativa. Es la relación que existe entre la presión de vapor de un aire húmedo y la que tendría en caso de saturación a la misma temperatura.

$$\phi = \frac{P_v}{P_{vs}} \times 100 \text{ (\%)}$$

**P<sub>v</sub>**: Presión de vapor. Esta presión se corresponde con la presión parcial de vapor de agua que contiene. Se calcula con mediante ley de gases ideales.

$v_e$ : volumen específico de aire húmedo. Es el volumen de aire húmedo contenido por unidad de masa de aire seco.

$$v_e = \frac{V}{m_{as}} = 287 \times \frac{T}{P_T - P_v} = 462 \frac{T}{P_T} \times (0.622 + w) \quad (m^3/Kg_{as})$$

$T_s$ : Temperatura seca. Es la medida que suministra un termómetro de cualquier tipo situado en el seno del aire húmedo sujeto a estudio, generalmente conocida como “temperatura ambiente”.

$h$ : Entalpía del vapor de agua. Viene dada por la suma de sus componentes correspondientes.

$$h = h_{as} + h_v$$

$h_{as}$ : Entalpía del aire seco. Esta magnitud suele definirse con respecto a la unidad de masa de aire seco, por ser esta una invariante en los procesos de tratamiento de aire.

$$h_{as} = c_{pa} \times T \quad (Kcal/Kg_{as}) \text{ ó } (KJ/Kg_{as})$$

$h_v$ : Entalpía de vapor de agua. Esta magnitud se define como el producto de la humedad específica del aire y la propia entalpía del vapor.

$$h_v = w \times (c_{pv} \times T + \lambda) \quad (Kcal/Kg_{as}) \text{ ó } (KJ/Kg_{as})$$

$P_{vs}$ : La presión vapor o más comúnmente presión de saturación es la presión del vapor de agua en el aire saturado de agua, es decir, presión de saturación del agua a la temperatura del aire, la presión a la que a cada temperatura la fase líquida y vapor se encuentran en equilibrio dinámico; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas.

T: Temperatura del aire (°C)

$P_{vs}$ : Presión de vapor de saturación (Pa)

$$\log P_{vs} = \frac{7,5 \times T}{237,3 + T} + 2,7858$$

$m_i$ : Masa de aire seco en cada corriente. Es el caudal másico de aire seco.

$$m_i = \frac{Q_i}{v_{si}} \left( \frac{Kg_{as}}{s} \right)$$

### 3. PROCESO DE CALCULO PARA DETERMINAR LAS CONDICIONES CLIMATICAS EN EL INTERIOR DE LA NAVE

Se aplica la regla de la palanca a los valores de las variables del aire de proceso y del aire seco, así, se pueden determinar los valores de las características del aire mezcla, que muestran las condiciones climáticas en el interior de la nave.

De este modo los valores de  $w_M$  (humedad específica de la mezcla),  $h_M$  (entalpía de la mezcla),  $T_M$  (Temperatura seca de la mezcla), se obtienen utilizando la expresión que sigue:

$$w_M = \frac{m_{as} \times w_{as} + m_{ap} \times w_{ap}}{m_{as} + m_{ap}}$$

$$h_M = \frac{m_{as} \times h_{as} + m_{ap} \times h_{ap}}{m_{as} + m_{ap}}$$

$$T_M = \frac{m_{as} \times T_{as} + m_{ap} \times T_{ap}}{m_{as} + m_{ap}}$$

Conocida la  $T_M$ , se calcula la  $P_{vsM}$  a partir de la expresión:

$$\log P_{vsM} = \frac{7,5 + T_M}{237,3 + T_M} + 2,7858 \text{ (Pa)}$$

Por otra parte, conocido el valor de  $w_M$  y de la  $P_T$ , se determina el valor de  $P_{vM}$ .

$$P_{vM} = \frac{w_M \times P_T}{w_M + 0,622} \text{ (Pa)}$$

Para conocer el valor de la humedad relativa de la mezcla, se utiliza la expresión que sigue:

$$\varphi = \frac{P_{vM}}{P_{vsM}} \times 100 \text{ (\%)}$$

#### 4. PROCESO DE CALCULO PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL AIRE SECO QUE IMPULSA EL DESHUMIDIFICADOR

A partir del diagrama de capacidad del deshumidificador, se conoce el valor de la humedad específica ( $w_{DESH}$ ) y la temperatura seca ( $T_{sDESH}$ ) del aire en función del aire en el exterior, con estos datos se puede determinar la  $P_{vDESH}$ ,  $P_{vsDESH}$

La presión de vapor se obtiene usando la expresión que sigue:

$$P_{vDESH} = \frac{w_{DESH} \times P_T}{w_{DESH} + 0,622} (Pa)$$

Conociendo la  $T_{sDESH}$  se determina la  $P_{vsDESH}$  a partir de la expresión:

$$\text{Log } P_{vsDESH} = \frac{7,5 \times T_{sDESH}}{237,3 + T_{sDESH}} + 2,7858 (Pa)$$

Con el valor de  $P_{vDESH}$  y  $P_{vsDESH}$  se calcula la humedad relativa ( $\phi_{DESH}$ ).

$$\phi_{DESH} = \frac{P_{vDESH}}{P_{vsDESH}} \times 100 (\%)$$

Con los valores de  $T_{sDESH}$ ,  $P_{vDESH}$  y  $P_T$  se calcula el volumen específico de aire húmedo.

$T_{Sdesh}$ : Temperatura del aire seca (K)

$$v_{sDESH} = 287 \times \frac{T_{sDESH}}{P_T - P_{vDESH}} (m^3 / Kg_{as})$$

Con los datos de  $T_{sDESH}$  y  $w_{DESH}$  se obtienen los datos de la entalpía

$$h = T_{s,DESH} + w_{DESH} \times (2501 + 1,805 \times T_{s,DESH})(KJ/Kg_{as})$$

T<sub>Sdesh</sub>: Temperatura del aire seco (°C)

Conocido el caudal de impulsión de aire seco y la v<sub>e</sub> se calcula el caudal másico de aire seco.

$$m_{DESH} = \frac{Q_{DESH}}{v_{e,DESH}} (Kg/s)$$

## 5. PROCESO DE CALCULO PARA DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DEL AIRE QUE SE IMPULSA DIRECTAMENTE DESDE EL EXTERIOR

Para el aire de proceso, se consideran varias  $T_{sAP}$  y diferentes  $\phi_{AP}$  a fin de considerar el mayor número de casos posibles.

A partir de la  $T_{sAP}$ , se puede saber la  $P_{vsAP}$  y con el valor de  $\phi_{AP}$ , se determina la Presión de vapor.

$$\frac{P_{vsAP} \times \phi_{AP}}{100} = P_{vAP} \text{ (Pa)}$$

Con los datos de la presión de vapor se obtiene la humedad específica  $w_{AP}$ .

$$w_{AP} = 0,622 \times \frac{P_{vsAP}}{P_T - P_{vsAP}} \text{ (Kg/Kg}_{\text{a.s.}})$$

Se calcula el volumen específico de aire húmedo.

$$v_{sAP} = 287 \times \frac{T_{sAP}}{P_T - P_{vAP}} \text{ (m}^3/\text{Kg}_{\text{a.s.}})$$

Se calcula la entalpía

$$h = T_{sAP} + w_{AP} \times (2501 + 1,805 \times T_{sAP}) \text{ (KJ/Kg}_{\text{a.s.}})$$

Y el caudal másico de aire seco

$$m_{AP} = \frac{Q_{AP}}{v_{sAP}} \text{ (Kg/s)}$$

## 6. CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL AIRE DE PROCESO (AIRE DEL EXTERIOR) Y DEL AIRE SECO, CONSIDERANDO LA TEMPERATURA SECA DEL AIRE DE 10°C

### 6.1. CALCULO DE LAS VARIABLES DEL AIRE DE PROCESO

Para una presión total igual a la presión atmosférica (101.325 Pa) la temperatura es de 10°C, la  $\phi$  es del 100% y el caudal de 102.000 m<sup>3</sup>/h.

Con estas condiciones la  $P_{vs}(10^\circ\text{C})$  es de 1.227,5 (Pa).

Se determina el valor de la  $P_v$  del aire de proceso.

$$P_v = \frac{P_{vs} \times \phi}{100} = \frac{1227,5 \times 100}{100} = 1227,5 \text{ Pa}$$

Con los valores de  $P_v$  y  $P_T$  se obtiene el valor de la humedad específica del aire de proceso.

$$w = 0,622 \times \frac{P_v}{P_T - P_v} = 0,622 \times \frac{1227,5}{101325 - 1227,5} = 7,63 \times 10^{-3} (\text{Kg}/\text{Kg}_{\text{as}})$$

Con la  $T_s$  y la  $P_v$  se obtiene el valor del volumen específico del aire de proceso

$$ve = 287 \times \frac{(273,15+10)}{101325-1227,5} = 0,81 (\text{m}^3/\text{Kg}_{\text{as}})$$

Con el valor de la humedad específica y de la temperatura seca del aire de proceso se obtiene el valor de la entalpía del aire

$$h = T_s + (w \times (2501 + 1,805 \times T_s)) = 10 + (7,63 \times 10^{-3} \times (2501 + 1,805 \times 10)) \\ = 29,22 (\text{KJ}/\text{Kg}_{\text{as}})$$

Con el valor del caudal de aire de proceso y el valor del volumen específico se obtiene el valor del caudal másico del aire de proceso

$$m_{AP} = \frac{Q_{AP}}{v_{eAP}} = \frac{102000}{0,81} = 125925 \left( \frac{Kg_{as}}{s} \right)$$

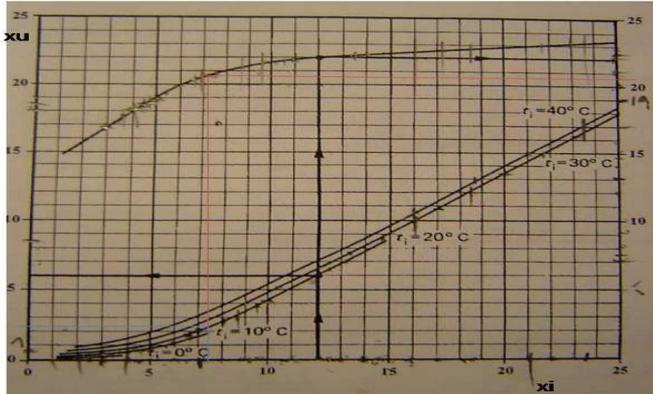
A continuación se muestran los valores de  $P_{VAP}$ ,  $W_{AP}$ ,  $v_{eAP}$ ,  $h_{AP}$  y  $m_{AP}$  para una Temperatura seca del aire de proceso de 10°C y diferentes valores de humedad relativa ( $\phi_{AP}$ )

CASO	$\phi_{AP}$	$P_{VAP}$	$W_{AP}$	$v_{eAP}$	$h_{AP}$	$m_{AP}$
	%	Pa	Kg/Kg <sub>as</sub>	m <sup>3</sup> /Kg <sub>as</sub>	KJ/Kg <sub>as</sub>	Kg <sub>as</sub> /h
1	100	1.227,5	7,63E-03	0,81	29,21	125.925,93
2	95	1.166,13	7,24E-03	0,81	28,24	125.925,93
3	90	1.104,75	6,86E-03	0,81	27,27	125.925,93
4	85	1.043,38	6,47E-03	0,81	26,3	125.925,93
5	80	982	6,09E-03	0,81	25,33	125.925,93
6	75	920,63	5,70E-03	0,81	24,37	125.925,93
7	70	859,25	5,32E-03	0,81	23,4	125.925,93
8	65	797,88	4,94E-03	0,81	22,44	125.925,93
9	60	736,5	4,55E-03	0,81	21,47	125.925,93
10	55	675,13	4,17E-03	0,81	20,51	125.925,93
11	50	613,75	3,79E-03	0,81	19,55	125.925,93
12	45	552,38	3,41E-03	0,81	18,59	125.925,93
13	40	491	3,03E-03	0,81	17,63	125.925,93
14	35	429,63	2,65E-03	0,81	16,67	125.925,93

$\phi_{AP}$  : Humedad relativa del aire de proceso  
 $P_{VAP}$  : Presión de vapor del aire de proceso  
 $W_{AP}$  : Humedad específica del aire de proceso  
 $v_{eAP}$  : Volumen específico de aire húmedo  
 $h_{AP}$  : Entalpía del aire de proceso  
 $m_{AP}$  : Masa de aire seco

## 6.2. CALCULO DE LAS VARIABLES DEL AIRE SECO

A continuación y utilizando el diagrama de capacidad del deshumidificador, se obtienen las condiciones del aire seco.



$x_i$  = contenido de humedad de aire de proceso (g/Kg)  
 $t_i$  = temperatura de aire de proceso (°C)  
 $x_u$  = contenido de humedad de aire seco (g/Kg)  
 $\Delta t$  = aumento de temperatura del aire seco (°C)

Se introducen en el diagrama las características del aire que entra al deshumidificador para ser tratado, de este modo se pueden determinar las propiedades del aire seco que se conducirá hacia el interior de la nave a través de los conductos.

Se considera que entra aire a 10°C con un 100% de humedad relativa, se obtiene un valor de  $w$  para el aire de proceso de  $7,63e-03$  Kg/Kg<sub>as</sub>, con los datos de temperatura del aire de proceso y la humedad específica, la gráfica de capacidad del deshumidificador indica que el aire seco tiene una humedad específica de  $1,90e-03$  Kg/Kg<sub>as</sub> y sufre un incremento de temperatura de 20,7°C, por lo que la  $T_{sDES}$ , será de 30,7 °C.

A partir de la temperatura del aire seco se obtiene la  $P_{vsDES}$  a partir de la expresión:

$$\text{Log } P_{vsDES} = \frac{7,5 \times T_{sDES}}{237,3 + T_{sDES}} + 2,7858 = \frac{7,5 \times 30,7}{237,3 + 30,7} + 2,7858$$

$$P_{vs}(20,7)=4.415,11 \text{ Pa}$$

Conociendo  $w_{SDESH}$  y para una  $P_T$  de 101.325 Pa, se ha calculado el valor de  $P_{VDESH}$  mediante la expresión.

$$P_v = \frac{W \times P_T}{W + 0,622} = \frac{1,90E^{-3} \times 101325}{1,90E^{-3} + 0,622} = 308,58 \text{ Pa}$$

$$\varphi = \frac{P_v}{P_{vs}} \times 100 = \frac{308,58}{4415,11} \times 100 = 6,99 (\%)$$

$$ve = 287 \times \frac{T_s(K)}{P_T - P_v} = 287 \times \frac{(273,15 + 30,7)}{101325 - 4327,79} = 0,86 \text{ (m}^3/\text{Kg}_{as}\text{)}$$

$$h = T_s + (w \times (2501 + 1,805 \times T_s)) \\ = 30,7 + (1,90 \times 10^{-3} \times (2501 + 1,805 \times 30,7)) = 35,55 \text{ (KJ/Kg}_{as}\text{)}$$

$$m_{desh} = \frac{Q_{desh}}{V_{desh}} = \frac{60000}{0,86} = 69503 \text{ (}\frac{\text{Kg}_{as}}{\text{s}}\text{)}$$

A continuación se muestra una tabla resumen con los valores de cada variable para los casos que se está estudiando.

T= 10 °C		P <sub>T</sub> = 101.325 Pa		P <sub>vs</sub> (10°C) 1.227,5 Pa		Q <sub>DESH</sub> = 60.000 m <sup>3</sup> /h		Q <sub>AP</sub> = 102.000 m <sup>3</sup> /h						
C A S O	AIRE PROCESO (AP)						CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)							
	φ	P <sub>v</sub>	W <sub>AP</sub>	(v <sub>e</sub> ) <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	W <sub>SDESH</sub>	T <sub>sDESH</sub>	P <sub>vs</sub> (T <sub>sDESH</sub> )	(P <sub>v</sub> ) <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	(v <sub>e</sub> ) <sub>DESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	m <sub>DESH</sub>
	%	Pa	Kg/Kg <sub>as</sub>	m <sup>3</sup> /kg <sub>as</sub>	KJ/Kg <sub>as</sub>	Kg <sub>as</sub> /h	Kg/Kg <sub>as</sub>	°C	Pa	Pa	%	m <sup>3</sup> /kg <sub>as</sub>	KJ/Kg <sub>as</sub>	Kg <sub>as</sub> /h
1	100	1.227,5	7,63E-03	0,812	29,21	125.639	1,90E-03	30,7	4.415	308,58	6,99	0,863	35,56	69.503
2	95	1.166,1	7,24E-03	0,811	28,24	125.716	1,85E-03	30,6	4.390	300,48	6,84	0,863	35,33	69.531
3	90	1.104,8	6,86E-03	0,811	27,27	125.793	1,70E-03	30,3	4.315	276,19	6,4	0,862	34,64	69.617
4	85	1.043,4	6,47E-03	0,81	26,3	125.870	1,50E-03	30,1	4.266	243,77	5,71	0,861	33,93	69.685
5	80	982,0	6,09E-03	0,81	25,33	125.947	1,20E-03	30	4.242	195,11	4,6	0,86	33,07	69.742
6	75	920,6	5,70E-03	0,809	24,37	126.024	1,00E-03	29,9	4.218	162,65	3,86	0,86	32,45	69.787
7	70	859,3	5,32E-03	0,809	23,4	126.101	9,00E-04	29,4	4.098	146,4	3,57	0,858	31,7	69.913
8	65	797,9	4,94E-03	0,808	22,44	126.178	8,00E-04	29	4.005	130,16	3,25	0,857	31,04	70.017
9	60	736,5	4,55E-03	0,808	21,47	126.255	7,00E-04	28,5	3.890	113,91	2,93	0,855	30,29	70.145
10	55	675,1	4,17E-03	0,807	20,51	126.332	5,00E-04	28	3.779	81,39	2,15	0,854	29,28	70.284
11	50	613,8	3,79E-03	0,807	19,55	126.409	4,00E-04	27,8	3.735	65,12	1,74	0,853	28,82	70.342
12	45	552,4	3,41E-03	0,806	18,59	126.487	3,00E-04	27,5	3.670	48,85	1,33	0,852	28,27	70.423
13	40	491,0	3,03E-03	0,806	17,63	126.564	2,00E-04	27,4	3.649	32,57	0,89	0,852	27,91	70.458
14	35	429,6	2,65E-03	0,805	16,67	126.641	1,00E-04	26,5	3.461	16,29	0,47	0,849	26,75	70.681

T: Temperatura seca

P<sub>v</sub>: Presión de vapor

P<sub>T</sub>: Presión total

P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación

w: humedad específica

v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo

h: entalpía

m: masa de aire seco

φ: humedad

## 7. CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL AIRE DE PROCESO (AIRE DEL EXTERIOR) Y DEL AIRE SECO, CONSIDERANDO LA TEMPERATURA SECA DEL AIRE DE 20°C

El proceso de cálculo es el mismo que para el aire a 10 °C, por lo que se muestra una tabla resumen con las variables del aire de proceso y del aire seco

T= 20 °C		P <sub>T</sub> = 101.325 Pa		P <sub>vs</sub> (20°C) 2.337,0		Q <sub>DESH</sub> = 60.000 m <sup>3</sup> /h		Q <sub>AP</sub> = 102.000 m <sup>3</sup> /h						
C A S O	AIRE PROCESO (AP)						CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)							
	φ	P <sub>v</sub>	W <sub>AP</sub>	(v <sub>e</sub> ) <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	W <sub>DESH</sub>	T <sub>SOESH</sub>	P <sub>vs</sub> (T <sub>SOESH</sub> )	(P <sub>v</sub> ) <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	(v <sub>e</sub> ) <sub>DESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	m <sub>DESH</sub>
	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	m <sup>3</sup> /kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	Kg/Kg <sub>ss</sub>	°C	Pa	Pa	%	m <sup>3</sup> /kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h
1	100	2.337,0	1,47E-02	0,85	57,26	120.008	7,70E-03	42,3	8.326	1239,1	14,88	0,905	62,15	66.330
2	95	2.220,2	1,39E-02	0,849	55,35	120.150	7,40E-03	42,1	8.239	1191,3	14,46	0,904	61,17	66.404
3	90	2.103,3	1,32E-02	0,848	53,45	120.292	7,00E-03	42	8.196	1127,7	13,76	0,903	60,04	66.467
4	85	1.986,5	1,24E-02	0,847	51,56	120.433	6,50E-03	42	8.196	1048	12,79	0,902	58,75	66.520
5	80	1.869,6	1,17E-02	0,846	49,66	120.575	5,90E-03	42	8.196	952,12	11,62	0,901	57,2	66.584
6	75	1.752,8	1,09E-02	0,845	47,78	120.717	5,00E-03	41,9	8.153	808,04	9,91	0,9	54,78	66.701
7	70	1.635,9	1,02E-02	0,844	45,9	120.858	4,20E-03	41,8	8.111	679,62	8,38	0,898	52,62	66.807
8	65	1.519,1	9,47E-03	0,843	44,02	121.000	3,90E-03	41,5	7.983	631,38	7,91	0,897	51,55	66.903
9	60	1.402,2	8,73E-03	0,842	42,14	121.142	3,00E-03	41,2	7.858	486,38	6,19	0,895	48,93	67.063
10	55	1.285,4	7,99E-03	0,841	40,28	121.283	2,80E-03	41	7.775	454,1	5,84	0,894	48,21	67.127
11	50	1.168,5	7,26E-03	0,84	38,41	121.425	2,00E-03	40,5	7.572	324,77	4,29	0,891	45,65	67.320
12	45	1.051,7	6,52E-03	0,839	36,55	121.566	1,80E-03	40,3	7.492	292,39	3,9	0,89	44,93	67.385
13	40	934,8	5,79E-03	0,838	34,69	121.708	1,70E-03	39,9	7.334	276,19	3,77	0,889	44,27	67.482
14	35	818,0	5,06E-03	0,837	32,84	121.850	1,10E-03	39	6.989	178,88	2,56	0,886	41,83	67.742

T: Temperatura seca    P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación    v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo    n: masa de aire seco  
P<sub>v</sub>: Presión de vapor    w: humedad específica    h: entalpía    ρ: humedad  
P<sub>T</sub>: Presión total

### 8. CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL AIRE DE PROCESO (AIRE EXTERIOR) Y DEL AIRE SECO, CONSIDERANDO LA TEMPERATURA SECA DEL AIRE DE 30°C.

El proceso de cálculo es el mismo que para el aire a 10 °C, por lo que se muestra una tabla resumen con las variables del aire de proceso y del aire seco

T= 30 °C		P <sub>T</sub> = 101.325 Pa			P <sub>vs</sub> (30°C) 4.241,3 Pa			Q <sub>DESH</sub> = 60.000 m <sup>3</sup> /h			Q <sub>AP</sub> = 102.000 m <sup>3</sup> /h			
C A S O	AIRE PROCESO (AP)						CAPACIDAD DESHUMIFICADOR (DESH)							
	φ	P <sub>v</sub>	W <sub>AP</sub>	(v <sub>e</sub> ) <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	W <sub>DESH</sub>	T <sub>sDESH</sub>	P <sub>vs</sub> (T <sub>sDESH</sub> )	(P <sub>v</sub> ) <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	(v <sub>e</sub> ) <sub>DESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	m <sub>DESH</sub>
	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	m <sup>3</sup> /kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	Kg/Kg <sub>ss</sub>	°C	Pa	Pa	%	m <sup>3</sup> /kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h
1	85	3.605,1	2,29E-02	0,89	88,63	114.563	1,61E-02	53,1	14.361	2556,6	17,8	0,948	94,91	63.290
2	80	3.393,0	2,15E-02	0,888	85,06	114.811	1,49E-02	52,9	14.222	2370,5	16,67	0,946	91,59	63.448
3	75	3.181,0	2,02E-02	0,886	81,51	115.060	1,31E-02	52,8	14.153	2090,1	14,77	0,943	86,81	63.648
4	70	2.968,9	1,88E-02	0,885	77,97	115.309	1,20E-02	52,7	14.084	1917,9	13,62	0,941	83,85	63.778
5	65	2.756,9	1,74E-02	0,883	74,45	115.557	1,09E-02	52,5	13.947	1745,1	12,51	0,939	80,79	63.928
6	60	2.544,8	1,60E-02	0,881	70,94	115.806	1,00E-02	52,2	13.745	1603,3	11,66	0,936	78,15	64.078
7	55	2.332,7	1,47E-02	0,879	67,45	116.055	8,80E-03	52,2	13.745	1413,6	10,28	0,935	75,04	64.200
8	50	2.120,7	1,33E-02	0,877	63,97	116.303	7,80E-03	52,1	13.678	1254,9	9,18	0,933	72,34	64.322
9	45	1.908,6	1,19E-02	0,875	60,51	116.552	6,60E-03	52	13.611	1063,9	7,82	0,931	69,13	64.464
10	40	1.696,5	1,06E-02	0,873	57,06	116.800	5,10E-03	51,8	13.478	824,07	6,11	0,928	65,03	64.658
11	35	1.484,5	9,25E-03	0,871	53,63	117.049	4,00E-03	51,5	13.281	647,46	4,88	0,925	61,88	64.832

T: Temperatura seca    P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación    v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo    m: masa de aire seco  
P<sub>v</sub>: Presión de vapor    w: humedad específica    h: entalpía    φ: humedad  
P<sub>T</sub>: Presión total

## 9. CALCULO DE LAS CARACTERISTICAS DEL AIRE DEL INTERIOR DE LA NAVE

### 9.1. PARA CAUDALES DE AIRE SECO DE 60.000 m<sup>3</sup>/h y 102.000 m<sup>3</sup>/h DE AIRE EXTERIOR

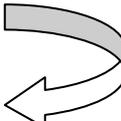
- PARA AIRE A 10°C

$$w_M = \frac{(7,63 \times 10^{-3} \times 123176) + (1,90 \times 10^{-3} \times 69503)}{123176 + 69503} = 5,56 \times 10^{-3} \left( \frac{Kg}{Kg_{as}} \right)$$

$$h_M = \frac{(21,21 \times 123176) + (35,56 \times 69503)}{123176 + 69503} = 31,50 \left( \frac{KJ}{Kg_{as}} \right)$$

$$T_M = \frac{(10 \times 123176) + (30,7 \times 69503)}{123176 + 69503} = 17,5 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Una vez conocida la  $T_M$  se procede al cálculo de la  $P_{vsM}$  mediante la expresión

$$\log P_{vsM} = \frac{7,5 \times 17,5}{237,3 + 17,5} + 2,7858 = 3,30$$

$$P_{vsM} = 1995,27 \text{ (Pa)}$$

El valor de  $P_{vM}$  se obtiene conociendo el valor de  $w_M$

$$P_{vM} = \frac{5,56 \times 10^{-3} \times 101325}{5,56 \times 10^{-3} + 0,622} = 897,96 \text{ (Pa)}$$

Con los valores de  $P_{vM}$  y  $P_{vsM}$ , se determina el valor de  $\varphi$  de la mezcla para cada caso.

$$\varphi = \frac{1995,27}{P_{vsM} 897,96} \times 100 = 45 \text{ (\%)}$$

A continuación se muestra una tabla resumen con todos los casos de estudio:

T= 10 °C		P <sub>T</sub> = 101.325,00 Pa				P <sub>vs</sub> (10°C) 1227,5 Pa				Q <sub>DESH</sub> = 60.000 m <sup>3</sup> /h		Q <sub>AP</sub> = 102.000 m <sup>3</sup> /h			
C A S O	AIRE PROCESO (AP)					CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)					AIRE MEZCLADO (M)				
	φ	P <sub>V</sub>	W <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	W <sub>SDESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	T <sub>SDESH</sub>	m <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	W <sub>M</sub>	h <sub>M</sub>	T <sub>SM</sub>	φ <sub>M</sub>	
	%	Pa	Kg/Kg <sub>as</sub>	Kg <sub>as</sub> /h	KJ/Kg <sub>as</sub>	Kg/Kg <sub>as</sub>	KJ/Kg <sub>as</sub>	°C	Kg <sub>as</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>as</sub>	KJ/Kg <sub>as</sub>	°C	%	
1	100	1.227,50	7,63E-03	125.639	29,21	1,90E-03	35,56	30,7	69.503	6,99	5,59E-03	31,47	17,4	45	
2	95	1.166,13	7,24E-03	125.716	28,24	1,85E-03	35,33	30,6	69.531	6,84	5,32E-03	30,77	17,3	43	
3	90	1.104,75	6,86E-03	125.793	27,27	1,70E-03	34,64	30,3	69.617	6,4	5,02E-03	29,9	17,2	41	
4	85	1.043,38	6,47E-03	125.870	26,3	1,50E-03	33,93	30,1	69.685	5,71	4,70E-03	29,02	17,2	39	
5	80	982,00	6,09E-03	125.947	25,33	1,20E-03	33,07	30	69.742	4,6	4,35E-03	28,09	17,1	36	
6	75	920,63	5,70E-03	126.024	24,37	1,00E-03	32,45	29,9	69.787	3,86	4,03E-03	27,25	17,1	33	
7	70	859,25	5,32E-03	126.101	23,4	9,00E-04	31,7	29,4	69.913	3,57	3,74E-03	26,36	16,9	31	
8	65	797,88	4,94E-03	126.178	22,44	8,00E-04	31,04	29	70.017	3,25	3,46E-03	25,51	16,8	29	
9	60	736,50	4,55E-03	126.255	21,47	7,00E-04	30,29	28,5	70.145	2,93	3,18E-03	24,62	16,6	27	
10	55	675,13	4,17E-03	126.332	20,51	5,00E-04	29,28	28	70.284	2,15	2,86E-03	23,64	16,4	25	
11	50	613,75	3,79E-03	126.409	19,55	4,00E-04	28,82	27,8	70.342	1,74	2,58E-03	22,86	16,4	22	
12	45	552,38	3,41E-03	126.487	18,59	3,00E-04	28,27	27,5	70.423	1,33	2,30E-03	22,05	16,3	20	
13	40	491,00	3,03E-03	126.564	17,63	2,00E-04	27,91	27,4	70.458	0,89	2,02E-03	21,31	16,2	18	
14	35	429,63	2,65E-03	126.641	16,67	1,00E-04	26,75	26,5	70.681	0,47	1,74E-03	20,28	15,9	16	

T: Temperatura seca    P<sub>vs</sub>:Presión de vapor de saturación    v<sub>e</sub>:volumen específico de aire húmedo    m:masa de aire seco  
P<sub>V</sub>: Presión de vapor    w: humedad específica    h:entalpía    φ:humedad  
P<sub>T</sub>:Presión total

- PARA AIRE A 20°C

El proceso de cálculo es el mismo que para aire de proceso a 10 °C, con lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las propiedades.

T=	20 °C		P <sub>T</sub> = 101.325,00 Pa			P <sub>vs</sub> (20°C) 2337 Pa			Q <sub>DESH</sub> = 60.000 m <sup>3</sup> /h			Q <sub>AP</sub> = 102.000 m <sup>3</sup> /h			
A	AIRE PROCESO (AP)					CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)					AIRE MEZCLADO (M)				
S	φ	P <sub>V</sub>	W <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	W <sub>SOESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	T <sub>SOESH</sub>	m <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	W <sub>M</sub>	h <sub>M</sub>	T <sub>SM</sub>	j <sub>M</sub>	
O	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	Kg <sub>ss</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	%	
1	100	2.337,00	1,47E-02	120.008	57,26	7,70E-03	62,15	42,3	66.330	14,88	1,22E-02	59	27,9	52	
2	95	2.220,15	1,39E-02	120.150	55,35	7,40E-03	61,17	42,1	66.404	14,46	1,16E-02	57,42	27,9	50	
3	90	2.103,30	1,32E-02	120.292	53,45	7,00E-03	60,04	42	66.467	13,76	1,10E-02	55,8	27,8	47	
4	85	1.986,45	1,24E-02	120.433	51,56	6,50E-03	58,75	42	66.520	12,78	1,03E-02	54,12	27,8	44	
5	80	1.869,60	1,17E-02	120.575	49,66	5,90E-03	57,2	42	66.584	11,62	9,63E-03	52,35	27,8	41	
6	75	1.752,75	1,09E-02	120.717	47,78	5,00E-03	54,78	41,9	66.701	9,91	8,83E-03	50,27	27,8	38	
7	70	1.635,90	1,02E-02	120.858	45,9	4,20E-03	52,62	41,8	66.807	8,41	8,07E-03	48,29	27,8	35	
8	65	1.519,05	9,47E-03	121.000	44,02	3,90E-03	51,55	41,5	66.903	7,91	7,48E-03	46,7	27,7	33	
9	60	1.402,20	8,73E-03	121.142	42,14	3,00E-03	48,93	41,2	67.063	6,19	6,69E-03	44,56	27,6	29	
10	55	1.285,35	7,99E-03	121.283	40,28	2,80E-03	48,21	41	67.127	5,84	6,14E-03	43,1	27,5	27	
11	50	1.168,50	7,26E-03	121.425	38,41	2,00E-03	45,65	40,5	67.320	4,29	5,38E-03	40,99	27,3	24	
12	45	1.051,65	6,52E-03	121.566	36,55	1,80E-03	44,93	40,3	67.385	3,9	4,84E-03	39,54	27,2	22	
13	40	934,80	5,79E-03	121.708	34,69	1,70E-03	44,27	39,9	67.482	3,77	4,33E-03	38,11	27,1	20	
14	35	817,95	5,06E-03	121.850	32,84	1,10E-03	41,83	39	67.742	2,56	3,65E-03	36,05	26,8	17	

T: Temperatura seca    P<sub>vs</sub>:Presión de vapor de saturación    v<sub>e</sub>:volumen específico de aire húmedo    m:masa de aire seco  
P<sub>V</sub>: Presión de vapor    w: humedad específica    h:entalpía    φ:humedad  
P<sub>T</sub>:Presión total

- PARA AIRE A 30°C

El proceso de cálculo es el mismo que para aire de proceso a 10 °C, con lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las propiedades.

T=	30 °C	$P_T = 101.325,00 \text{ Pa}$				$P_{vs} (30^\circ\text{C}) = 4241,3 \text{ Pa}$				$Q_{DESH} = 60.000 \text{ m}^3/\text{h}$		$Q_{AP} = 102.000 \text{ m}^3/\text{h}$		
A	AIRE PROCESO (AP)					CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)					AIRE MEZCLADO (M)			
S	$\phi$	$P_v$	$W_{AP}$	$m_{AP}$	$h_{AP}$	$W_{DESH}$	$h_{DESH}$	$T_{sDESH}$	$m_{DESH}$	$(\phi)_{DESH}$	$W_M$	$h_M$	$T_{EM}$	$j_M$
O	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	Kg <sub>ss</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	%
1	85	3.605,11	2,29E-02	114.563	88,63	1,61E-02	94,91	53,1	63.290	17,8	2,05E-02	90,87	38,2	48
2	80	3.393,04	2,15E-02	114.811	85,06	1,49E-02	91,59	52,9	63.448	16,67	1,92E-02	87,39	38,2	45
3	75	3.180,98	2,02E-02	115.060	81,51	1,31E-02	86,81	52,8	63.648	14,77	1,76E-02	83,4	38,1	42
4	70	2.968,91	1,88E-02	115.309	77,97	1,20E-02	83,85	52,7	63.778	13,62	1,64E-02	80,07	38,1	39
5	65	2.756,85	1,74E-02	115.557	74,45	1,09E-02	80,79	52,5	63.928	12,51	1,51E-02	76,71	38	36
6	60	2.544,78	1,60E-02	115.806	70,94	1,00E-02	78,15	52,2	64.078	11,66	1,39E-02	73,51	37,9	34
7	55	2.332,72	1,47E-02	116.055	67,45	8,80E-03	75,04	52,2	64.200	10,28	1,26E-02	70,15	37,9	30
8	50	2.120,65	1,33E-02	116.303	63,97	7,80E-03	72,34	52,1	64.322	9,18	1,13E-02	66,95	37,9	28
9	45	1.908,59	1,19E-02	116.552	60,51	6,60E-03	69,13	52	64.464	7,82	1,00E-02	63,58	37,8	25
10	40	1.696,52	1,06E-02	116.800	57,06	5,10E-03	65,03	51,8	64.658	6,11	8,63E-03	59,9	37,8	21
11	35	1.484,46	9,25E-03	117.049	53,63	4,00E-03	61,88	51,5	64.832	4,88	7,38E-03	56,57	37,7	18

T: Temperatura seca

 $P_v$ : Presión de vapor $P_T$ : Presión total $P_{vs}$ : Presión de vapor de saturación

w: humedad específica

 $v_e$ : volumen específico de aire húmedo

h: entalpía

m: masa de aire seco

 $\phi$ : humedad

Se comprueba que conforme la  $\phi$  del ambiente se reduce, los valores de  $\phi$  de la mezcla son muy bajos, con lo que se valora la posibilidad de mantener dos deshumidificadores apagados y compensar este caudal con aire del exterior, obteniéndose, en estos casos los siguientes resultados.

## 9.2. PARA CAUDALES DE AIRE SECO DE 30.000 m<sup>3</sup>/h y 134.000 m<sup>3</sup>/h DE AIRE EXTERIOR

- PARA AIRE A 10°C

El proceso de cálculo es el mismo que para aire de proceso a 10 °C, con lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las propiedades.

resumen con los valores de las propiedades.

T= 10 °C		P <sub>T</sub> = 101.325,00 Pa				P <sub>vs</sub> (10°C) 1227,5 Pa				Q <sub>DESH</sub> = 30.000 m <sup>3</sup> /h			Q <sub>AP</sub> = 134.000 m <sup>3</sup> /h		
C A S O	AIRE PROCESO (AP)					CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)					AIRE MEZCLADO (M)				
	φ	P <sub>v</sub>	W <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	W <sub>DESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	T <sub>DESH</sub>	m <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	W <sub>M</sub>	h <sub>M</sub>	T <sub>EM</sub>	φ <sub>M</sub>	
	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	Kg <sub>ss</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	%	
1	100	1.227,50	7,63E-03	165.055	29,21	1,90E-03	35,56	30,7	34.751	6,99	6,63E-03	30,32	13,6	69	
2	95	1.166,13	7,24E-03	165.157	28,24	1,85E-03	35,33	30,6	34.766	6,84	6,30E-03	29,47	13,6	65	
3	90	1.104,75	6,86E-03	165.258	27,27	1,70E-03	34,64	30,3	34.808	6,4	5,96E-03	28,55	13,5	62	
4	85	1.043,38	6,47E-03	165.359	26,3	1,50E-03	33,93	30,1	34.842	5,71	5,61E-03	27,63	13,5	59	
5	80	982,00	6,09E-03	165.460	25,33	1,20E-03	33,07	30	34.871	4,6	5,24E-03	26,68	13,5	55	
6	75	920,63	5,70E-03	165.561	24,37	1,00E-03	32,45	29,9	34.893	3,86	4,88E-03	25,77	13,5	51	
7	70	859,25	5,32E-03	165.663	23,4	9,00E-04	31,7	29,4	34.957	3,57	4,55E-03	24,85	13,4	48	
8	65	797,88	4,94E-03	165.764	22,44	8,00E-04	31,04	29	35.009	3,25	4,22E-03	23,94	13,3	45	
9	60	736,50	4,55E-03	165.865	21,47	7,00E-04	30,29	28,5	35.072	2,93	3,88E-03	23,01	13,2	41	
10	55	675,13	4,17E-03	165.966	20,51	5,00E-04	29,28	28	35.142	2,15	3,53E-03	22,04	13,1	38	
11	50	613,75	3,79E-03	166.067	19,55	4,00E-04	28,82	27,8	35.171	1,74	3,20E-03	21,17	13,1	34	
12	45	552,38	3,41E-03	166.169	18,59	3,00E-04	28,27	27,5	35.212	1,33	2,87E-03	20,28	13,1	31	
13	40	491,00	3,03E-03	166.270	17,63	2,00E-04	27,91	27,4	35.229	0,89	2,53E-03	19,43	13	27	
14	35	429,63	2,65E-03	166.371	16,67	1,00E-04	26,75	26,5	35.340	0,47	2,20E-03	18,44	12,9	24	

T: Temperatura seca

P<sub>v</sub>: Presión de vapor

P<sub>T</sub>: Presión total

P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación

w: humedad específica

v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo

h: entalpía

m: masa de aire seco

φ: humedad

• PARA AIRE A 20°C

El proceso de cálculo es el mismo que para aire de proceso a 10 °C, con lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las propiedades.

resumen con los valores de las propiedades.

T= 20 °C		P <sub>T</sub> = 101.325 Pa				P <sub>vs</sub> (20°C) 2337 Pa				Q <sub>DESH</sub> = 30.000 m <sup>3</sup> /h		Q <sub>AP</sub> = 134.000 m <sup>3</sup> /h		
C A S O	AIRE PROCESO (AP)					CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)					AIRE MEZCLADO (M)			
	φ	P <sub>v</sub>	W <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	W <sub>DESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	T <sub>sDESH</sub>	m <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	W <sub>M</sub>	h <sub>M</sub>	T <sub>SM</sub>	φ <sub>M</sub>
	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	Kg <sub>ss</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	%
1	100	2.337,00	1,47E-02	157.658	57,26	7,70E-03	62,15	42,3	33.165	14,88	1,34E-02	55,1	22,2	80
2	95	2.220,15	1,39E-02	157.844	55,35	7,40E-03	61,17	42,1	33.202	14,46	1,27E-02	53,36	22,2	76
3	90	2.103,30	1,32E-02	158.030	53,45	7,00E-03	60,04	42	33.234	13,76	1,20E-02	51,59	22,2	72
4	85	1.986,45	1,24E-02	158.216	51,56	6,50E-03	58,75	42	33.260	12,78	1,14E-02	49,81	22,2	68
5	80	1.869,60	1,17E-02	158.402	49,66	5,90E-03	57,2	42	33.292	11,62	1,07E-02	48,02	22,2	64
6	75	1.752,75	1,09E-02	158.588	47,78	5,00E-03	54,78	41,9	33.350	9,91	9,96E-03	46,26	22,2	60
7	70	1.635,90	1,02E-02	158.774	45,9	4,20E-03	52,62	41,8	33.403	8,41	9,28E-03	44,49	22,2	56
8	65	1.519,05	9,47E-03	158.961	44,02	3,90E-03	51,55	41,5	33.451	7,91	8,61E-03	42,73	22,1	52
9	60	1.402,20	8,73E-03	159.147	42,14	3,00E-03	48,93	41,2	33.531	6,19	7,93E-03	40,97	22,1	48
10	55	1.285,35	7,99E-03	159.333	40,28	2,80E-03	48,21	41	33.564	5,84	7,25E-03	39,18	22,1	44
11	50	1.168,50	7,26E-03	159.519	38,41	2,00E-03	45,65	40,5	33.660	4,29	6,58E-03	37,46	22	40
12	45	1.051,65	6,52E-03	159.705	36,55	1,80E-03	44,93	40,3	33.692	3,9	5,91E-03	35,73	22	36
13	40	934,80	5,79E-03	159.891	34,69	1,70E-03	44,27	39,9	33.741	3,77	5,24E-03	34,02	22	32
14	35	817,95	5,06E-03	160.077	32,84	1,10E-03	41,83	39	33.871	2,56	4,57E-03	32,24	21,9	28

T: Temperatura seca

P<sub>v</sub>: Presión de vapor

P<sub>T</sub>: Presión total

P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación

w: humedad específica

v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo

h: entalpía

m: masa de aire seco

φ: humedad

- PARA AIRE A 30°C

El proceso de cálculo es el mismo que para aire de proceso a 10 °C, con lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las propiedades.

resumen con los valores de las propiedades.

T= 30 °C		P <sub>T</sub> = 101.325 Pa				P <sub>vs</sub> (30°C) 4241,3 Pa			Q <sub>DESH</sub> = 30.000 m <sup>3</sup> /h		Q <sub>AP</sub> = 134.000 m <sup>3</sup> /h			
C A S O	AIRE PROCESO (AP)					CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)					AIRE MEZCLADO (M)			
	φ	P <sub>v</sub>	W <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	W <sub>DESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	T <sub>3DESH</sub>	m <sub>DESH</sub>	(ψ) <sub>DESH</sub>	W <sub>M</sub>	h <sub>M</sub>	T <sub>3M</sub>	φ <sub>M</sub>
	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	Kg <sub>ss</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	%
1	85	3.605,11	2,29E-02	150.504	88,63	1,61E-02	94,91	53,1	31.645	17,8	2,18E-02	89,72	34	64
2	80	3.393,04	2,15E-02	150.831	85,06	1,49E-02	91,59	52,9	31.724	16,67	2,04E-02	86,2	34	61
3	75	3.180,98	2,02E-02	151.157	81,51	1,31E-02	86,81	52,8	31.824	14,77	1,89E-02	82,43	34	56
4	70	2.968,91	1,88E-02	151.484	77,97	1,20E-02	83,85	52,7	31.889	13,62	1,76E-02	78,99	33,9	53
5	65	2.756,85	1,74E-02	151.811	74,45	1,09E-02	80,79	52,5	31.964	12,51	1,63E-02	75,55	33,9	49
6	60	2.544,78	1,60E-02	152.137	70,94	1,00E-02	78,15	52,2	32.039	11,66	1,50E-02	72,2	33,9	45
7	55	2.332,72	1,47E-02	152.464	67,45	8,80E-03	75,04	52,2	32.100	10,28	1,36E-02	68,77	33,9	41
8	50	2.120,65	1,33E-02	152.790	63,97	7,80E-03	72,34	52,1	32.161	9,18	1,23E-02	65,43	33,8	37
9	45	1.908,59	1,19E-02	153.117	60,51	6,60E-03	69,13	52	32.232	7,82	1,10E-02	62,01	33,8	33
10	40	1.696,52	1,06E-02	153.444	57,06	5,10E-03	65,03	51,8	32.329	6,11	9,64E-03	58,45	33,8	29
11	35	1.484,46	9,25E-03	153.770	53,63	4,00E-03	61,88	51,5	32.416	4,88	8,33E-03	55,07	33,7	26

T: Temperatura seca

P<sub>v</sub>: Presión de vapor

P<sub>T</sub>: Presión total

P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación

w: humedad específica

v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo

h: entalpía

m: masa de aire seco

φ: humedad

### 9.3. PARA CAUDALES DE AIRE SECO DE 10.000 m<sup>3</sup>/h y 50.000 m<sup>3</sup>/h DE AIRE EXTERIOR

En el caso de la nave de aplicación de recubrimientos, los caudales de impulsión son diferentes. Tal y como aparece en el Anexo de Cálculos de caudal, para las naves 4 y 5, el caudal de impulsión de aire son de 62.000 m<sup>3</sup>/h. En este caso, el caudal de aire procedente del deshumidificador será de 10.000 m<sup>3</sup>/h y 52.000 m<sup>3</sup>/h serán impulsados por ventiladores helicoidales.

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el cálculo de las condiciones de aire en las naves de preparación de superficies y a continuación se detallan las características del aire procedente del deshumidificador, y del aire del exterior, así como de la condiciones en el interior de la nave.

- PARA AIRE A 10°C

T= 10 °C		P <sub>T</sub> = 101.325 Pa				P <sub>vs</sub> (10°C) 1227,5 Pa			Q <sub>DESH</sub> = 10.000 m <sup>3</sup> /h		Q <sub>AP</sub> = 52.000 m <sup>3</sup> /h			
A	AIRE PROCESO (AP)					CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)					AIRE MEZCLADO (M)			
S	φ	P <sub>V</sub>	W <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	W <sub>DESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	T <sub>DESH</sub>	m <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	W <sub>M</sub>	h <sub>M</sub>	T <sub>SM</sub>	φ <sub>M</sub>
O	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	Kg <sub>ss</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	%
1	100	1.227,50	7,63E-03	64.051	29,21	1,90E-03	35,56	30,7	11.584	6,99	6,75E-03	30,19	13,2	72
2	95	1.166,13	7,24E-03	64.091	28,24	1,85E-03	35,33	30,6	11.589	6,84	6,42E-03	29,33	13,2	68
3	90	1.104,75	6,86E-03	64.130	27,27	1,70E-03	34,64	30,3	11.603	6,4	6,07E-03	28,4	13,1	65
4	85	1.043,38	6,47E-03	64.169	26,3	1,50E-03	33,93	30,1	11.614	5,71	5,71E-03	27,47	13,1	61
5	80	982,00	6,09E-03	64.208	25,33	1,20E-03	33,07	30	11.624	4,6	5,34E-03	26,52	13,1	57
6	75	920,63	5,70E-03	64.248	24,37	1,00E-03	32,45	29,9	11.631	3,86	4,98E-03	25,61	13,1	54
7	70	859,25	5,32E-03	64.287	23,4	9,00E-04	31,7	29,4	11.652	3,57	4,64E-03	24,67	13	50
8	65	797,88	4,94E-03	64.326	22,44	8,00E-04	31,04	29	11.670	3,25	4,30E-03	23,76	12,9	47
9	60	736,50	4,55E-03	64.366	21,47	7,00E-04	30,29	28,5	11.691	2,93	3,96E-03	22,83	12,8	43
10	55	675,13	4,17E-03	64.405	20,51	5,00E-04	29,28	28	11.714	2,15	3,61E-03	21,86	12,8	40
11	50	613,75	3,79E-03	64.444	19,55	4,00E-04	28,82	27,8	11.724	1,74	3,27E-03	20,98	12,7	36
12	45	552,38	3,41E-03	64.483	18,59	3,00E-04	28,27	27,5	11.737	1,33	2,93E-03	20,08	12,7	32
13	40	491,00	3,03E-03	64.523	17,63	2,00E-04	27,91	27,4	11.743	0,89	2,59E-03	19,21	12,7	29
14	35	429,63	2,65E-03	64.562	16,67	1,00E-04	26,75	26,5	11.780	0,47	2,26E-03	18,23	12,5	25

T: Temperatura seca  
 P<sub>V</sub>: Presión de vapor  
 P<sub>T</sub>: Presión total

P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación  
 w: humedad específica

v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo  
 h: entalpía

m: masa de aire seco  
 φ: humedad

- PARA AIRE A 20°C

T=	20 °C	P <sub>T</sub> =	101.325 Pa	P <sub>vs</sub> (20°C)	2337 Pa	Q <sub>DESH</sub> =	10.000 m <sup>3</sup> /h	Q <sub>AP</sub> =	52.000 m <sup>3</sup> /h						
A	AIRE PROCESO (AP)					CAPACIDAD DESHUMIFICADOR (DESH)					AIRE MEZCLADO (M)				
S	φ	P <sub>v</sub>	W <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	W <sub>SOESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	T <sub>SOESH</sub>	m <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	W <sub>M</sub>	h <sub>M</sub>	T <sub>SM</sub>	φ <sub>M</sub>	
O	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	Kg <sub>ss</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	%	
1	100	2.337,00	1,47E-02	61.181	57,26	7,70E-03	62,15	42,3	11.055	14,88	1,36E-02	58	23,4	75	
2	95	2.220,15	1,39E-02	61.253	55,35	7,40E-03	61,17	42,1	11.067	14,46	1,29E-02	56,24	23,4	72	
3	90	2.103,30	1,32E-02	61.325	53,45	7,00E-03	60,04	42	11.078	13,76	1,22E-02	54,46	23,4	68	
4	85	1.986,45	1,24E-02	61.397	51,56	6,50E-03	58,75	42	11.087	12,79	1,15E-02	52,66	23,4	64	
5	80	1.869,60	1,17E-02	61.470	49,66	5,90E-03	57,2	42	11.097	11,62	1,08E-02	50,82	23,4	60	
6	75	1.752,75	1,09E-02	61.542	47,78	5,00E-03	54,78	41,9	11.117	9,91	1,00E-02	48,85	23,4	56	
7	70	1.635,90	1,02E-02	61.614	45,9	4,20E-03	52,62	41,8	11.134	8,38	9,29E-03	46,92	23,3	52	
8	65	1.519,05	9,47E-03	61.686	44,02	3,90E-03	51,55	41,5	11.150	7,91	8,61E-03	45,17	23,3	48	
9	60	1.402,20	8,73E-03	61.758	42,14	3,00E-03	48,93	41,2	11.177	6,19	7,85E-03	43,18	23,2	44	
10	55	1.285,35	7,99E-03	61.831	40,28	2,80E-03	48,21	41	11.188	5,84	7,20E-03	41,49	23,2	41	
11	50	1.168,50	7,26E-03	61.903	38,41	2,00E-03	45,65	40,5	11.220	4,29	6,45E-03	39,52	23,1	37	
12	45	1.051,65	6,52E-03	61.975	36,55	1,80E-03	44,93	40,3	11.231	3,9	5,80E-03	37,84	23,1	33	
13	40	934,80	5,79E-03	62.047	34,69	1,70E-03	44,27	39,9	11.247	3,77	5,16E-03	36,16	23,1	30	
14	35	817,95	5,06E-03	62.120	32,84	1,10E-03	41,83	39	11.290	2,56	4,45E-03	34,22	22,9	26	

T: Temperatura seca  
P<sub>v</sub>: Presión de vapor  
P<sub>T</sub>: Presión total

P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación  
w: humedad específica

v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo  
h: entalpía

m: masa de aire seco  
φ: humedad

- PARA AIRE A 30°C

T= 30 °C		P <sub>T</sub> = 101.325 Pa			P <sub>vs</sub> (30°C) 4241,3 Pa			Q <sub>DESH</sub> = 10.000 m <sup>3</sup> /h			Q <sub>AP</sub> = 52.000 m <sup>3</sup> /h				
A S O	AIRE PROCESO (AP)					CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)					AIRE MEZCLADO (M)				
	φ	P <sub>v</sub>	W <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	W <sub>DESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	T <sub>sDESH</sub>	m <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	W <sub>M</sub>	h <sub>M</sub>	T <sub>SM</sub>	φ <sub>M</sub>	
	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	Kg <sub>ss</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	%	
1	85	3.605,11	2,29E-02	58.405	88,63	1,61E-02	94,91	53,1	10.548	17,8	2,19E-02	89,59	33,5	67	
2	80	3.393,04	2,15E-02	58.531	85,06	1,49E-02	91,59	52,9	10.575	16,67	2,05E-02	86,06	33,5	63	
3	75	3.180,98	2,02E-02	58.658	81,51	1,31E-02	86,81	52,8	10.608	14,77	1,91E-02	82,32	33,5	58	
4	70	2.968,91	1,88E-02	58.785	77,97	1,20E-02	83,85	52,7	10.630	13,62	1,77E-02	78,87	33,5	54	
5	65	2.756,85	1,74E-02	58.912	74,45	1,09E-02	80,79	52,5	10.655	12,51	1,64E-02	75,42	33,4	50	
6	60	2.544,78	1,60E-02	59.038	70,94	1,00E-02	78,15	52,2	10.680	11,66	1,51E-02	72,05	33,4	47	
7	55	2.332,72	1,47E-02	59.165	67,45	8,80E-03	75,04	52,2	10.700	10,28	1,38E-02	68,61	33,4	43	
8	50	2.120,65	1,33E-02	59.292	63,97	7,80E-03	72,34	52,1	10.720	9,18	1,25E-02	65,25	33,4	39	
9	45	1.908,59	1,19E-02	59.419	60,51	6,60E-03	69,13	52	10.744	7,82	1,11E-02	61,83	33,4	35	
10	40	1.696,52	1,06E-02	59.545	57,06	5,10E-03	65,03	51,8	10.776	6,11	9,75E-03	58,28	33,3	31	
11	35	1.484,46	9,25E-03	59.672	53,63	4,00E-03	61,88	51,5	10.805	4,88	8,44E-03	54,89	33,3	27	

T: Temperatura seca    P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación    v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo    m: masa de aire seco  
P<sub>v</sub>: Presión de vapor    w: humedad específica    h: entalpía    φ: humedad  
P<sub>T</sub>: Presión total

#### 9.4. PARA CAUDALES DE AIRE SECO DE 30.000 m<sup>3</sup>/h y 158.000 m<sup>3</sup>/h DE AIRE EXTERIOR

En el caso de la nave 6 de aplicación de recubrimientos, los caudales de impulsión son diferentes. Tal y como aparece en el Anexo de Cálculos de caudal, en este caso, el caudal de impulsión de aire son de 188.000 m<sup>3</sup>/h. En este caso, el caudal de aire procedente del deshumidificador será de 30.000 m<sup>3</sup>/h y 158.000 m<sup>3</sup>/h serán impulsados por ventiladores helicoidales.

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el cálculo de las condiciones de aire en las naves de preparación de superficies y a continuación se detallan las características del aire procedente del deshumidificador, y del aire del exterior, así como de la condiciones en el interior de la nave.

- PARA AIRE A 10°C

T= 10 °C		P <sub>T</sub> = 101.325,00 Pa				P <sub>vs</sub> (10°C) 1227,5 Pa		Q <sub>DESH</sub> = 30.000 m <sup>3</sup> /h			Q <sub>AP</sub> = 158.000 m <sup>3</sup> /h				
C A S O	AIRE PROCESO (AP)										AIRE MEZCLADO (M)				
	φ	P <sub>V</sub>	W <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	W <sub>DESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	T <sub>DESH</sub>	m <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	W <sub>M</sub>	h <sub>M</sub>	T <sub>EM</sub>	φ <sub>M</sub>	
	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	Kg <sub>ss</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	%	
1	100	1.227,50	7,63E-03	194.617	29,21	1,90E-03	35,56	30,7	34.751	6,99	6,76E-03	30,17	13,1	72	
2	95	1.166,13	7,24E-03	194.737	28,24	1,85E-03	35,33	30,6	34.766	6,84	6,42E-03	29,32	13,1	69	
3	90	1.104,75	6,86E-03	194.856	27,27	1,70E-03	34,64	30,3	34.808	6,4	6,07E-03	28,39	13,1	65	
4	85	1.043,38	6,47E-03	194.975	26,3	1,50E-03	33,93	30,1	34.842	5,71	5,72E-03	27,46	13	61	
5	80	982,00	6,09E-03	195.095	25,33	1,20E-03	33,07	30	34.871	4,6	5,35E-03	26,51	13	58	
6	75	920,63	5,70E-03	195.214	24,37	1,00E-03	32,45	29,9	34.893	3,86	4,99E-03	25,59	13	54	
7	70	859,25	5,32E-03	195.333	23,4	9,00E-04	31,7	29,4	34.957	3,57	4,65E-03	24,66	12,9	50	
8	65	797,88	4,94E-03	195.453	22,44	8,00E-04	31,04	29	35.009	3,25	4,31E-03	23,74	12,9	47	
9	60	736,50	4,55E-03	195.572	21,47	7,00E-04	30,29	28,5	35.072	2,93	3,97E-03	22,81	12,8	43	
10	55	675,13	4,17E-03	195.691	20,51	5,00E-04	29,28	28	35.142	2,15	3,61E-03	21,84	12,7	40	
11	50	613,75	3,79E-03	195.811	19,55	4,00E-04	28,82	27,8	35.171	1,74	3,27E-03	20,96	12,7	36	
12	45	552,38	3,41E-03	195.930	18,59	3,00E-04	28,27	27,5	35.212	1,33	2,94E-03	20,06	12,7	32	
13	40	491,00	3,03E-03	196.049	17,63	2,00E-04	27,91	27,4	35.229	0,89	2,60E-03	19,2	12,7	29	
14	35	429,63	2,65E-03	196.169	16,67	1,00E-04	26,75	26,5	35.340	0,47	2,26E-03	18,21	12,5	25	

T: Temperatura seca  
P<sub>V</sub>: Presión de vapor  
P<sub>T</sub>: Presión total

P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación  
w: humedad específica

v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo  
h: entalpía

m: masa de aire seco  
φ: humedad

- PARA AIRE A 20°C

T= 20 °C		P <sub>T</sub> = 101.325,00 Pa				P <sub>vs</sub> (20°C) 2337 Pa			Q <sub>DESH</sub> = 30.000 m <sup>3</sup> /h			Q <sub>AP</sub> = 158.000 m <sup>3</sup> /h			
C A S O	AIRE PROCESO (AP)					CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)					AIRE MEZCLADO (M)				
	φ	P <sub>v</sub>	W <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	W <sub>DESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	T <sub>sDESH</sub>	m <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	W <sub>M</sub>	h <sub>M</sub>	T <sub>SM</sub>	φ <sub>M</sub>	
	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	Kg <sub>ss</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	%	
1	100	2.337,00	1,47E-02	185.895	57,26	7,70E-03	62,15	42,3	33.165	14,88	1,36E-02	58	23,4	76	
2	95	2.220,15	1,39E-02	186.114	55,35	7,40E-03	61,17	42,1	33.202	14,46	1,29E-02	56,23	23,3	72	
3	90	2.103,30	1,32E-02	186.334	53,45	7,00E-03	60,04	42	33.234	13,76	1,22E-02	54,45	23,3	68	
4	85	1.986,45	1,24E-02	186.553	51,56	6,50E-03	58,75	42	33.260	12,78	1,15E-02	52,64	23,3	64	
5	80	1.869,60	1,17E-02	186.773	49,66	5,90E-03	57,2	42	33.292	11,62	1,08E-02	50,8	23,3	60	
6	75	1.752,75	1,09E-02	186.992	47,78	5,00E-03	54,78	41,9	33.350	9,91	1,00E-02	48,84	23,3	56	
7	70	1.635,90	1,02E-02	187.212	45,9	4,20E-03	52,62	41,8	33.403	8,41	9,30E-03	46,91	23,3	52	
8	65	1.519,05	9,47E-03	187.431	44,02	3,90E-03	51,55	41,5	33.451	7,91	8,62E-03	45,16	23,3	49	
9	60	1.402,20	8,73E-03	187.651	42,14	3,00E-03	48,93	41,2	33.531	6,19	7,86E-03	43,17	23,2	44	
10	55	1.285,35	7,99E-03	187.870	40,28	2,80E-03	48,21	41	33.564	5,84	7,20E-03	41,48	23,2	41	
11	50	1.168,50	7,26E-03	188.089	38,41	2,00E-03	45,65	40,5	33.660	4,29	6,46E-03	39,51	23,1	37	
12	45	1.051,65	6,52E-03	188.309	36,55	1,80E-03	44,93	40,3	33.692	3,9	5,81E-03	37,82	23,1	33	
13	40	934,80	5,79E-03	188.528	34,69	1,70E-03	44,27	39,9	33.741	3,77	5,17E-03	36,15	23	30	
14	35	817,95	5,06E-03	188.748	32,84	1,10E-03	41,83	39	33.871	2,56	4,46E-03	34,21	22,9	26	

T: Temperatura seca    P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación    v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo    m: masa de aire seco  
P<sub>v</sub>: Presión de vapor    w: humedad específica    h: entalpía    φ: humedad  
P<sub>T</sub>: Presión total

- PARA AIRE A 30°C

T= 30 °C		P <sub>T</sub> = 101.325 Pa			P <sub>vs</sub> (30°C) 4241,3 Pa			Q <sub>DESH</sub> = 30.000 m <sup>3</sup> /h			Q <sub>AP</sub> = 158.000 m <sup>3</sup> /h			
C A S O	AIRE PROCESO (AP)					CAPACIDAD DESHUMIDIFICADOR (DESH)					AIRE MEZCLADO (M)			
	φ	P <sub>v</sub>	W <sub>AP</sub>	m <sub>AP</sub>	h <sub>AP</sub>	W <sub>DESH</sub>	h <sub>DESH</sub>	T <sub>soesh</sub>	m <sub>DESH</sub>	(φ) <sub>DESH</sub>	W <sub>M</sub>	h <sub>M</sub>	T <sub>EM</sub>	j <sub>M</sub>
	%	Pa	Kg/Kg <sub>ss</sub>	Kg <sub>ss</sub> /h	KJ/Kg <sub>ss</sub>	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	Kg <sub>ss</sub> /h	%	Kg/Kg <sub>ss</sub>	KJ/Kg <sub>ss</sub>	°C	%
1	85	3.605,11	2,29E-02	177.460	88,63	1,61E-02	94,91	53,1	31.645	17,8	2,19E-02	89,58	33,5	67
2	80	3.393,04	2,15E-02	177.845	85,06	1,49E-02	91,59	52,9	31.724	16,67	2,05E-02	86,05	33,5	63
3	75	3.180,98	2,02E-02	178.230	81,51	1,31E-02	86,81	52,8	31.824	14,77	1,91E-02	82,31	33,5	58
4	70	2.968,91	1,88E-02	178.615	77,97	1,20E-02	83,85	52,7	31.889	13,62	1,77E-02	78,86	33,4	55
5	65	2.756,85	1,74E-02	179.001	74,45	1,09E-02	80,79	52,5	31.964	12,51	1,64E-02	75,41	33,4	51
6	60	2.544,78	1,60E-02	179.386	70,94	1,00E-02	78,15	52,2	32.039	11,66	1,51E-02	72,03	33,4	47
7	55	2.332,72	1,47E-02	179.771	67,45	8,80E-03	75,04	52,2	32.100	10,28	1,38E-02	68,6	33,4	43
8	50	2.120,65	1,33E-02	180.156	63,97	7,80E-03	72,34	52,1	32.161	9,18	1,25E-02	65,24	33,3	39
9	45	1.908,59	1,19E-02	180.541	60,51	6,60E-03	69,13	52	32.232	7,82	1,11E-02	61,82	33,3	35
10	40	1.696,52	1,06E-02	180.926	57,06	5,10E-03	65,03	51,8	32.329	6,11	9,76E-03	58,27	33,3	31
11	35	1.484,46	9,25E-03	181.311	53,63	4,00E-03	61,88	51,5	32.416	4,88	8,45E-03	54,88	33,3	27

T: Temperatura seca  
P<sub>v</sub>: Presión de vapor  
P<sub>T</sub>: Presión total

P<sub>vs</sub>: Presión de vapor de saturación  
w: humedad específica

v<sub>e</sub>: volumen específico de aire húmedo  
h: entalpía

m: masa de aire seco  
φ: humedad



## **ANEXO II : CALCULO DEL CAUDAL DE VENTILACION**

<b>1. INTRODUCCION AL LA VENTILACION DE LAS NAVES DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.....</b>	<b>108</b>
1.1. TEORIA DE LAS ATMOSFERAS EXPLOSIVAS.....	108
1.2. CLASES DE EMPLAZAMIENTOS.....	109
<b>2. PROCESO DE CALCULO DE CAUDAL DE IMPULSION DE LAS NAVES DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.....</b>	<b>112</b>
2.1. RENOVACION DE AIRE.....	113
<b>3. CALCULO DEL CAUDAL DE IMPULSION EN LA NAVE DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.....</b>	<b>114</b>
3.1. CARBOGUARD 891 .....	114
3.2. CABOZINC 11.....	116
3.3. CARBOGUARD E19.....	118
3.4. THERMALINE 400.....	119
3.5. CARBOMASTIC 18NT.....	120
3.6. CARBOMASTIC 15.....	121
3.7. CARBOXANE 2000WG.....	123
3.8. CARBOZINC 858.....	124
3.9. THERMALINE 4700.....	126

<b>4. CALCULO DEL CAUDAL DE IMPULSION EN LAS NAVES DE PREPRARACION DE SUPERFICIES.....</b>	<b>129</b>
4.1.INTRODUCCION A LAS ATMOSFERAS CONTAMINADAS CON POLVO DE SILICE.....	129
4.2.CARCTERISTICAS DEL ABRASIVO.....	130
4.3. CALCULO DEL CAUDAL DE IMPULSION.....	131

## ANEXO II : CALCULO DE CAUDAL DE VENTILACION

### 1. INTRODUCCION A LA VENTILACION DE LAS NAVES DE APLICACION DE RECUBRIMIENTOS

#### 1.1. TEORIA DE LAS ATMOSFERAS EXPLOSIVAS

##### 1.1.1. Introducción a las atmósferas explosivas

El cálculo del caudal de ventilación del emplazamiento es un factor importante en el establecimiento, tanto del tipo como de la extensión de una zona, puesto que conjuntamente con las características del escape, determinará la frecuencia, duración y extensión del área donde la concentración de gas o vapor está dentro del rango de explosividad.

Para que se forme una atmósfera explosiva, la concentración de gases, vapores o nieblas inflamables en aire debe de estar dentro de un determinado rango, delimitado por el límite inferior (LIE) y superior (LSE) de explosividad.

El *Límite Inferior de Explosividad*, es la concentración mínima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por debajo de la cual, la mezcla no es explosiva.

El *Límite Superior de Explosividad*, es la concentración máxima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por arriba de la cual, la mezcla no es explosiva.

Estos límites se suelen expresar en porcentajes de volumen del gas o vapor en el volumen de la mezcla.

Si se pretende que una determinada mezcla de gases o vapores inflamables en aire no produzca una atmósfera explosiva, habrá que mantener la concentración de éstos bien por debajo del LIE o por arriba del LSE.

## 1.2. CLASES DE EMPLAZAMIENTOS

Para poder establecer los requisitos de seguridad necesarios, los emplazamientos con riesgo de incendio y explosión se clasifican en tres clases en función de la sustancia tratada o almacenada, ya que para cada uno de ellos, el riesgo de explosión adquiere unas características propias y por tanto las instalaciones eléctricas, que aunque deberán cumplir una serie de condiciones de instalación especiales definidas en la MIBT 026 del REBT comunes para todos ellos, adquieren particularidades propias para cada una de las clases de emplazamientos.

Las clases de emplazamientos son:

- *CLASE I*: gases, vapores y nieblas.
- *CLASE II*: polvos
- *CLASE III*: fibras

Los emplazamientos de clase I son aquellos lugares en los que hay o puede haber gases, vapores o nieblas inflamables en cantidad suficiente para producir atmósferas explosivas o inflamables, incluyéndose los lugares donde hay o puede haber líquidos que produzcan vapores inflamables.

Entre estos emplazamientos, a menos que el proyectista justifique lo contrario, se encuentran:

Donde se trasvasen líquidos volátiles inflamables, garajes y talleres de reparación de vehículos, interiores de cabinas de pintura donde se utilizan pistolas de pulverización, zonas próximas a los locales en que se realicen operaciones de pinturas por cualquier sistema cuando en los mismos se empleen disolventes inflamables, los secaderos o los compartimentos para la

evaporación de disolventes inflamables, locales en que existan extractores de grasas y aceites que utilicen disolventes inflamables, los lugares de las lavanderías y tintorerías en los que se empleen líquidos inflamables, salas de bombas y / o compresores para gases o líquidos inflamables, los interiores de refrigeradores y congeladores en los que se almacenen materias inflamables en recipientes abiertos fácilmente perforables o con cierres poco consistentes.

En todo emplazamiento de clase I es posible, con mayor o menor probabilidad, la formación en algún momento de una atmósfera explosiva, que si coincide con un posible foco de ignición de origen eléctrico originará una deflagración o explosión. Así el nivel de seguridad exigido al equipo eléctrico dependerá directamente de la probabilidad o frecuencia con que puede aparecer una atmósfera explosiva en esa zona, exigiendo mayores niveles de seguridad para zonas donde la probabilidad de que exista este tipo de atmósfera sea más alta, con lo que se impone la necesidad de subdividir los emplazamientos de clase 1 en diferentes zonas en función de la frecuencia y duración de la presencia de una atmósfera explosiva, para así poder determinar el tipo de material eléctrico apropiado para cada emplazamiento.

Los emplazamientos de clase I están a su vez clasificados en tres tipos de zonas 0, 1 y 2, en función de la probabilidad de presencia de la atmósfera explosiva. Tal y como define la norma UNE 20.322 las zonas:

La *zona 0* es aquella en la que una atmósfera de gas explosiva está presente de forma continua, o se prevé que esté presente durante largos períodos, o por cortos períodos, pero que se producen frecuentemente.

La *zona 1* es aquella en la que una atmósfera de gas explosiva se prevé pueda estar presente de forma periódica u ocasionalmente durante el funcionamiento normal.

La *zona 2* es aquella en la que una atmósfera de gas explosiva no se prevé pueda estar presente en funcionamiento normal y si lo está, será de forma poco frecuente y de corta duración.

La ventilación general consiste en la dilución del gas o vapor inflamable con aire para reducir la concentración del contaminante. Con un dimensionado adecuado de la ventilación se puede aportar el suficiente caudal de aire para que la concentración de inflamables baje por debajo del Límite Inferior de Explosividad (LIE) y se consiga, por tanto una atmósfera no explosiva. Para el cálculo del caudal de impulsión se tiene en cuenta la NTP 370: "Atmósferas potencialmente explosivas: clasificación de emplazamientos de clase I".

## 2. PROCESO DE CALCULO DE CAUDAL DE IMPULSION DE NAVE DE APLICACION DE RECUBRIMIENTOS

Según la NTP 370 el caudal de impulsión de las naves de aplicación de recubrimientos puede ser determinado por la siguiente expresión:

$$Q = \frac{24 \times \rho_r \times 100 \times V \times F_s}{M \times LIE \times B} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Q es el caudal de aire en m<sup>3</sup> por hora.  
ρ<sub>r</sub> es la densidad relativa del líquido inflamable.  
V es la velocidad de evaporación del líquido, en litros por hora.  
M es el peso molecular.  
LIE es el Límite Inferior de Explosividad expresado en %  
F<sub>s</sub> es un factor de seguridad que depende del valor del coeficiente LIE que se estima no se debe sobrepasar para estar en condiciones de seguridad. Para fuentes de escape continuas o primarias bien ventiladas se establece un valor de 4.  
B es una constante que tiene en cuenta el hecho de que el LIE de vapores en aire disminuye a temperaturas elevadas, se tomará igual a 1 hasta 120 °C.

Los valores de LIE, M, y ρ<sub>r</sub> de cada disolvente se obtienen de la ficha técnica de cada uno.

Para determinar el valor de V se considerará el peor de los casos en el que se evapora todo el disolvente que se añade a la pintura.

Se considera que cada pintor puede pintar 800 m<sup>2</sup> a lo largo de una jornada de 8 horas y teniendo en cuenta que habrá un máximo de 3 personas pintando al mismo tiempo, se puede considerar que la superficie pintada a lo largo de las 8 horas será de 2.400 m<sup>2</sup>. De este modo la producción por hora será de 300 m<sup>2</sup>.

A partir de la ficha técnica del recubrimiento se obtiene el valor del rendimiento teórico de dicho producto.

Sabiendo que el rendimiento práctico viene dado por la relación que sigue:

$Rendimiento\ práctico = Rendimiento\ teórico - 45\% \times (Rendimiento\ teórico)$

$$Rendimiento\ práctico = 0,55 \times Rendimiento\ teórico$$

Se pueden determinar los litros de pintura que se van a emplear en pintar la superficie de 800 m<sup>2</sup>.

$$\frac{S\ m^2/h}{Rdto.Práctico\ m^2/l} = C_p\ l/h$$

S superficie que se pintará a lo largo de una hora.

Rdto. Práctico = 0,55 x Rdto. Teórico.

C<sub>p</sub> = litros de pintura necesarios por hora de trabajo.

Una vez obtenida la cantidad de pintura que se va a emplear y sabiendo la cantidad del disolvente en la mezcla final, se obtiene el valor de V.

$$\frac{C_p \times P_d}{P_p} = V\ l/h$$

C<sub>p</sub> = litros de pintura necesarios por hora de trabajo.

P<sub>d</sub> = % de disolvente presente en la mezcla final.

P<sub>p</sub> = % de pintura presente en la mezcla final.

Debido a la variedad de productos que se emplean se analiza cada recubrimiento con sus diferentes disolvente.

## 2.1. RENOVACION DE AIRE

En cualquier instalación de climatización resulta necesaria una cierta renovación de aire. De acuerdo con las normas UNE de climatización, cuando se cuenta con ventilación general en un taller de pintura, se debe renovar el aire contaminado de 20 a 60 cada hora. En este caso, se han considerado 40 renovaciones del aire contaminado cada hora, como se verá a continuación.

### 3. CALCULO DEL CAUDAL DE IMPULSION EN LA NAVE DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS

Para determinar el caudal de impulsión en la nave de aplicación se analiza cada recubrimiento por separado.

#### 3.1. CARBOGUARD 891

Rendimiento teórico = 6 m<sup>2</sup>/L

Rendimiento práctico = Rendimiento teórico – 45% x (Rendimiento teórico)

Rendimiento práctico = 0,55 x Rendimiento teórico

Rendimiento práctico = 0,55 x 6 = 3,3 m<sup>2</sup>/L

Un pintor puede pintar 800 m<sup>2</sup> a lo largo de una jornada de 8 horas.

La superficie pintada a lo largo de una hora vendrá dada por el valor de

S = 300 m<sup>2</sup>/h

La cantidad de pintura empleada por hora vendrá dada por la expresión:

$$\frac{S \text{ m}^2 / h}{\text{Rdto.Práctico m}^2 / l} = C_p \text{ l/h} \quad C_p = \frac{300 \text{ m}^2 / h}{3,3 \text{ m}^2 / l} = 91 \text{ l/h}$$

Este recubrimiento se emplea con varios disolventes: Thinner 2 al 6% y Thinner 33 al 13%.

- *Con disolvente Thinner 2*

Teniendo en cuenta las características del disolvente y de la mezcla se calculará el caudal de aire que es necesario ventilar:

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	87,3	Kgr/Kmol	6%	Thinner 2
$\rho_p$	0,83	Kgr/m <sup>3</sup>	94%	Carboguard 891
LIE	1,3	%		

Para determinar la cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora se ha considerado el peor de los casos en el que el total del disolvente empleado se evapore, por ello este valor vendrá dado por la expresión:

$$\frac{C_p \times P_d}{P_p} = V \text{ l/h} \qquad V = \frac{91 \times 6}{94} = 6 \text{ l/h}$$

$$Q = \frac{24 \times \rho_r \times 100 \times V \times F_s}{M \times LIE \times B} \qquad Q = \frac{24 \times 1,38 \times 100 \times 6 \times 4}{87,3 \times 1,3 \times 1} = 677 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

- *Con disolvente Thinner 33*

Teniendo en cuenta las características del disolvente y de la mezcla se calculará el caudal de aire que es necesario ventilar:

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	119,4	Kgr/Kmol	13%	Thinner 33
$\rho_p$	0,99	Kgr/m <sup>3</sup>	87%	Carboguard 891
LIE	0,8	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{91 \times 13}{87} = 14 \text{ l/h} \qquad Q = \frac{24 \times 0,99 \times 100 \times 14 \times 4}{119,4 \times 0,8 \times 1} = 1352 \text{ (m}^3\text{/h)}$$

### 3.2. CARBOZINC 11

Rendimiento teórico = 7 m<sup>2</sup>/L

Rendimiento práctico = Rendimiento teórico – 45% x (Rendimiento teórico)

Rendimiento práctico = 0,55 x Rendimiento teórico

Rendimiento práctico = 0,55 x 7 = 3,85 m<sup>2</sup>/L

La cantidad de pintura empleada por hora vendrá dada por la expresión:

$$C_p = \frac{300 \text{ m}^2 / h}{3,85 \text{ m}^2 / l} = 78 \text{ l} / h$$

Este recubrimiento se emplea con varios disolventes: Thinner 21 al 6% , Thinner 26 al 4% y Thinner 33 al 4%.

- *Con disolvente Thinner 21*

Teniendo en cuenta las características del disolvente y de la mezcla se calculará el caudal de aire que es necesario ventilar:

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	60,1	Kgr/Kmol	6%	Thinner 21
$\rho_p$	1,05	Kgr/m <sup>3</sup>	94%	Carbozinc 11
LIE	2	%		

La cantidad de disolvente se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{78 \times 6}{94} = 5 \text{ l} / h \quad Q = \frac{24 \times 1,05 \times 100 \times 5 \times 4}{60,1 \times 2 \times 1} = 417 (\text{m}^3 / h)$$

- *Con disolvente Thinner 26*

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	103,6	Kgr/Kmol	4%	Thinner 26
$\rho_p$	1,3	Kgr/m <sup>3</sup>	96%	Carbozinc 11
LIE	1,1	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{78 \times 4}{96} = 3 \text{ l/h} \quad Q = \frac{24 \times 1,30 \times 100 \times 3 \times 4}{103,6 \times 1,1 \times 1} = 356 (\text{m}^3/\text{h})$$

- *Con disolvente Thinner 33*

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	119,4	Kgr/Kmol	4%	Thinner 33
$\rho_p$	0,99	Kgr/m <sup>3</sup>	96%	Carbozinc 11
LIE	0,8	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{278 \times 4}{96} = 3 \text{ l/h} \quad Q = \frac{24 \times 0,99 \times 100 \times 3 \times 4}{119,4 \times 0,8 \times 1} = 323 (\text{m}^3/\text{h})$$

### 3.3. CARBOGUARD E19

Rendimiento teórico = 5 m<sup>2</sup>/L

Rendimiento práctico = Rendimiento teórico – 45% x (Rendimiento teórico)

Rendimiento práctico = 0,55 x Rendimiento teórico

Rendimiento práctico = 0,55 x 5 = 2,75 m<sup>2</sup>/L

La cantidad de pintura empleada por hora vendrá dada por la expresión:

$$C_p = \frac{300 \text{ m}^2/h}{2,75 \text{ m}^2/l} = 109 \text{ l/h}$$

Este recubrimiento se emplea con varios disolventes: Thinner 15 al 40% .

- *Con disolvente Thinner 15*

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	99,9	Kgr/Kmol	40%	Thinner 15
$\rho_p$	1,02	Kgr/m <sup>3</sup>	60%	Carboguard E19
LIE	0,8	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{109 \times 40}{60} = 73 \text{ l/h} \quad Q = \frac{24 \times 1,02 \times 100 \times 73 \times 4}{99,9 \times 0,8 \times 1} = 8911 (\text{m}^3/\text{h})$$

### 3.4. THERMALINE 400

Rendimiento teórico = 5 m<sup>2</sup>/L

Rendimiento práctico = Rendimiento teórico – 45% x (Rendimiento teórico)

Rendimiento práctico = 0,55 x Rendimiento teórico

Rendimiento práctico = 0,55 x 5 = 2,75 m<sup>2</sup>/L

La cantidad de pintura empleada por hora vendrá dada por la expresión:

$$C_p = \frac{300 \text{ m}^2/h}{2,75 \text{ m}^2/l} = 109 \text{ l/h}$$

Este recubrimiento se emplea con varios disolventes: Thinner 15 al 25% .

- *Con disolvente Thinner 25*

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	116,8	Kgr/Kmol	25%	Thinner 25
$\rho_p$	1,91	Kgr/m <sup>3</sup>	75%	Thermaline 400
LIE	0,8	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{109 \times 25}{75} = 36 \text{ l/h} \quad Q = \frac{24 \times 1,91 \times 100 \times 36 \times 4}{116,8 \times 0,8 \times 1} = 7137 (\text{m}^3/\text{h})$$

### 3.5. CARBOMASTIC 18NT

Rendimiento teórico = 6,4 m<sup>2</sup>/L

Rendimiento práctico = Rendimiento teórico – 45% x (Rendimiento teórico)

Rendimiento práctico = 0,55 x Rendimiento teórico

Rendimiento práctico = 0,55 x 6,4 = 3,52 m<sup>2</sup>/L

La cantidad de pintura empleada por hora vendrá dada por la expresión:

$$C_p = \frac{300 \text{ m}^2/h}{3,52 \text{ m}^2/l} = 85 \text{ l/h}$$

Este recubrimiento se emplea con varios disolventes: Thinner 15 al 25% .

- *Con disolvente Thinner 15*

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	99,9	Kgr/Kmol	25%	Thinner 15
$\rho_p$	1,02	Kgr/m <sup>3</sup>	75%	Carbomastic 18NT
LIE	0,8	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{85 \times 25}{75} = 28 \text{ l/h} \quad Q = \frac{24 \times 1,02 \times 100 \times 28 \times 4}{99,9 \times 0,8 \times 1} = 3481 (\text{m}^3/\text{h})$$

### 3.6. CARBOMASTIC 15

Rendimiento teórico = 7,2 m<sup>2</sup>/L

Rendimiento práctico = Rendimiento teórico – 45% x (Rendimiento teórico)

Rendimiento práctico = 0,55 x Rendimiento teórico

Rendimiento práctico = 0,55 x 7,2 = 3,96 m<sup>2</sup>/L

La cantidad de pintura empleada por hora vendrá dada por la expresión:

$$C_p = \frac{300 \text{ m}^2/h}{3,96 \text{ m}^2/l} = 76 \text{ l/h}$$

Este recubrimiento se emplea con varios disolventes: Thinner 10 al 25% y con Thinner 76 al 25%.

- *Con disolvente Thinner 10*

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	106,2	Kgr/Kmol	25%	Thinner 10
$\rho_p$	1,02	Kgr/m <sup>3</sup>	75%	Carbomastic 15
LIE	0,8	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{76 \times 25}{75} = 25 \text{ l/h} \quad Q = \frac{24 \times 1,02 \times 100 \times 25 \times 4}{106,2 \times 0,8 \times 1} = 2910 (\text{m}^3/h)$$

- *Con disolvente Thinner 76*

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	72,1	Kgr/Kmol	25%	Thinner 76
$\rho_p$	2,42	Kgr/m <sup>3</sup>	75%	Carbomastic 15
LIE	1,8	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{76 \times 25}{75} = 25 \text{ l/h} \quad Q = \frac{24 \times 2,45 \times 100 \times 25 \times 4}{72,1 \times 1,8 \times 1} = 4502 (\text{m}^3/\text{h})$$

### 3.7. CARBOXANE 2000 WG

Rendimiento teórico = 6,6 m<sup>2</sup>/L

Rendimiento práctico = Rendimiento teórico – 45% x (Rendimiento teórico)

Rendimiento práctico = 0,55 x Rendimiento teórico

Rendimiento práctico = 0,55 x 6,6 = 3,63 m<sup>2</sup>/L

La cantidad de pintura empleada por hora vendrá dada por la expresión:

$$C_p = \frac{300 \text{ m}^2/h}{3,63 \text{ m}^2/l} = 83 \text{ l/h}$$

Este recubrimiento se emplea con varios disolventes: Thinner 10 al 5%.

- *Con disolvente Thinner 10*

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	106,2	Kgr/Kmol	5%	Thinner 10
$\rho_p$	1,02	Kgr/m <sup>3</sup>	95%	Carboxane 2000WG
LIE	0,8	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{83 \times 5}{95} = 4 \text{ l/h} \qquad Q = \frac{24 \times 1,02 \times 100 \times 4 \times 4}{106,2 \times 0,8 \times 1} = 501 (\text{m}^3/\text{h})$$

### 3.8. CARBOZINC 858

Rendimiento teórico = 8,0 m<sup>2</sup>/L

Rendimiento práctico = Rendimiento teórico – 45% x (Rendimiento Teórico)

Rendimiento práctico = 0,55 x Rendimiento teórico

Rendimiento práctico = 0,55 x 8,0 = 4,40 m<sup>2</sup>/L

La cantidad de pintura empleada por hora vendrá dada por la expresión:

$$C_p = \frac{300 \text{ m}^2/h}{4,40 \text{ m}^2/l} = 68 \text{ l/h}$$

Este recubrimiento se emplea con varios disolventes: Thinner 2 al 10% y Thinner 76 al 10%

- *Con disolvente Thinner 2*

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	87,3	Kgr/Kmol	10%	Thinner 2
$\rho_p$	1,38	Kgr/m <sup>3</sup>	90%	Carbozinc 858
LIE	0,8	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{68 \times 10}{90} = 8 \text{ l/h} \quad Q = \frac{24 \times 1,38 \times 100 \times 8 \times 4}{87,3 \times 1,3 \times 1} = 884 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

- *Con disolvente Thinner 76*

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	72,1	Kgr/Kmol	10%	Thinner 76
$\rho_p$	2,42	Kgr/m <sup>3</sup>	90%	Carbozinc 858
LIE	1,8	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{68 \times 10}{90} = 8 \text{ l/h}$$
$$Q = \frac{24 \times 2,42 \times 100 \times 8 \times 4}{72,1 \times 1,8 \times 1} = 1432 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

### 3.9. THERMALINE 4700

Rendimiento teórico = 7,5 m<sup>2</sup>/L

Rendimiento práctico = Rendimiento teórico – 45% x (Rendimiento teórico)

Rendimiento práctico = 0,55 x Rendimiento teórico

Rendimiento práctico = 0,55 x 7,5 = 4,13 m<sup>2</sup>/L

La cantidad de pintura empleada por hora vendrá dada por la expresión:

$$C_p = \frac{300 \text{ m}^2/h}{4,13 \text{ m}^2/l} = 73 \text{ l/h}$$

Este recubrimiento se emplea con varios disolventes: Thinner 10 al 10%.

- *Con disolvente Thinner 10*

Características del disolvente			Características de la mezcla	
M	106,2	Kgr/Kmol	10%	Thinner 10
$\rho_p$	1,02	Kgr/m <sup>3</sup>	90%	Thermaline 4700
LIE	0,8	%		

La cantidad de disolvente que se debe ventilar por hora vendrá dado por la expresión:

$$V = \frac{73 \times 10}{90} = 8 \text{ l/h} \qquad Q = \frac{24 \times 1,02 \times 100 \times 8 \times 4}{106,2 \times 0,8 \times 1} = 931 (\text{m}^3/\text{h})$$

A continuación se muestra una tabla resumen con los caudales que se deben tratar

Recubrimiento	Rdto. Teórico (m <sup>2</sup> /l)	Rdto. Práctico (m <sup>2</sup> /l)	C <sub>p</sub> (l/h)	Disolvente %	Disolvente	V (l/h)	Q <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /h)	n=40 Q <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /h)
Carboguard 891	6	3,3	90,9	6	Thinner 2	5,8	677	27.095
Carboguard 891	6	3,3	90,9	13	Thinner 33	13,6	1352	54.063
Carbozinc 11	7	3,9	77,9	6	Thinner 21	5	417	16.684
Carbozinc 11	7	3,9	77,9	4	Thinner 26	3,2	356	14.225
Carbozinc 11	7	3,9	77,9	4	Thinner 33	3,2	323	12.922
Carboguard E19	5	2,8	109,1	40	Thinner 15	72,7	8911	356.429*
Thermaline 400	5	2,8	109,1	25	Thinner 25	36,4	7137	285.479*
Carbomastic 18 NT	6,4	3,5	85,2	25	Thinner 15	28,4	3481	139.230*
Carbomastic 15	7,2	4	75,8	25	Thinner 10	25,3	2910	116.418*
Carbomastic 15	7,2	4	75,8	25	Thinner 76	25,3	4502	180.072*
Carboxane 2000 WG	6,6	3,6	82,6	5	Thinner 10	4,3	501	20.053
Carbonzic 858	8	4,4	68,2	10	Thinner 2	7,6	884	35.374
Carbonzic 858	8	4,4	68,2	10	Thinner 76	7,6	1351	54.021
Thermaline 4700	7,5	4,1	72,7	10	Thinner 10	8,1	931	37.254

\* caudales superiores a 100000 m<sup>3</sup>/h

De los 14 casos que se tienen, 5 se quedan por encima de los 100.000 m<sup>3</sup>/h.

Para realizar la mínima inversión posible sin que afecte a la productividad, se destinan las naves 4 y 5 a los trabajos de aplicación de recubrimientos cuando se usen los productos: Carboguard 891, Carbozinc 11, Carboxane 2000 WG, Carbozinc 858, Thermaline 4700 o similares. En estos casos las naves contarán con un sistema de impulsión y extracción de aire que permita renovar 62.000 m<sup>3</sup>/h manteniendo de este modo las condiciones de seguridad necesarias para evitar cualquier explosión.

En el caso de los siguientes productos: Carboguard E19, Thermaline 400, Carbomastic 18NT, Carbomastic 15 o similares. La nave contará con un sistema de impulsión y extracción de aire que permita renovar 188.000 m<sup>3</sup>/h. En esta ocasión se debe limitar el consumo del producto Carboguard E19 y Thermaline 400 a 200 m<sup>2</sup>/h para conseguir que el número de renovaciones de aire sea de 30. Si no fuese posible el sistema, garantiza 20 renovaciones de aire en vez de 40, lo que queda comprendido en dentro de los límites estipulados por ley.

## **4. CALCULO DEL CAUDAL DE IMPULSION EN LAS NAVES DE PREPARACION DE SUPERFICIES**

### **4.1. INTRODUCCION A LAS ATMOSFERAS CONTAMINADAS CON POLVO DE SILICE**

La Orden ITC/2585/2007, de 30 de agosto por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria 2.0.02, "Protección de los trabajadores contra el polvo, en relación con la silicosis, en las industrias extractivas", en donde se indica que los trabajos con riesgo de silicosis son aquellos que se encuentran en la relación de enfermedades del Real Decreto 1299/2006 de 10 de noviembre. En el anexo I del artículo 3 del Real Decreto 1299/2006, de 10 de noviembre, la presencia de polvo de sílice libre pertenece al grupo 4 del cuadro de enfermedades profesionales y considera que la silicosis es una de las enfermedades profesionales causadas por inhalación de sustancias y agentes no comprendidos en otros apartados. Dentro de este grupo se encuentran los trabajos de chorro de arena y esmeril.

En el apartado 4.2.7 se indican los valores límites ambientales de exposición diaria, donde se indica que la concentración de sílice libre contenida en la fracción respirable de polvo no será superior a  $0,1 \text{ mg/m}^3$ . Si se tratase de cristobalita o tridimita este valor se reducirá a  $0,05 \text{ mg/m}^3$ . Por otra parte la fracción respirable de polvo, no sobrepasará el valor de  $3 \text{ mg/m}^3$ .

A pesar de que la sílice no está considerada una sustancia peligrosa la fracción respirable generada en la manipulación de la sílice puede causar efectos perjudiciales para la salud.

La inhalación prolongada y/o masiva de polvo de sílice cristalina respirable puede causar fibrosis pulmonar, denominada habitualmente como

silicosis. Los principales síntomas de la silicosis son tos y ahogo. La exposición al polvo debe ser organizada y controlada.

De acuerdo a la normativa nacional de los países miembros de la UE, no puede utilizarse arena que contenga más de un 5 % de sílice libre cristalina para limpieza con chorro de arena seca. Los productores europeos apoyan esta recomendación en su conjunto.

#### 4.2. CARACTERISTICAS DEL ABRASIVO

En las naves de preparación de superficies se usará un abrasivo de Alodur® DSO cuyas características generales se redactan a continuación.

El DSO es un Corindón de la familia de los normales / marrones consistente en una parte metálica de Ferrosilicio y una mineral de corindón marrón. Estos dos componentes hacen del DSO un producto de chorreo de alto poder de impacto y alta duración.

En la ficha técnica del DSO se encuentran los siguientes datos sobre su composición, características químicas.

Componente mineral				Componente metálico		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe	Si	Ti
39.0	0.9	0.3	0.3	46.0	7.2	3.0

Dureza Mohs	Densidad aparente gr/cm <sup>3</sup>	Peso específico gr/cm <sup>3</sup>
9	2 - 2.5	5 - 5.5

En la ficha técnica del DSO también se indica que la siguiente nota sobre seguridad e higiene: no contiene sílice libre, no tiene riesgos de silicosis. No es peligroso para la salud. El uso de máscara y equipo de protección, en trabajos de chorreo es obligatorio.

#### 4.3. CALCULO DE CAUDAL DE IMPULSION

Se considera que se usará una cantidad total de abrasivo de 50 kg/h y teniendo en cuenta que la cantidad de SiO<sub>2</sub> es del 0,3 % , se estima la fracción respirable de polvo de sílice que se encontrará en el interior de la nave durante el proceso de chorreado de piezas de acero.

La cantidad de abrasivo empleado por hora tendrá un valor de 50 Kg/h.

Dada la composición del abrasivo, la cantidad de SiO<sub>2</sub> por hora será de 0,15 Kg/h (50 x 0,003).

Con un caudal de 160.000 m<sup>3</sup>/h se consiguen 13 renovaciones de aire a la hora para las naves tipo 1. En este caso, la cantidad de SiO<sub>2</sub> por hora en las naves tipo 1 se reducirá a 0,011 kg/h (11 gr/h)

Se estima que la cantidad de abrasivo generará un 40% de polvo que se podrá considerar dentro de la fracción respirable, de este modo la cantidad de SiO<sub>2</sub> perjudicial tendrá un valor de 4,4 gr/h (11 gr/h x 40%).

Según lo calculado, se tienen 4,4 gr/h de polvo de SiO<sub>2</sub> cuyo tamaño de partículas pertenece a la fracción respirable en 12.275 m<sup>3</sup> en el caso de las naves tipo 1

Con un caudal de 160.000 m<sup>3</sup>/h se consiguen 10 renovaciones de air a la hora para la nave tipo 2. En ese caso, la cantidad de SiO<sub>2</sub> por hora en la nave tipo 2 se reducirá a 0,015 kg/h (15 gr/h)

Se estima que la cantidad de abrasivo generará un 40% de polvo que se podrá considerar dentro de la fracción respirable, de este modo la cantidad de SiO<sub>2</sub> perjudicial tendrá un valor de 6 gr/h (15 gr/h x 40%).

Según lo calculado, se tienen 6 gr/h de polvo de SiO<sub>2</sub> cuyo tamaño de partículas pertenece a la fracción respirable en 15.482 m<sup>3</sup> en el caso de la nave tipo 2

De este modo la concentración de SiO<sub>2</sub> de fracción respirable para el caso de las naves tipo 1 (12275 m<sup>3</sup>) se obtiene dividiendo la cantidad de polvo de SiO<sub>2</sub> por hora entre el volumen de la nave, de este modo se obtiene una concentración de 0,35 mg/m<sup>3</sup>.

$$4,4 \text{ gr de SiO}_2 / 12.275 \text{ m}^3 = 0,35 \text{ mg/m}^3$$

La concentración de SiO<sub>2</sub> de fracción respirable para el caso de la nave tipo 2 (15482 m<sup>3</sup>) se obtiene dividiendo la cantidad de polvo de SiO<sub>2</sub> por hora entre el volumen de la nave, de este modo se obtiene una concentración de 0,39 mg/m<sup>3</sup>.

$$6 \text{ gr de SiO}_2 / 15.482 \text{ m}^3 = 0,39 \text{ mg/m}^3$$

En ambos casos la concentración obtenida está por encima del valor límite aplicable en función del porcentaje de sílice libre, pero se ha considerado el peor de los casos, todo el polvo que se genera pertenece a la fracción respirable. También se debe tener presente que las operaciones de tratamiento de superficie con abrasivos normalmente no superan las 6 horas diarias. Un factor muy importante es que el operario porta además de guantes de protección contra proyecciones, botas de seguridad, ropas de trabajo y protección auditiva, un traje tipo buzo, dotado de una capucha alimentada desde el exterior con aire limpio y purificado previamente a través de un filtro de carbón activo. En el interior de la capucha existe una determinada presión positiva, la cual evita la entrada de polvo.

Por todo esto, se considera aceptable la cantidad de polvo de sílice que se ha estimado.

Debido al riesgo de la actividad los trabajadores, durante la actividad, es necesario mantener los niveles de protección individual para garantizar la protección de los operarios de chorreo. Además se deben mantener los niveles de confinamiento del contaminante durante las operaciones de chorreado. Aproximadamente cada 20 o 30 min se realiza una pausa en la operación para cargar la máquina de arena.



**ANEXO III : CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA DE  
LOS CONDUCTOS DE VENTILACION**

<b>1. TEORIA DE LA PERDIDA DE CARGA.....</b>	<b>135</b>
1.1. PRESION ESTATICA, DINAMICA Y TOTAL.....	135
1.2. UNIDADES DE MEDIDA.....	136
1.3. PERDIDAS DE CARGA.....	137
<b>2. CALCULO DE PERDIDA DE CARGA EN LOS CONDUCTOS DE IMPULSION DE AIRE SECO DE 15.000 m<sup>3</sup> /h.....</b>	<b>140</b>
2.1. DESHUMIDIFICADOR 1 .....	143
2.2. DESHUMIDIFICADOR 2 .....	154
2.3. DESHUMIDIFICADOR 3 .....	157
2.4. DESHUMIDIFICADOR 4 .....	160
<b>3. CALCULO DE PERDIDA DE CARGA DE LOS CONDUCTOS DE IMPULSION DE AIRE SECO DE 5000 m<sup>3</sup>/h.....</b>	<b>163</b>
3.1. DESHUMIDIFICADOR 5 .....	163
3.2. DESHUMIDIFICADOR 6 .....	165
<b>4. CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA EN LOS CONDUCTOS DE ASPIRACION DE AIRE CONTAMINADO EN LAS NAVES DE PREPARACION DE SUPERFICIES.....</b>	<b>168</b>

## ANEXO DE PERDIDAS DE CARGA EN LOS CONDUCTOS DE IMPULSION Y EXTRACCION DE AIRE

### 1. TEORIA DE PERDIDAS DE CARGA

El aire que debe circular por la red de conductos de una instalación, recibe la energía de impulsión/aspiración de un ventilador. Esta energía debe ser suficiente para que el aire sea distribuido a todos los puntos en las condiciones previstas de caudal y velocidad según las condiciones de diseño.

El problema reside en el dimensionamiento correcto de los conductos para que circule por ellos el caudal previsto y para que la energía total del aire sea capaz de vencer equilibradamente las inevitables pérdidas que se producen en todo proceso de flujo dinámico en conductos.

Estas pérdidas son de dos tipos generales, pérdidas por rozamiento y pérdidas dinámicas. Las *pérdidas por rozamiento* son las debidas a la viscosidad del fluido y que dependen de la geometría, rugosidad interna de los conductos y al régimen del movimiento. Las *pérdidas dinámicas* son las causadas por las perturbaciones de velocidad, por cambios direccionales o por variaciones bruscas de su valor.

#### 1.1. PRESION ESTATICA, DINAMICA Y TOTAL

La energía suministrada por el sistema de impulsión se establece en forma de presiones mediante dos componentes de presión, la presión estática, la presión dinámica y la presión total. La *presión estática* ( $P_s$ ) es la consecuencia de la compresión del fluido dentro del conducto. Se mide por exceso (o defecto) sobre la presión atmosférica ambiental. Esta presión es positiva en impulsión y negativa en aspiración. La presión estática es máxima en el punto de impulsión y decrece a lo largo del conducto por

efecto de las pérdidas por fricción hasta ser prácticamente nula en la salida. Sucede lo mismo en el circuito de aspiración, aunque con los valores negativos.

La presión dinámica ( $P_d$ ) es la componente de energía debida a la velocidad del fluido, y su valor se obtiene mediante la expresión:

$$P_d = \rho \times \frac{v^2}{2}$$

$\rho$  = densidad del aire circulante (Kg/m<sup>3</sup>)  
 $v$  = velocidad del aire circulante (m/s)

La presión dinámica siempre es positiva (en el sentido de avance del aire). Como la masa de aire transportada en la unidad de tiempo es constante a lo largo del producto, la velocidad varía en cada cambio de sección del conducto, hasta su salida o hasta la distribución del aire en las bifurcaciones.

La presión total ( $P_T$ ) es el resultado de la suma algebraica de la presión estática y la presión dinámica. En un conducto de aspiración la  $P_T$  será negativa (depresión), siendo positiva siempre en conductos de impulsión.

## 1.2. UNIDADES DE MEDIDA

La unidad utilizada para la medida de presiones es (Sistema Internacional) el Pascal (1 Pa = 1 N/m<sup>2</sup>). Habitualmente en los sistemas de ventilación se utiliza también el milímetro de columna de agua (mm.c.a) que tiene una equivalencia de 1 mm.c.a= 9,81 Pa

### 1.3. PERDIDAS DE CARGA

El proceso fluido dinámico del aire en los conductos provoca dos tipos de pérdida de carga: pérdidas por rozamiento y pérdidas dinámicas.

Las *pérdidas de carga por rozamiento* (pérdidas de cargas primarias), son pérdidas de carga debida a la viscosidad del fluido y a las variaciones de dirección y choque de las partículas de aire dentro del régimen de turbulencia, en las condiciones habituales para la climatización. Las pérdidas se producen a todo lo largo del conducto y se expresan en valores de pérdidas de la presión total por unidad de longitud del conducto considerado: (Pa/m) o (mm.c.a / m).

Las *pérdidas de carga dinámicas* (pérdidas de cargas secundarias), son pérdidas de carga debida a las perturbaciones de velocidad, por cambios direccionales. Estas pérdidas se producen en los accesorios como codos, ensanchamientos, bifurcaciones,....

El cálculo de pérdidas de carga por formulación es complicado, ya que depende de un número de factores considerable en forma de ecuaciones exponenciales, establecidas por Darcy-Weisbach y Colebrook. Únicamente es posible la utilización de estas fórmulas, con métodos informáticos, mediante el software adecuado.

Otro método más práctico, si no se dispone de software, es la utilización de gráficos de rozamientos, que se establecen para una geometría del conducto, tipo de material (única rugosidad absoluta) y unas condiciones del aire en temperatura y densidad, así como de presión atmosférica (altura), las variaciones de las condiciones señaladas en los gráficos, requieren el uso de factores de corrección que, aplicados a los valores obtenidos directamente de la gráficas de rozamiento, darán el valor de pérdida de carga real buscado.

### 1.3.1. Método de cálculo.

Como se ha visto, las pérdidas de carga pueden ser primarias o secundarias.

Las pérdidas de carga primarias son las debidas a la propia conducción y las secundarias son debidas a los accesorios presentes en la conducción.

Los cálculos se van a hacer por separado y después se calcularán las pérdidas de carga totales.

#### 1.3.1.1. *Cálculo de las pérdidas de carga primarias.*

Para el cálculo de las pérdidas de carga primarias se emplea el diagrama adjunto en el apartado 2 de este documento, en este diagrama se introducen los valores de caudal del aire que circula por el conducto circular y el diámetro del conducto para determinar la velocidad a la que circula el aire por el interior del conducto (aunque ésta también se consigue por la relación entre el caudal de aire que circula por el interior del conducto y el área del conducto) y la Pérdida de Carga por metro de conducto que se genera en el conducto.

Una vez conocida la pérdida de carga por metro de conducto (Pa/m), se multiplica el valor obtenido de la gráfica por la longitud del conducto.

En este caso, el conducto es circular, en caso de que fuesen rectangulares (como es el caso de los conductos de aspiración de aire de las naves de preparación de superficies), se debe que calcular el diámetro equivalente mediante la ecuación:

$$D_{eq} = 1,3 \times \frac{(a \times b)^{0,625}}{(a + b)^{0,25}}$$

(a y b, lados del conducto rectangular en mm)

### 1.3.1.2. Cálculo de las pérdidas de carga secundarias.

Las pérdidas de carga secundarias, se producen en aquellos puntos o tramos donde el flujo sufre perturbaciones de velocidad por cambios de direcciones o variación de sus valores absolutos.

Estas pérdidas dinámicas, aunque se producen en toda la longitud de un conducto, a efectos prácticos se suponen localizadas en las zonas que afectan al cambio en la velocidad que se ha mencionado, lo que facilita el cálculo de las mismas.

Para su cálculo se usa la expresión

$$\Delta P = C \times P_d$$

C: Coeficiente de pérdidas (adimensional)

$\Delta P_T$  : Pérdida de presión total en la sección considerada (Pa)

$P_d$  : Presión dinámica en la sección considerada (Pa)

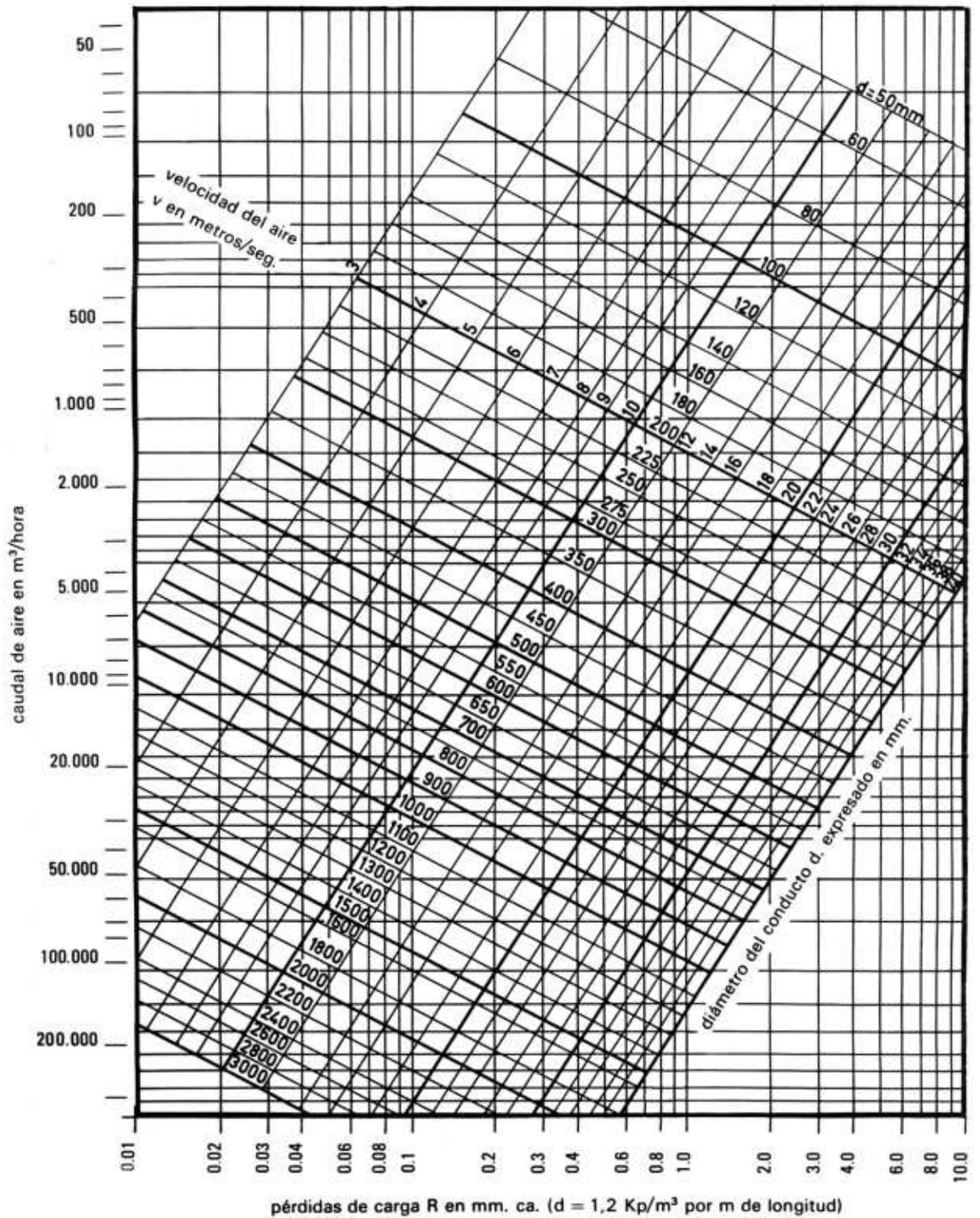
Los coeficientes de pérdidas responden a configuraciones geométricas de las uniones así como a las características dimensionales de los conductos.

## **2. CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA EN LOS CONDUCTOS DE IMPULSION DE AIRE SECO DE 15.000 m<sup>3</sup>/h**

En este apartado se calcularán las pérdidas de carga de los conductos de impulsión de aire seco de las naves de preparación de superficies y de la nave 6 destinada a la aplicación de recubrimientos, donde el caudal que de cada deshumidificador es de 15000 m<sup>3</sup>/h.

En el caso que nos ocupa los conductos de impulsión son de sección circular y material chapa galvanizada. Para el cálculo de las pérdidas de carga se necesita el diámetro de la conducción que en este caso será constante y de 560 mm.

Con los datos de caudal (15.000 m<sup>3</sup>/h) y el diámetro de la conducción (560 mm), se obtiene la pérdida de carga por metro de conducción, en el diagrama adjunto.



La velocidad de paso del aire en la conducción será de:

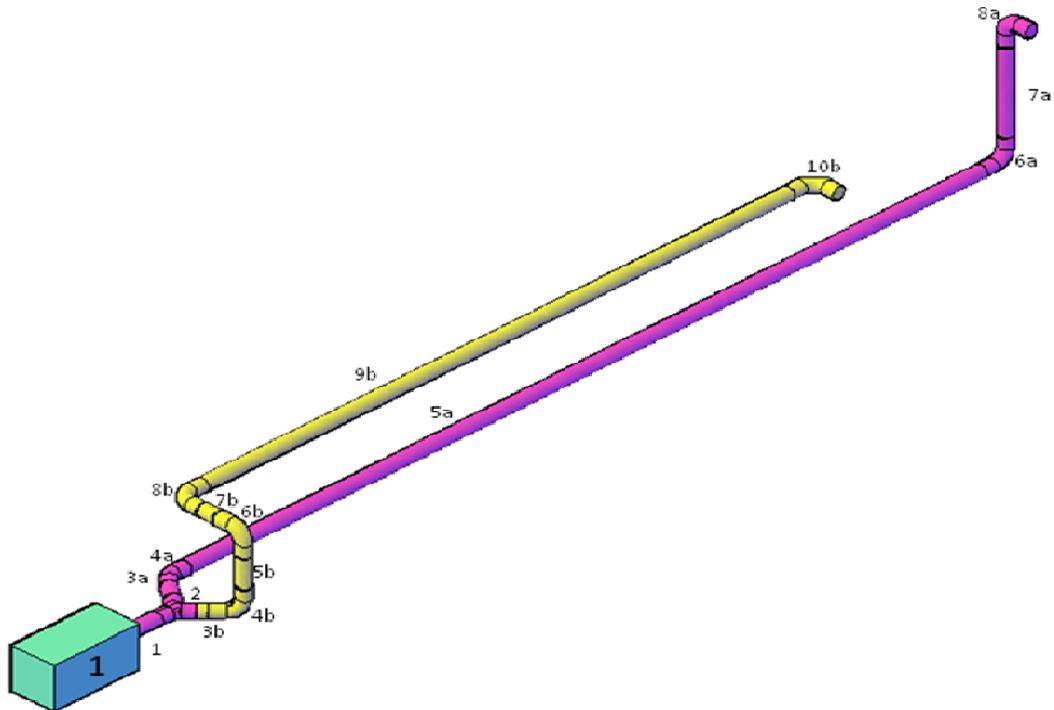
$$v = \frac{Q}{a} = \frac{15000/3600}{0,246} = 16,94 \text{ (m/s)}$$

$$a = \pi \times (0,560/2)^2 = 0,246 \text{ m}^2$$

Dado que el caudal de aire que circula por el conducto es aproximadamente de 15.000 m<sup>3</sup>/h y el diámetro del conducto es de 560 mm se pueden calcular las pérdidas tramo a tramo.

Para el cálculo de pérdidas de carga en conductos de impulsión de aire seco se clasifican los tramos del conducto, según los esquemas adjuntos

## 2.1. DESHUMIDIFICADOR 1

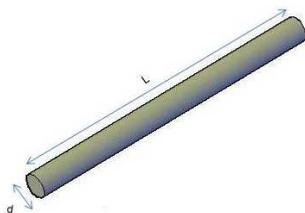


### 2.1.1. Cálculo de las Pérdidas de cargas primarias

Como ya se ha indicado las Pérdidas de carga primaria se calcularán según el diagrama adjunto en los tramos 1,3a,3b,5a,5b,7a,7b,9b.

#### 2.1.1.1. Tramo 1

Se trata de un tramo recto de sección circular, de modo que conociendo el diámetro de la sección se calcula la velocidad de paso de aire a través de la conducción:



$$d_1 = 0,560 \text{ m}$$

$$L_1 = 0,50 \text{ m}$$

$$v_1 = \frac{Q_1}{a_1} = \frac{15000/3600}{0,246} = 16,94 \text{ (m/s)}$$

$$a = \pi \times \left(\frac{0,560}{2}\right)^2 = 0,246 \text{ m}^2$$

Con los datos de diámetro, caudal y velocidad, se obtiene de acuerdo con el diagrama de rozamiento la Pérdida de carga por metro de conducción.

$$\Delta P = 4 \text{ Pa/m}$$

Conociendo la longitud del tramo, se puede concluir que la pérdida de carga en este tramo será de:

$$\Delta P_1 = L_1 \times \Delta P_{\text{gráfica}} \text{ (Pa)}$$

$$\Delta P_1 = 0,5 \times 4 = 2 \text{ (Pa)}$$

#### 2.1.1.2. Tramo 3a

Se trata de un tramo recto de sección circular.

El proceso de cálculo es el mismo, en este caso, el caudal del fluido es 7.500 m<sup>3</sup>/h debido a la bifurcación del tramo 2, con lo que tanto la velocidad de circulación del fluido como la pérdida de carga por metro de tubería, serán distintas a las de los tramos anteriores.

Para un caudal de 7.500 m<sup>3</sup>/h y un diámetro de 0,560 m, la gráfica indica que la pérdida de carga por unida de longitud es de 1,7 Pa/m.

$$\Delta P_{3a} = 0,4 \times 1,7 = 0,68 \text{ (Pa)}$$
$$d_{3a} = 0,560 \text{ m}$$
$$a_{3a} = \pi \times \left(\frac{0,560}{2}\right)^2 \text{ m}^2$$
$$L_{3a} = 0,400 \text{ m}$$
$$v_{3a} = \frac{Q_{3a}}{a_{3a}} = \frac{7500/3600}{0,246} = 8,47 \text{ m/s}$$

### 2.1.1.3. Tramo 3b

Se trata de un tramo recto de sección circular.

El proceso de cálculo es el mismo, en este caso, el caudal del fluido es 7.500 m<sup>3</sup>/h debido a la bifurcación del tramo 2, con lo que tanto la velocidad de circulación del fluido como la pérdida de carga por metro de tubería, serán distintas a las de los tramos anteriores.

Para un caudal de 7.500 m<sup>3</sup>/h y un diámetro de 0,560 m, la gráfica nos indica que la pérdida de carga por unidad de longitud es de 1,7 Pa/m.

$$\begin{aligned}d_{3b} &= 0,560 \text{ m} \\a_{3b} &= \pi \times \left(\frac{0,560}{2}\right)^2 \text{ m}^2 \\L_{3b} &= 0,400 \text{ m} \\v_{3b} &= \frac{Q_{3b}}{a_{3b}} = \frac{7500/3600}{0,246} = 8,47 \text{ m/s} \\ \Delta P_{3b} &= 0,4 \times 1,7 = 0,68 \text{ (Pa)}\end{aligned}$$

### 2.1.1.4. Tramo 5a

Se trata de un tramo recto de sección circular.

El caudal continúa siendo 7.500 m<sup>3</sup>/h, el diámetro también se mantiene, con lo que, procediendo del mismo modo, la pérdida de carga por unidad de longitud sigue siendo 1,7 Pa/m.

$$\begin{aligned}d_{5a} &= 0,560 \text{ m} \\a_{5a} &= \pi \times \left(\frac{0,560}{2}\right)^2 \text{ m}^2 \\L_{5a} &= 48,0 \text{ m} \\v_{5a} &= \frac{Q_{5a}}{a_{5a}} = \frac{7500/3600}{0,246} = 8,47 \text{ m/s} \\ \Delta P_{5a} &= 48,0 \times 1,7 = 81,60 \text{ (Pa)}\end{aligned}$$

#### 2.1.1.5. Tramo 5b

Se trata de un tramo recto de sección circular.

El caudal continúa siendo 7.500 m<sup>3</sup>/h, el diámetro también se mantiene, con lo que, procediendo del mismo modo, la pérdida de carga por unidad de longitud sigue siendo 1,7 Pa/m.

$$\begin{aligned}d_{5b} &= 0,560 \text{ m} \\a_{5b} &= \pi \times \left(\frac{0,560}{2}\right)^2 \text{ m}^2 \\L_{5b} &= 1,7 \text{ m} \\v_{5b} &= \frac{Q_{5b}}{a_{5b}} = \frac{7500/3600}{0,246} = 8,47 \text{ m/s} \\ \Delta P_{5b} &= 1,7 \times 1,7 = 2,89 \text{ (Pa)}\end{aligned}$$

#### 2.1.1.6. Tramo 7a

Se trata de un tramo recto de sección circular.

El caudal continúa siendo 7.500 m<sup>3</sup>/h, el diámetro también se mantiene, con lo que, procediendo del mismo modo, la pérdida de carga por unidad de longitud sigue siendo 1,7 Pa/m.

$$\begin{aligned}d_{7a} &= 0,560 \text{ m} \\a_{7a} &= \pi \times \left(\frac{0,560}{2}\right)^2 \text{ m}^2 \\L_{7a} &= 1,34 \text{ m} \\v_{7a} &= \frac{Q_{7a}}{a_{7a}} = \frac{7500/3600}{0,246} = 8,47 \text{ m/s} \\ \Delta P_{7a} &= 1,34 \times 1,7 = 5,78 \text{ (Pa)}\end{aligned}$$

### 2.1.1.7. Tramo 7b

Se trata de un tramo recto de sección circular.

El caudal continúa siendo 7.500 m<sup>3</sup>/h, el diámetro también se mantiene, con lo que, procediendo del mismo modo, la pérdida de carga por unidad de longitud sigue siendo 1,7 Pa/m.

$$\begin{aligned} \Delta P_{7b} &= 0,7 \times 1,7 = 1,19 \text{ (Pa)} \\ d_{7b} &= 0,560 \text{ m} \\ a_{7b} &= \pi \times \left(\frac{0,560}{2}\right)^2 \text{ m}^2 \\ L_{7b} &= 0,700 \text{ m} \\ v_{7b} &= \frac{Q_{7b}}{a_{7b}} = \frac{7500/3600}{0,246} = 8,47 \text{ m/s} \end{aligned}$$

### 2.1.1.8. Tramo 9b

Se trata de un tramo recto de sección circular.

El caudal continúa siendo 7.500 m<sup>3</sup>/h, el diámetro también se mantiene, con lo que, procediendo del mismo modo, la pérdida de carga por unidad de longitud sigue siendo 1,7 Pa/m.

$$\begin{aligned} \Delta P_{9b} &= 41,3 \times 1,7 = 70,21 \text{ (Pa)} \\ d_{9b} &= 0,560 \text{ m} \\ a_{9b} &= \pi \times \left(\frac{0,560}{2}\right)^2 \text{ m}^2 \\ L_{9b} &= 41,3 \text{ m} \\ v_{9b} &= \frac{Q_{9b}}{a_{9b}} = \frac{7500/3600}{0,246} = 8,47 \text{ m/s} \end{aligned}$$

### 2.1.2. Pérdidas de cargas secundarias

Corresponden a aquellos puntos o tramos donde el flujo sufre perturbaciones de velocidad por cambios de direcciones o variación de sus valores absolutos.

Las pérdidas de carga secundarias se calcularán, para el caso de los codos, se utilizarán las expresiones que siguen:

$$\Delta P = C \times \rho \times \frac{v^2}{2}$$

C: coeficiente adimensional  
 ρ: densidad del fluido  
 v: velocidad del fluido

$$C = C_0 \times K$$

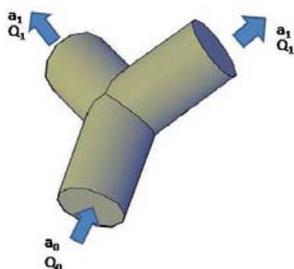
Los valores de  $C_0$  y  $K$  se determinarán según las tablas que se añaden más adelante.

De esta forma se calcularán las pérdidas de carga secundarias en función de sus características geométricas para los tramos 2 (*bifurcación de 45° de igual diámetro de entrada y salida*), 4a (*codo de suave circular 45°*), 4b, 6a, 6b, 8a, 8b, 10b (*codo suave circular de 90°*)

#### 2.1.2.1. Tramo 2

Este accesorio es una derivación de flujo de 45° por el que circula un caudal en la entrada de 15.000 m<sup>3</sup>/h y de 7.500 m<sup>3</sup>/h de salida de aire, el diámetro a la entrada y a la salida es de 0,560 m.

En la tabla adjunta se comprueba que el valor de coeficiente adimensional es de 0,18



Flujo	a <sub>1</sub> /a <sub>0</sub>	
	0,5	1
Convergente	0,16	0,05
Divergente	0,23	0,18

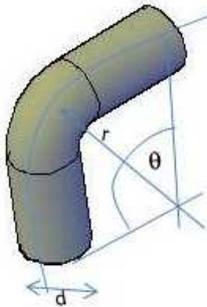
$$\Delta P = C \times \rho \times \frac{v_1^2}{2}$$

$$\Delta P = 0,18 \times 1,2 \times \frac{8,46^2}{2} = 7,73 \text{ Pa}$$

### 2.1.2.2. Tramo 4a codo suave circular de 45°

Este accesorio es un codo suave circular de 45° por el que circula un caudal de 7.500 m<sup>3</sup>/h de aire y tiene un diámetro de 0,560 m.

De acuerdo con las tablas que siguen, se considera 0,132 el valor del coeficiente adimensional C.



R/D	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
C <sub>0</sub>	0,71	0,33	0,22	0,15	0,13	0,12

θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K	0	0,31	0,45	0,6	0,7	0,85	1	1,13	1,2	1,28	1,4

$$\Delta P = C \times \rho \times \frac{v^2}{2}$$

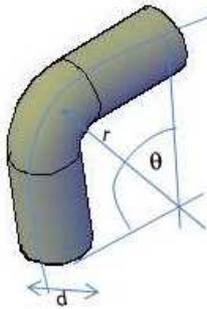
$$C = C_0 \times K \quad C = 0,22 \times 0,6 = 0,132$$

$$\Delta P = 0,132 \times 1,2 \times \frac{8,46^2}{2} = 5,67 \text{ Pa}$$

### 2.1.2.3. Tramo 4b codo suave circular de 90°

Este accesorio es un codo suave circular de 90° por el que circula un caudal de 7.500 m<sup>3</sup>/h de aire y tiene un diámetro de 0,560 m.

De acuerdo con las tablas que siguen, se considera 0,22 el valor del coeficiente adimensional C.



R/D	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5
C <sub>0</sub>	0,71	0,33	0,22	0,15	0,13	0,12

θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K	0	0,31	0,45	0,6	0,7	0,85	1	1,13	1,2	1,28	1,4

$$\Delta P = C \times \rho \times \frac{v^2}{2}$$

$$C = C_0 \times K \quad C = 0,22 \times 1 = 0,22$$

$$\Delta P = 0,22 \times 1,2 \times \frac{8,46^2}{2} = 9,44 \text{ Pa}$$

#### 2.1.2.4. Tramo 6a codo suave circular de 90°

Este accesorio es un codo suave circular de 90° por el que circula un caudal de 7.500 m<sup>3</sup>/h de aire y tiene un diámetro de 0,560 m, del mismo modo, la tabla adjunta en el apartado anterior, da un valor del coeficiente adimensional en este caso será de 0,22.

$$\Delta P = 0,22 \times 1,2 \times \frac{8,46^2}{2} = 9,44 \text{ Pa}$$

#### 2.1.2.5. Tramo 6b codo suave circular de 90°

Este accesorio es un codo suave circular de 90° por el que circula un caudal de 7.500 m<sup>3</sup>/h de aire y tiene un diámetro de 0,560 m, del mismo modo, la tabla adjunta en el apartado anterior, da un valor del coeficiente adimensional en este caso será de 0,22.

$$\Delta P = 0,22 \times 1,2 \times \frac{8,46^2}{2} = 9,44 \text{ Pa}$$

#### 2.1.2.6. Tramo 8a codo suave circular de 90°

Este accesorio es un codo suave circular de 90° por el que circula un caudal de 7.500 m<sup>3</sup>/h de aire y tiene un diámetro de 0,560 m, del mismo modo, la tabla adjunta en el apartado anterior, da un valor del coeficiente adimensional en este caso será de 0,22.

$$\Delta P = 0,22 \times 1,2 \times \frac{8,46^2}{2} = 9,44 \text{ Pa}$$

#### 2.1.2.7. Tramo 8b codo suave circular de 90°

Este accesorio es un codo suave circular de 90° por el que circula un caudal de 7.500 m<sup>3</sup>/h de aire y tiene un diámetro de 0,560 m, del mismo modo, la tabla adjunta en el apartado anterior, da un valor del coeficiente adimensional en este caso será de 0,22.

$$\Delta P = 0,22 \times 1,2 \times \frac{8,46^2}{2} = 9,44 \text{ Pa}$$

#### 2.1.2.8. Tramo 10b codo suave circular de 90°

Este accesorio es un codo suave circular de 90° por el que circula un caudal de 7.500 m<sup>3</sup>/h de aire y tiene un diámetro de 0,560 m, del mismo modo, la tabla adjunta en el apartado anterior nos da un valor del coeficiente adimensional en este caso será de 0,22.

$$\Delta P = 0,22 \times 1,2 \times \frac{8,46^2}{2} = 9,44 \text{ Pa}$$

#### 2.1.3. Pérdida de carga Total

Una vez halladas las pérdidas de carga de cada uno de los ramos que componen el conducto de impulsión se suman, obteniéndose las

pérdidas debidas a la conducción, bien sean por tramos rectos o por accesorios.

A continuación se exponen tablas resumen para cada una de las pérdidas de carga de los conductos del deshumidificador 1.

DESHUMIDIFICADOR 1	TRAMO a							
	1	2	3a	4a	5a	6a	7a	8a
d (m)	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
L(m)	0,5		0,4		48		1,34	
q (m <sup>3</sup> /h)	15.000	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
Pérdida de carga (Pa/m)	4		1,7		1,7		1,7	
a (m <sup>2</sup> )	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
v (m/s)	16,92	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46
C <sub>0</sub> (r=d)		0,18		0,22		0,22		0,22
K				0,6		1		1
ΔP(Pa)	2	7,73	0,68	5,67	81,6	9,44	5,78	9,44

DESHUMIDIFICADOR 1	TRAMO b									
	1	2	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	10b
d (m)	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
L(m)	0,5		0,4		1,7		0,7		41,3	
q (m <sup>3</sup> /h)	15.000	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
Pérdida de carga (Pa/m)	4		1,7		1,7		1,7		1,7	
a (m <sup>2</sup> )	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
v (m/s)	16,92	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46
C <sub>0</sub> (r=d)		0,18		0,22		0,22		0,22		0,22
K				1		1		1		1
ΔP(Pa)	2	7,73	0,68	9,44	2,89	9,44	1,19	9,44	70,2	9,44

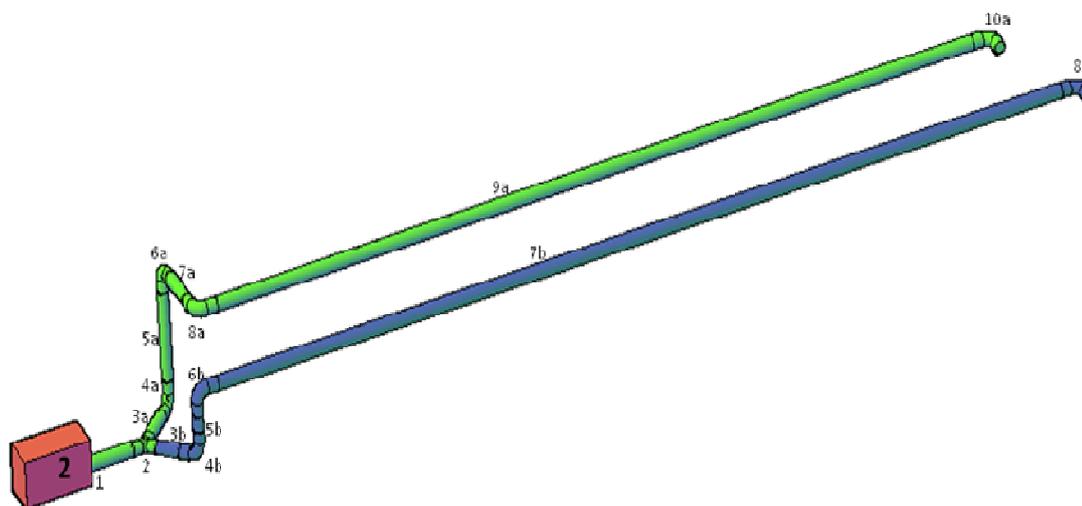
Las Pérdidas de carga Totales para el deshumidificador 1 se obtienen de la suma de todas las pérdidas de cargas en cada tramo y es de 235,09 Pa.

$$\Delta P_{T \text{ desh } 1} = 235,09 \text{ Pa}$$

La pérdida de carga total que el deshumidificador soporta es de 590 Pa, por lo que es posible utilizar el modelo seleccionado.

El cálculo de las pérdidas de carga del resto de conductos de impulsión de los diferentes deshumidificadores se realiza del mismo. A continuación se exponen las tablas resumen de las variables empleadas en el cálculo de la pérdida de carga de los deshumidificadores 2,3 y 4, así como las características de cada tramo.

## 2.2. DESHUMIDIFICADOR 2



### 2.2.1. Pérdida de cargas primarias

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el deshumidificador 1 por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga. En esta ocasión, como se ha visto en el esquema de los conductos de la impulsión del deshumidificador 2 los tramos que se estudiarán para las pérdidas de carga primarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Diámetro (m)	Longitud (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
1	Recto de sección circular	0,56	0,5	15.000
3a	Recto de sección circular	0,56	0,4	7.500
3b	Recto de sección circular	0,56	0,4	7.500
5a	Recto de sección circular	0,56	4	7.500
5b	Recto de sección circular	0,56	0,7	7.500
7a	Recto de sección circular	0,56	2,1	7.500
7b	Recto de sección circular	0,56	48,4	7.500
9b	Recto de sección circular	0,56	43,4	7.500

### 2.2.2. Pérdidas de cargas secundarias

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el deshumidificador 1 por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga. En esta ocasión, como se ha visto en el esquema de los conductos de la impulsión del deshumidificador 2 los tramos que se estudiarán para las pérdidas de carga secundarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Diámetro (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
2	Derivación de 45º de igual sección de entrada y salida	0,56	15000*
4a	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
4b	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
6a	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
6b	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
8a	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
8b	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
10a	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
10b	Codo suave circular 90º	0,56	7.500

\*Caudal a la entrada, a la salida 7.500 m<sup>3</sup>/h

A continuación se expone tabla resumen para cada una de las pérdidas de carga de los conductos del deshumidificador 2.

DESHUMIDIFICADOR 2	TRAMO a									
	1	2	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a
d (m)	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
L(m)	0,5		0,4		4		2,1		43,4	
q (m <sup>3</sup> /h)	15.000	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
Pérdida de carga (Pa/m)	4		1,7		1,7		1,7		1,7	
a (m <sup>2</sup> )	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
v (m/s)	16,92	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46
C <sub>0</sub> (r=d)		0,18		0,22		0,22		0,22		0,22
K				1		1		1		1
ΔP(Pa)	2	7,73	0,68	9,44	6,8	9,44	3,57	9,44	73,8	9,44

DESHUMIDIFICADOR <b>2</b>	TRAMO b							
	1	2	3b	4b	5b	6b	7b	8b
d (m)	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
L(m)	0,5		0,4		0,7		48,4	
q (m <sup>3</sup> /h)	15.000	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
Pérdida de carga (Pa/m)	4		1,7		1,7		1,7	
a (m <sup>2</sup> )	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
v (m/s)	16,92	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46
C <sub>0</sub> (r=d)		0,18		0,22		0,22		0,22
K				1		1		1
ΔP(Pa)	2	7,73	0,68	9,44	1,19	9,44	82,3	9,44

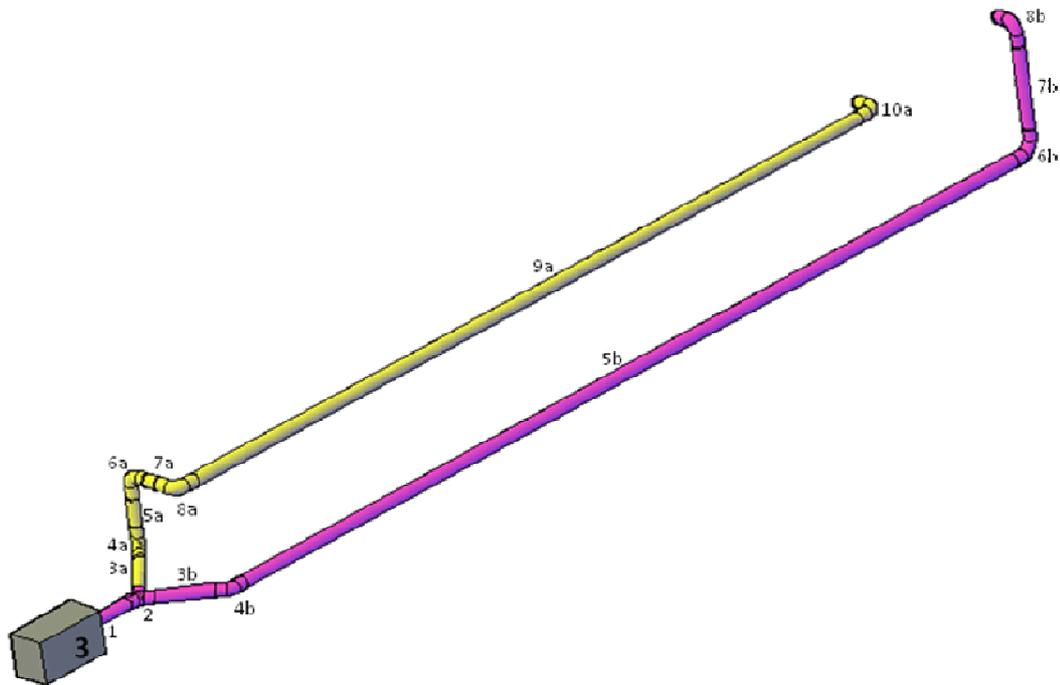
### 2.2.3. Pérdida de carga total

La Pérdida de carga Total para el deshumidificador 2 se obtiene de la suma de todas las pérdidas de cargas en cada tramo y es de 244,82 Pa.

$$\Delta P_{T \text{ desh } 1} = 244,82 \text{ Pa}$$

La pérdida de carga total que el deshumidificador soporta es de 590 Pa, por lo que es posible utilizar el modelo seleccionado.

### 2.3. DESHUMIDIFICADOR 3



#### 2.3.1. Pérdidas de carga primarias

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el deshumidificador 1 por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga. En esta ocasión, como se ha visto en el esquema de los conductos de la impulsión del deshumidificador 3 los tramos que se estudiarán para las pérdidas de carga primarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Diámetro (m)	Longitud (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
1	Recto de sección circular	0,56	0,5	15.000
3a	Recto de sección circular	0,56	0,4	7.500
3b	Recto de sección circular	0,56	0,4	7.500
5a	Recto de sección circular	0,56	1,7	7.500
5b	Recto de sección circular	0,56	48	7.500
7a	Recto de sección circular	0,56	0,7	7.500
7b	Recto de sección circular	0,56	1,34	7.500
9a	Recto de sección circular	0,56	41,3	7.500

### 2.3.2. Pérdidas de carga secundarias

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el deshumidificador 1 por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga. En esta ocasión, como se ha visto en el esquema de los conductos de la impulsión del deshumidificador 3 los tramos que se estudiarán para las pérdidas de carga secundarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Diámetro (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
2	Derivación de de 45º igual sección de entrada y salida	0,56	15000*
4a	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
4b	Codo suave circular 45º	0,56	7.500
6a	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
6b	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
8a	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
8b	Codo suave circular 90º	0,56	7.500
10a	Codo suave circular 90º	0,56	7.500

\*Caudal a la entrada, a la salida 7.500

A continuación se expone tabla resumen para cada una de las pérdidas de carga de los conductos del deshumidificador 3.

DESHUMIDIFICADOR <b>3</b>	TRAMO a									
	1	2	3a	4a	5a	6a	7a	8a	9a	10a
d (m)	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
L(m)	0,5		0,4		4		2,1		43,4	
q (m <sup>3</sup> /h)	15.000	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
Pérdida de carga (Pa/m)	4		1,7		1,7		1,7		1,7	
a (m <sup>2</sup> )	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
v (m/s)	16,92	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46
C <sub>0</sub> (r=d)		0,18		0,22		0,22		0,22		0,22
K				1		1		1		1
ΔP(Pa)	2	7,73	0,68	9,44	6,8	9,44	3,57	9,44	73,8	9,44

DESHUMIDIFICADOR <b>3</b>			TRAMO b					
	1	2	3b	4b	5b	6b	7b	8b
d (m)	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
L(m)	0,5		0,4		0,7		48,4	
q (m <sup>3</sup> /h)	15.000	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
Pérdida de carga (Pa/m)	4		1,7		1,7		1,7	
a (m <sup>2</sup> )	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
v (m/s)	16,92	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46
C <sub>0</sub> (r=d)		0,18		0,22		0,22		0,22
K				1		1		1
ΔP(Pa)	2	7,73	0,68	9,44	1,19	9,44	82,3	9,44

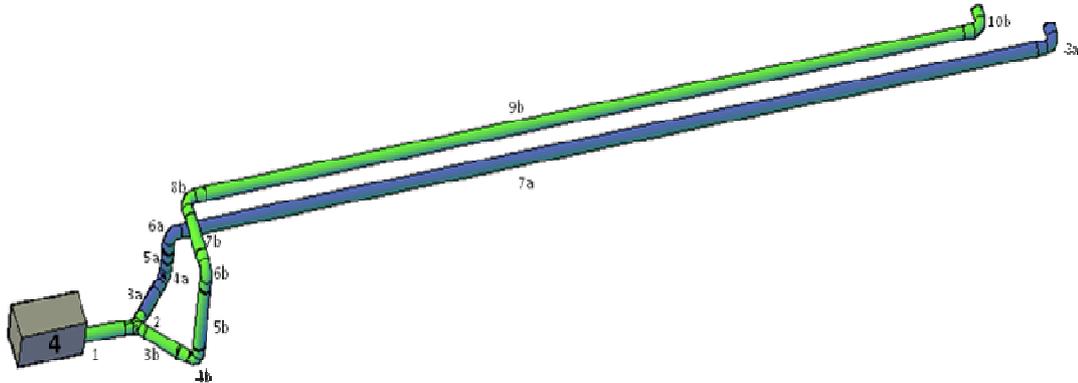
### 2.3.3. Pérdida de carga total

La Pérdida de carga Total para el deshumidificador 3 se obtiene de la suma de todas las pérdidas de cargas en cada tramo y es de 235,09 Pa.

$$\Delta P_{T \text{ desh } 1} = 235,09 \text{ Pa}$$

La pérdida de carga total que el deshumidificador soporta es de 590 Pa, por lo que es posible utilizar el modelo seleccionado.

## 2.4. DESHUMIDIFICADOR 4



### 2.4.1. Pérdidas de carga primarias

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el deshumidificador 1 por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga. En esta ocasión, como se ha visto en el esquema de los conductos de la impulsión del deshumidificador 4 los tramos que se estudiarán para las pérdidas de carga primarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Diámetro (m)	Longitud (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
1	Recto de sección circular	0,56	0,5	15.000
3a	Recto de sección circular	0,56	0,4	7.500
3b	Recto de sección circular	0,56	0,4	7.500
5a	Recto de sección circular	0,56	0,7	7.500
5b	Recto de sección circular	0,56	4	7.500
7a	Recto de sección circular	0,56	48,4	7.500
7b	Recto de sección circular	0,56	2,1	7.500
9b	Recto de sección circular	0,56	43,4	7.500

### 2.4.2. Pérdidas de carga secundarias

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el deshumidificador 1 por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga. En esta ocasión, como se ha visto en el esquema de los conductos de la impulsión del deshumidificador 4 los tramos que se estudiarán para las pérdidas de carga secundarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Diámetro (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
2	Derivación 45° de igual sección de entrada y salida	0,56	15000*
4a	Codo suave circular 90°	0,56	7.500
4b	Codo suave circular 90°	0,56	7.500
6a	Codo suave circular 90°	0,56	7.500
6b	Codo suave circular 90°	0,56	7.500
8a	Codo suave circular 90°	0,56	7.500
8b	Codo suave circular 90°	0,56	7.500
10a	Codo suave circular 90°	0,56	7.500
10b	Codo suave circular 90°	0,56	7.500

\*Caudal a la entrada, a la salida 7.500

A continuación se expone tabla resumen para cada una de las pérdidas de carga de los conductos del deshumidificador 4.

DESHUMIDIFICADOR <b>4</b>	TRAMO a							
	1	2	3a	4a	5a	6a	7a	8a
d (m)	0,56	0,56	0,4		0,7		48,4	
L(m)	0,5		7500	7500	7500	7500	7500	7500
q (m <sup>3</sup> /h)	15.000	7.500	2		2		2	
Pérdida de carga (Pa/m)	4		0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
a (m <sup>2</sup> )	0,25	0,25	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46
v (m/s)	16,92	8,46		0,22		0,22		0,22
C <sub>0</sub> (r=d)		0,18		1		1		1
K			0,68	9,44	1,19	9,44	82,3	9,44
ΔP(Pa)	2	7,73	0,68	9,44	1,19	9,44	82,3	9,44

DESHUMIDIFICADOR <b>4</b>	TRAMO b									
	1	2	3b	4b	5b	6b	7b	8b	9b	10b
d (m)	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
L(m)	0,5	0,4			0,7		48,4		43,4	
q (m <sup>3</sup> /h)	15.000	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500	7.500
Pérdida de carga (Pa/m)	4	1,7			1,7		1,7		1,7	
a (m <sup>2</sup> )	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
v (m/s)	16,92	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46	8,46
C <sub>0</sub> (r=d)		0,18		0,22		0,22		0,22		0,22
K				1		1		1		1
ΔP(Pa)	2	7,73	0,68	9,44	1,19	9,44	82,3	9,44	73,8	9,44

### 2.4.3. Pérdida de carga total

La Pérdida de carga Total para el deshumidificador 4 se obtiene de la suma de todas las pérdidas de cargas en cada tramo y es de 244,82 Pa.

$$\Delta P_{T \text{ desh } 1} = 244,82 \text{ Pa}$$

La pérdida de carga total que el deshumidificador soporta es de 590 Pa, por lo que es posible utilizar el modelo seleccionado.

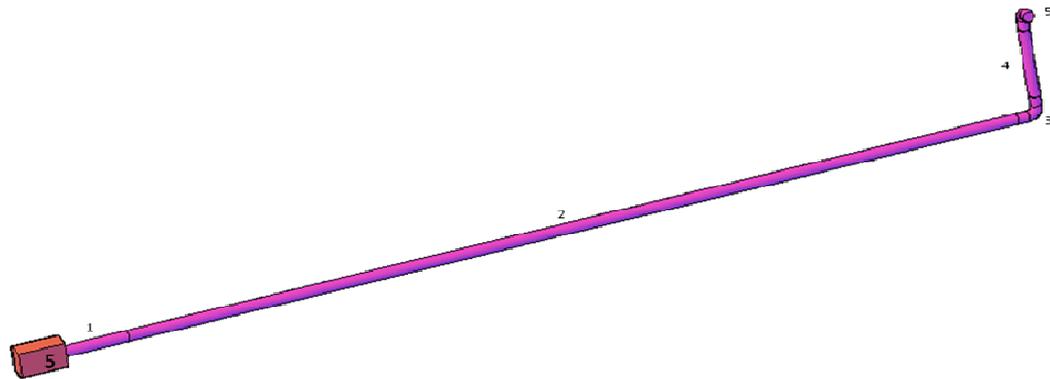
### 3. CALCULO DE PERDIDAS DE CARGA EN LOS CONDUCTOS DE IMPULSION DE AIRE SECO DE 5000 m<sup>3</sup>/h

Como se indica en el anexo de cálculo de caudal de ventilación de las naves 4 y 5 donde se realizan los trabajos de aplicación de recubrimientos menos peligrosos, para mantener las condiciones climáticas dentro de la nave, se utilizan 10.000 m<sup>3</sup>/h de aire seco y 52.000 m<sup>3</sup>/h de aire húmedo.

En estos casos, se dispone de dos deshumidificadores de 5.000 m<sup>3</sup>/h cada uno.

Para el cálculo de pérdidas de carga en conductos de impulsión de aire seco se clasifican los tramos del conducto, según el esquema.

#### 3.1. DESHUMIDIFICADOR 5



##### 3.1.1. Cálculo de pérdidas de carga primarias

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el deshumidificador por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga. En esta ocasión, como se ha visto en el esquema

de los conductos de la impulsión del deshumidificador 5 los tramos que se estudiarán para las pérdidas de carga primarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Diámetro (m)	Longitud (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
1	Recto de sección circular	0,5	0,5	5.000
2	Recto de sección circular	0,5	47,5	5.000
4	Recto de sección circular	0,5	4	5.000

### 3.1.2. Cálculo de pérdidas de carga secundarias

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el deshumidificador 1 por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga. En esta ocasión, como se ha visto en el esquema de los conductos de la impulsión del deshumidificador 5 los tramos que se estudiarán para las pérdidas de carga secundarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Diámetro (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
3	Codo suave circular 90º	0,5	5.000
5	Codo suave circular 90º	0,5	5.000

A continuación se exponen tablas resumen para cada una de las pérdidas de carga de los conductos del deshumidificador 5.

DESHUMIDIFICADOR					
5	1	2	3	4	5
d (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
L(m)	0,5	47,5		4	
q (m <sup>3</sup> /h)	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Pérdida de carga (Pa/m)	1	1		1	
a (m <sup>2</sup> )	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
v (m/s)	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
C <sub>0</sub> (r=d)			0,22		0,22
K			1		1
ΔP(Pa)	0,5	47,5	6,6	4	6,6

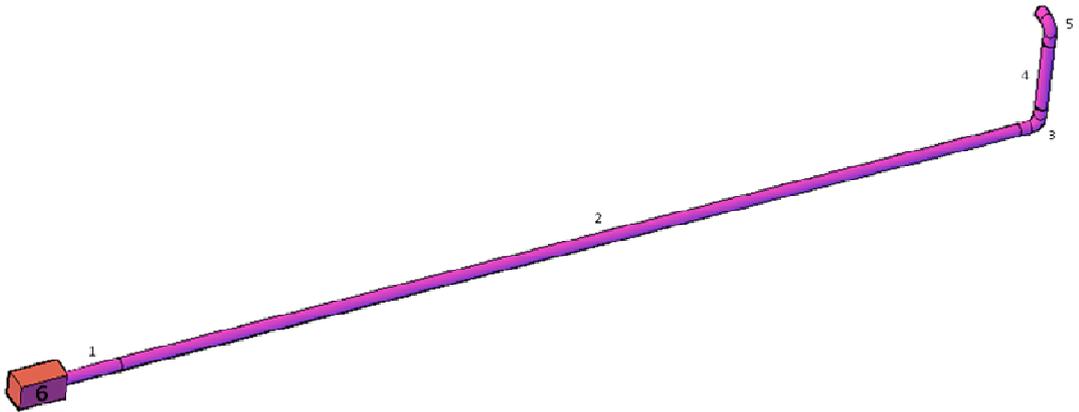
### 3.1.3. Cálculo de pérdida de carga total

La Pérdida de carga Total para el deshumidificador 5 se obtiene de la suma de todas las pérdidas de cargas en cada tramo y es de 63 Pa.

$$\Delta P_{T \text{ desh } 1} = 63 \text{ Pa}$$

La pérdida de carga total que el deshumidificador soporta es de 480 Pa, por lo que es posible utilizar el modelo seleccionado.

### 3.2. DESHUMIDIFICADOR 6



#### 3.2.1. Cálculo de pérdidas de carga primarias

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el deshumidificador 1 por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga. En esta ocasión, como se ha visto en el esquema de los conductos de la impulsión del deshumidificador 6 los tramos que se estudiarán para las pérdidas de carga primarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Diámetro (m)	Longitud (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
1	Recto de sección circular	0,5	0,5	5.000
2	Recto de sección circular	0,5	47,5	5.000
4	Recto de sección circular	0,5	4	5.000

### 3.2.2. Cálculo de pérdidas de carga secundarias

El proceso de cálculo es el mismo que se ha llevado a cabo para el deshumidificador por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga. En esta ocasión, como se ha visto en el esquema de los conductos de la impulsión del deshumidificador 6 los tramos que se estudiarán para las pérdidas de carga secundarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Diámetro (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
3	Codo suave circular 90º	0,5	5.000
5	Codo suave circular 90º	0,5	5.000

A continuación se exponen tablas resumen para cada una de las pérdidas de carga de los conductos del deshumidificador 6.

DESHUMIDIFICADOR					
6	1	2	3	4	5
d (m)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
L(m)	0,5	47,5		4	
q (m <sup>3</sup> /h)	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
Pérdida de carga (Pa/m)	1	1		1	
a (m <sup>2</sup> )	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
v (m/s)	7,07	7,07	7,07	7,07	7,07
C <sub>0</sub> (r=d)			0,22		0,22
K			1		1
ΔP(Pa)	0,5	47,5	6,6	4	6,6

### 3.2.3. Cálculo de pérdida de carga total

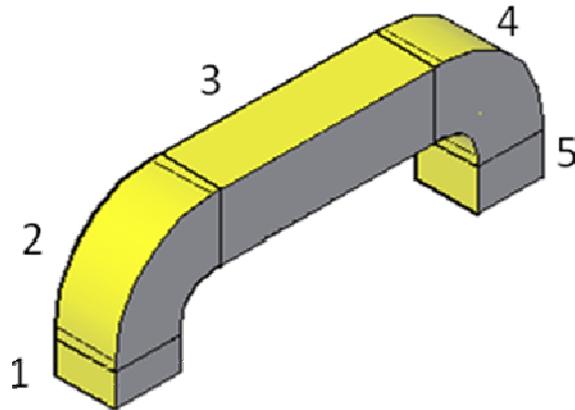
La Pérdida de carga Total para el deshumidificador 6 se obtiene de la suma de todas las pérdidas de cargas en cada tramo y es de 68,05 Pa.

$$\Delta P_{T \text{ desh } 1} = 68,05 \text{ Pa}$$

La pérdida de carga total que el deshumidificador soporta es de 480 Pa, por lo que es posible utilizar el modelo seleccionado.

#### 4. CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA EN LOS CONDUCTOS DE ASPIRACIÓN DE AIRE CONTAMINADO EN LAS NAVES DE PREPARACION DE SUPERFICIES

Para el cálculo de las pérdidas de carga en el conducto de aspiración se procederá de la misma forma que en el de impulsión. Para ello se adjunta el esquema del conducto en el que se pueden identificar los tramos clasificándolos en dos grupos, uno el que se calculará las pérdidas de carga primarias, utilizando los gráficos de rozamiento y el otro con pérdidas de carga secundarias, utilizando las expresiones y las tablas pertinentes.



##### 4.1. CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA PRIMARIAS

Para el cálculo de las pérdidas de carga primarias se utiliza el mismo procedimiento de cálculo que cuando el conducto es circular, por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga.

En los conductos rectangulares se calcula el diámetro equivalente que viene dado por la expresión:

$$d_{eq} = 1,3 \times \frac{(a \times b)^{0,625}}{(a + b)^{0,25}}$$

En este caso, dado que la sección es rectangular y los tramos tienen las siguientes dimensiones, el diámetro equivalente será

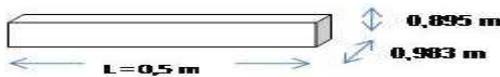
$$d_{eq} = 1,3 \times \frac{(0,983 \times 0,895)^{0,625}}{(0,983 + 0,895)^{0,25}} = 1,025 \text{ m}$$

a = 0,983 m

b = 0,895 m

Como se indica en el esquema de los conductos de la aspiración de aire contaminado de la nave de preparación de superficie los tramos para los que se calcularán las pérdidas de carga primarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Dimensiones (m)	Longitud (m)	D eq (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
1	Recto de sección rectangular	895 x 983	0,5	1,025	40.000
3	Recto de sección rectangular	895 x 983	3,2	1,025	40.000
5	Recto de sección rectangular	895 x 983	0,6	1,025	40.000



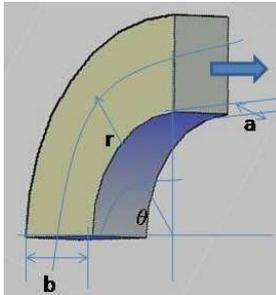
#### 4.2. CALCULO DE LAS PERDIDAS DE CARGA SECUNDARIAS

El proceso de cálculo es el mismo que cuando el conducto es de sección circular, por lo que se muestra una tabla resumen con los valores de las pérdidas de carga.

Como se indica en el esquema de los conductos de la aspiración de aire contaminado de la nave de preparación de superficie los tramos para los que se calcularán las pérdidas de carga primarias son los que siguen.

Tramo	Descripción	Dimensiones (m)	D eq (m)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
2	Codo suave rectangular 90º	895 x 983	1,025	40.000
4	Codo suave rectangular 90º	895 x 983	1,025	40.000

El tramo 2 es un accesorio de codo de sección rectangular por el que circula 40.000 m<sup>3</sup>/h de aire.



$$a = 0,895 \text{ m}$$

$$b = 0,983 \text{ m}$$

$$\Delta P = C \times \rho \times \frac{v^2}{2}$$

		C <sub>0</sub>										
		a/b										
r/b		0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5	6	8
0,5		1,53	1,38	1,29	1,18	1,06	1	1	1,06	1,12	1,16	1,18
0,75		0,57	0,52	0,48	0,44	0,4	0,39	0,39	0,4	0,42	0,43	0,44
1		0,27	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,18	0,19	0,2	0,27	0,21
1,5		0,22	0,2	0,19	0,17	0,15	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
2		0,2	0,18	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15

θ	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
K	0	0,31	0,45	0,6	0,78	0,9	1	1,13	1,2	1,28	1,4

$$C = C_0 \times K \quad v_p = \frac{40000/3600}{0,880} = 12,63 \text{ m/s}$$

De la tabla se obtiene el valor de C<sub>0</sub> y K,

La pérdida de carga en el tramo 2 es de 20,097 Pa

$$\Delta P = 0,21 \times 1,2 \times \frac{12,629^2}{2} = 20,097 \text{ Pa}$$

El tramo 4 es un accesorio de codo de sección rectangular por el que circula un caudal de 40.000 m<sup>3</sup>/h. Siguiendo el mismo procedimiento que para el tramo 2, se obtiene una pérdida de carga de 20,097 Pa

$$\Delta P = 0,21 \times 1,2 \times \frac{12,629^2}{2} = 20,097 \text{ Pa}$$

A continuación se exponen tabla resumen para cada una de las pérdidas de carga de los conductos del sistema de aspiración de aire contaminado de las naves de preparación de superficies.

Filtro	Tramo				
Dimensiones	1	2	3	4	5
a (m)	0,895	0,895	0,895	0,895	0,895
b (m)	0,983	0,983	0,983	0,983	0,983
L (m)	0,5		3,2		0,6
d eq (m)	1,025	1,025	1,025	1,025	1,025
q (m <sup>3</sup> /h)	40.000	40.000	40.000	40.000	40.000
a (m <sup>2</sup> )	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
v (m/s)	12,63	12,63	12,63	12,63	12,63
Pérdida de carga (Pa/m)	1,5		1,5		1,5
a/b		0,91		0,91	
C <sub>0</sub>		0,21		0,21	
K		1		1	
ΔP(Pa)	0,75	20,098	4,8	20,098	0,9

### 4.3. CALCULO DE PERIDA DE CARGA TOTAL

La Pérdida de carga Total para el cada uno de los cuatro sistemas de filtración por cartucho, se obtiene de la suma de todas las pérdidas de cargas en cada tramo y es de 46,64 Pa.

$$\Delta P_{T \text{ desh } 1} = 46,64 \text{ Pa}$$

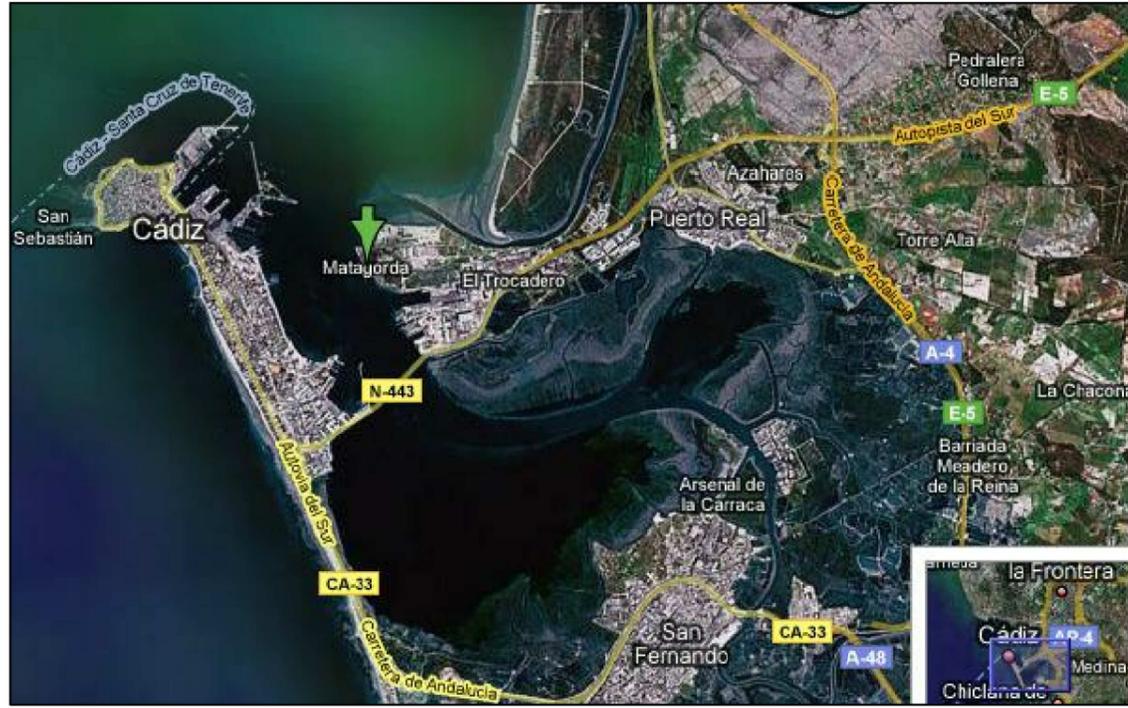
La pérdida de carga total que el deshumidificador soporta es de 670 Pa, por lo que es posible utilizar el modelo seleccionado.



**PLANOS**

## **PLANOS**

- 1. PLANO DE SITUACION**
- 2. PLANO DE DISTRIBUCION**
- 3. NAVE TIPO 1 DE PREPRARACION DE SUPERFICIE**
- 4. NAVE TIPO 1 DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS**
- 5. NAVE TIPO 2 DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS**
- 6. DESHUMIDIFICADOR Nº 1 Y Nº 3**
- 7. DESHUMIDIFICADOR Nº 2 Y Nº 4**
- 8. DESHUMIDIFICADOR Nº 5 Y Nº 6**
- 9. DETALLE DE DESHUMIDIFICADORES Y EXTRACTOR**
- 10. ISOMETRICA NAVE Nº 1, Nº 2 Y Nº 3**
- 11. ISOMETRICA NAVE Nº 4 Y Nº 5**
- 12. ISOMETRICA NAVE Nº 6**
- 13. ISOMETRICA DESHUMIDIFICADOR Nº 1, Nº 2 Y Nº 5**



ESCALA 1:100000



ESCALA 1:25000

DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO,  
PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS

FIRMA:

PLANO DE SITUACIÓN

VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ

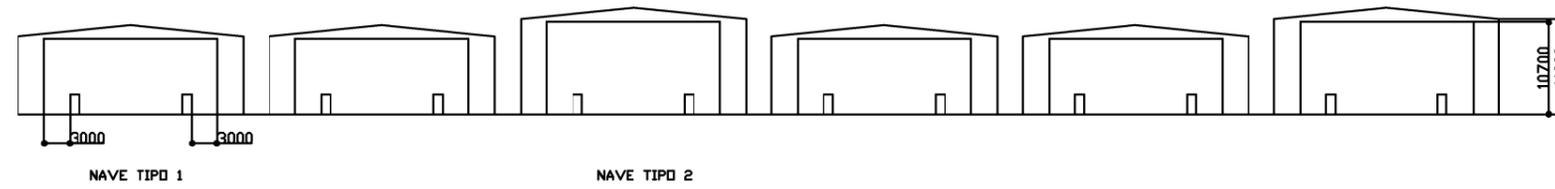
PLANO Nº:

1

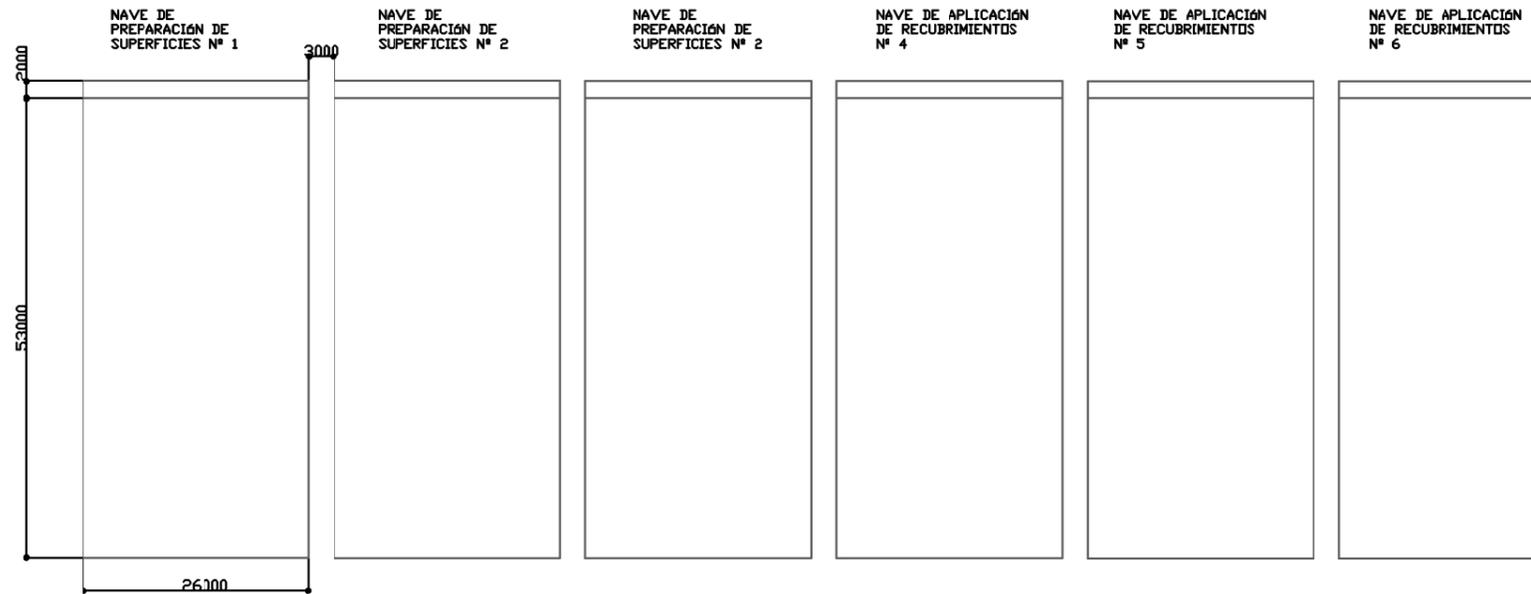
FACULTAD DE CIENCIAS

FECHA:  
27-11-07

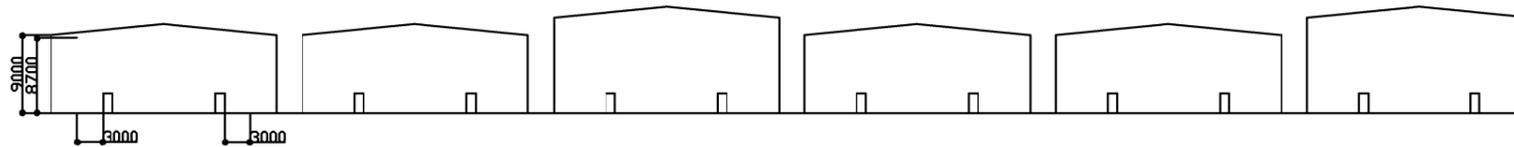
ESCALA:  
Varias



ALZADO FRONTAL E. 1:800

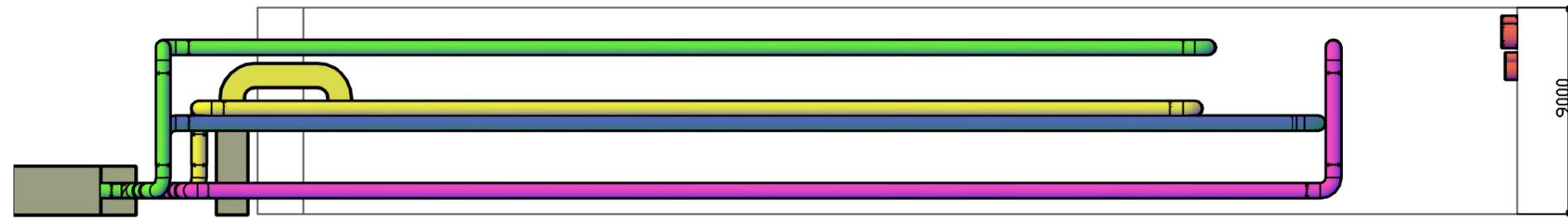


PLANTA E. 1:800

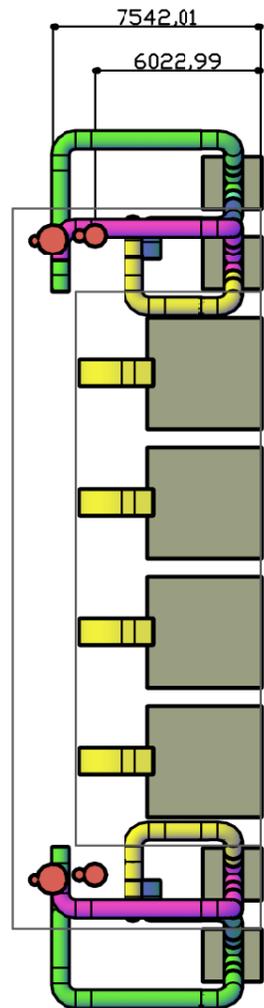


VISTA POSTERIOR E. 1:800

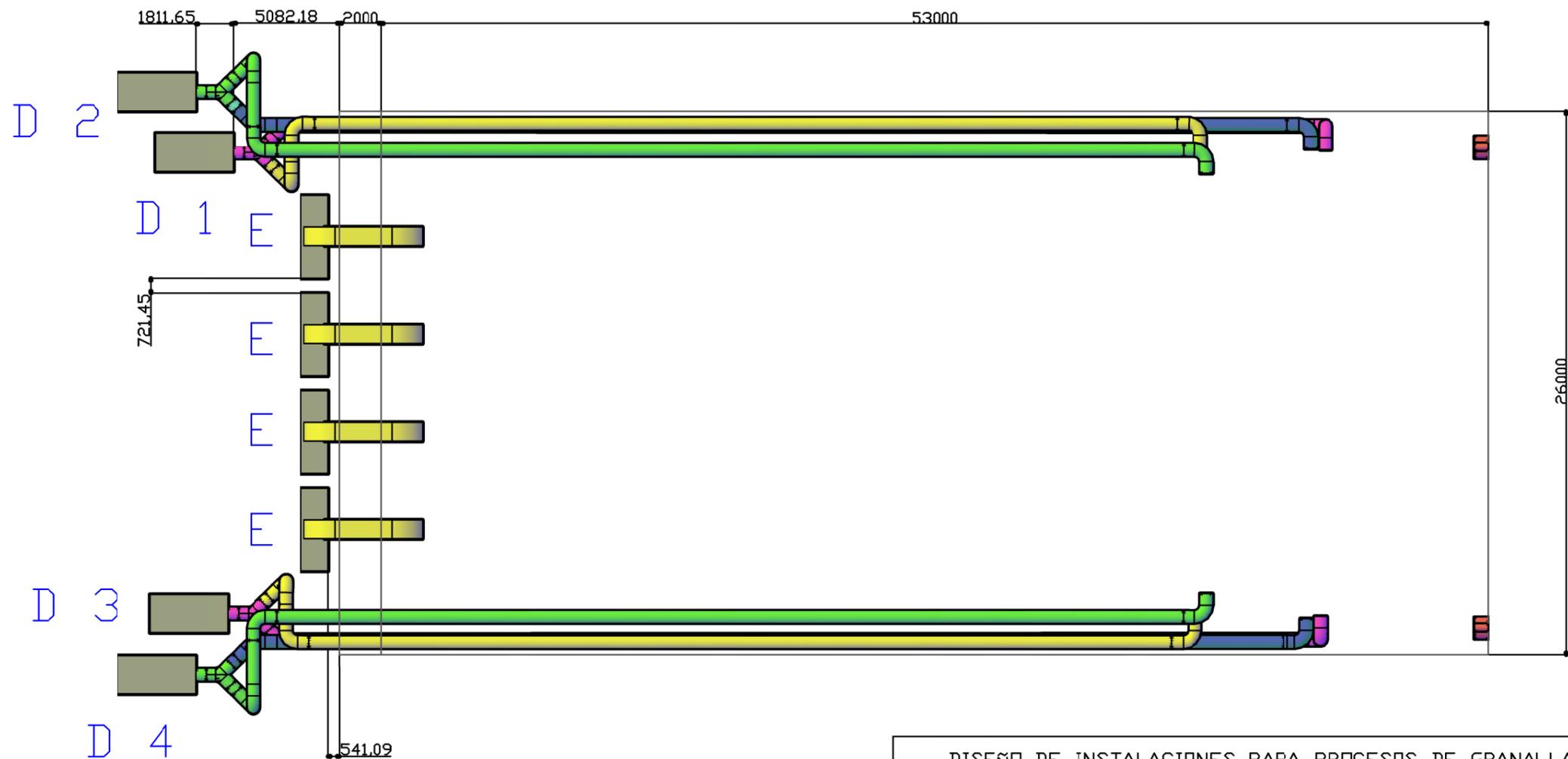
DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO, PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS			
FIRMA:	PLANO DE DISTRIBUCIÓN		
	VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ		PLANO Nº: 2
	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA: 27-11-07	ESCALA: 1:800



ALZADO E. 1:250



PERFIL E. 1:250

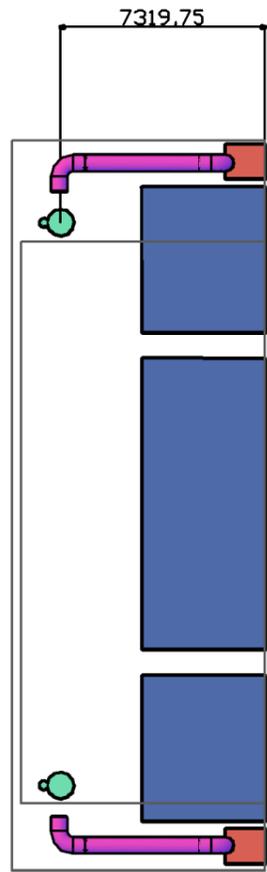


PLANTA E. 1:250

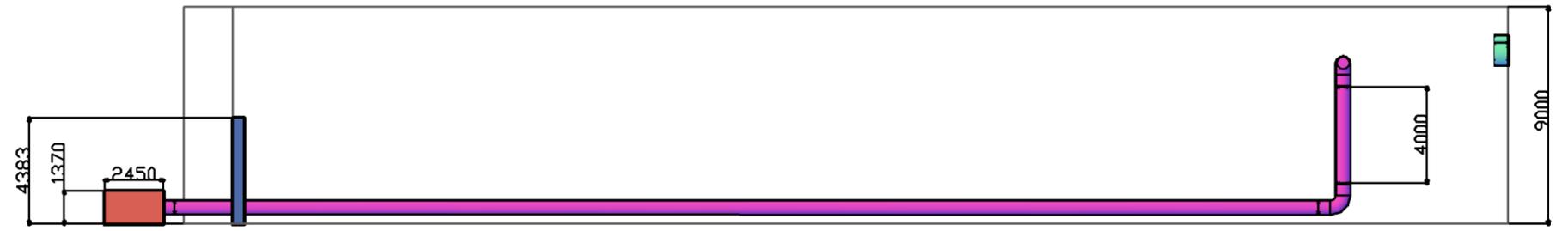
DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO, PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS			
FIRMA:	NAVE TIPO 1 DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIES		
	VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ		PLANO Nº: 3
	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA: 27-11-07	ESCALA: 1:250

NOTA:

LA NAVE TIPO 2 (NAVE 3) PRESENTA LAS MISMAS INSTALACIONES QUE LA NAVE TIPO 1 (NAVE 1 Y 2) EXCEPTUANDO LA ALTURA DE LA NAVE, QUE SERA DE 11 METROS.



PERFIL E. 1:250



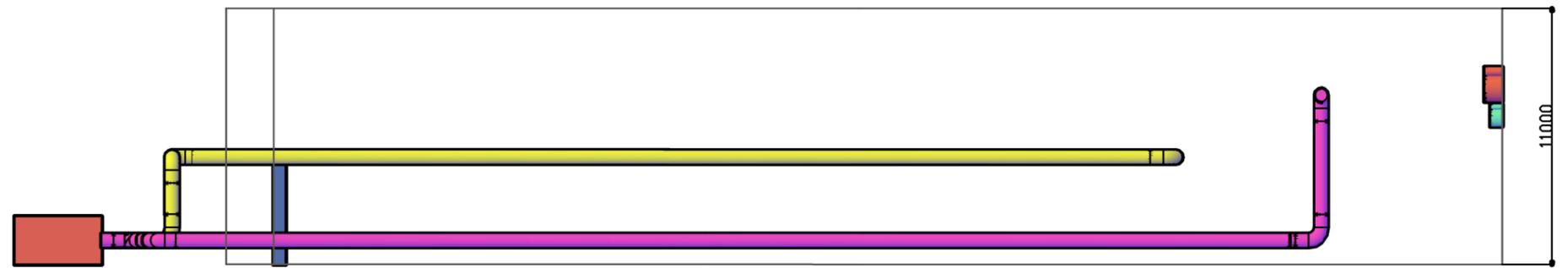
ALZADO E. 1:250



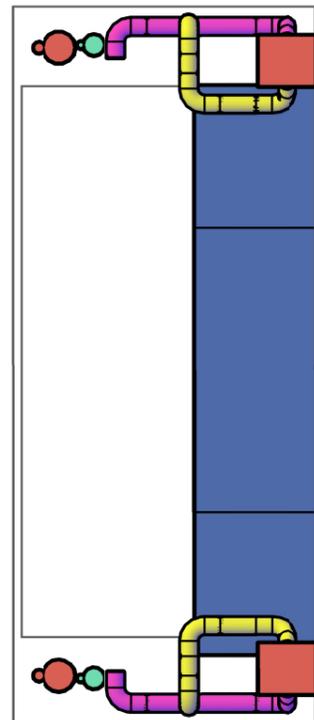
PLANTA E. 1:250

NOTA:  
ESTE PLANO REPRESENTA A LAS NAVES Nº 4 Y Nº 5

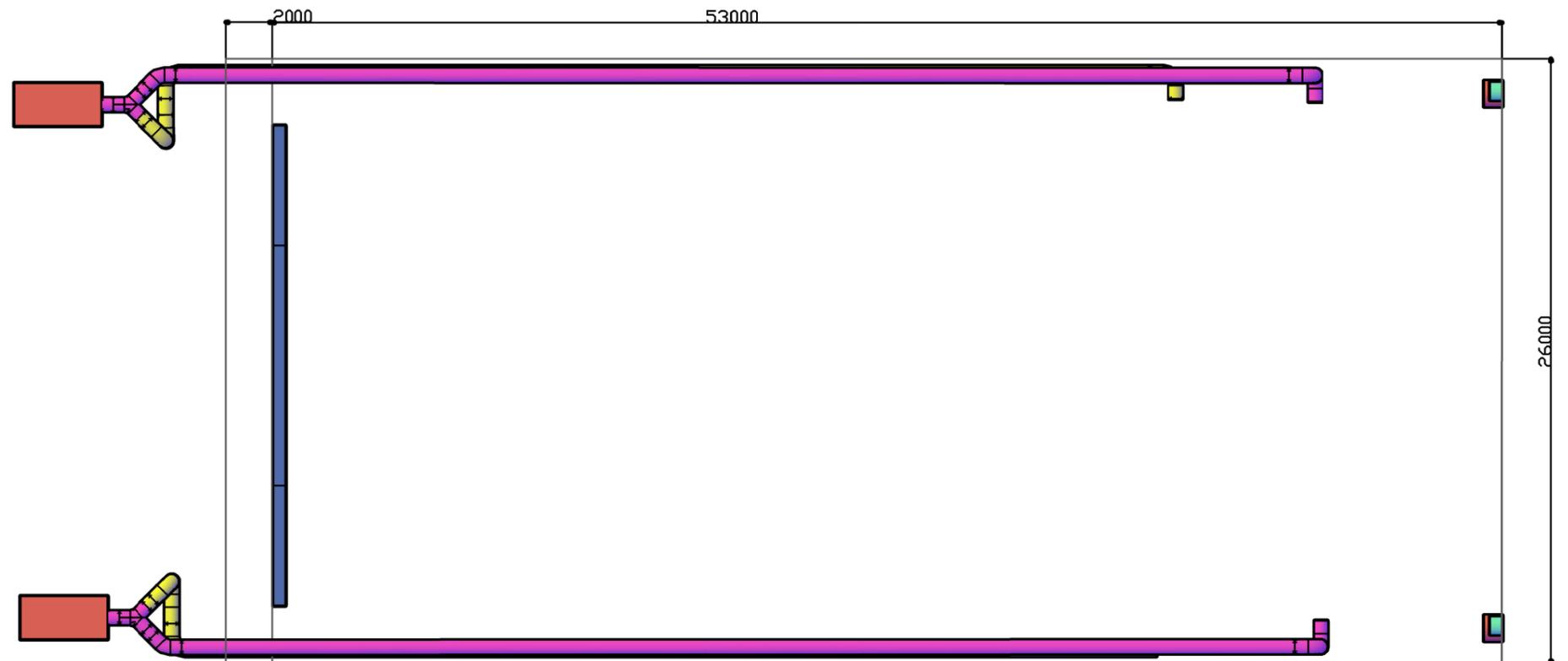
DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO, PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS			
FIRMA:	NAVE TIPO 1 DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS		
	VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ		PLANO Nº: 4
	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA: 27-11-07	ESCALA: 1:250



ALZADO E. 1:250



PERFIL E. 1:250



PLANTA E. 1:250

DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO,  
PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS

FIRMA:

NAVE TIPO 2 DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS

VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ

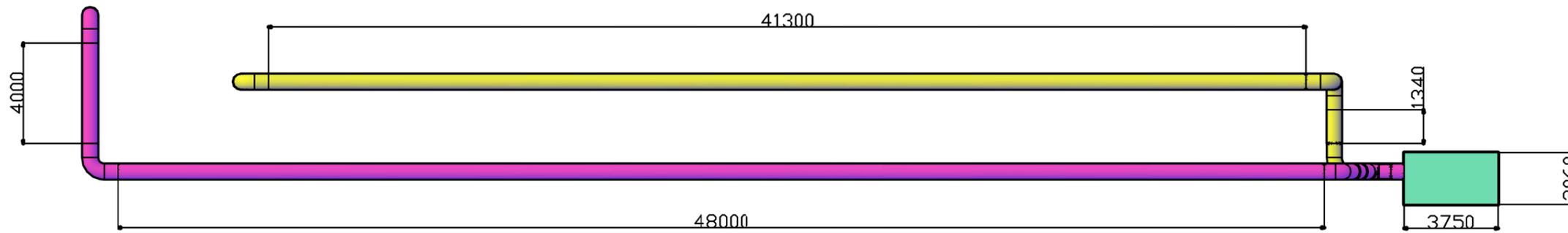
PLANO Nº:

5

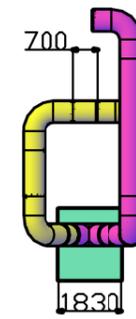
FACULTAD DE CIENCIAS

FECHA:  
27-11-07

ESCALA:  
1:250



ALZADO E. 1:200



PERFIL E. 1:200



PLANTA E. 1:200

NOTA:

TODOS LOS CONDUCTOS SON DE CHAPA GALVANIZADA  
 TODOS LOS CONDUCTOS SON DE 560 mm DE DIAMETRO  
 TODOS LOS CODOSON SON DE 90° EXCEPTO INDICADOS EN PLANO  
 TODOS LOS RADIOS DE GIRO SON DE 560 mm  
 LOS CONDUCTOS DEL DESHUMIFICADOR Nº 3 PRESENTAN SIMETRIA FRENTE AL Nº 1

DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO,  
 PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS

FIRMA:

DESHUMIFICADOR Nº 1 Y Nº 3

VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ

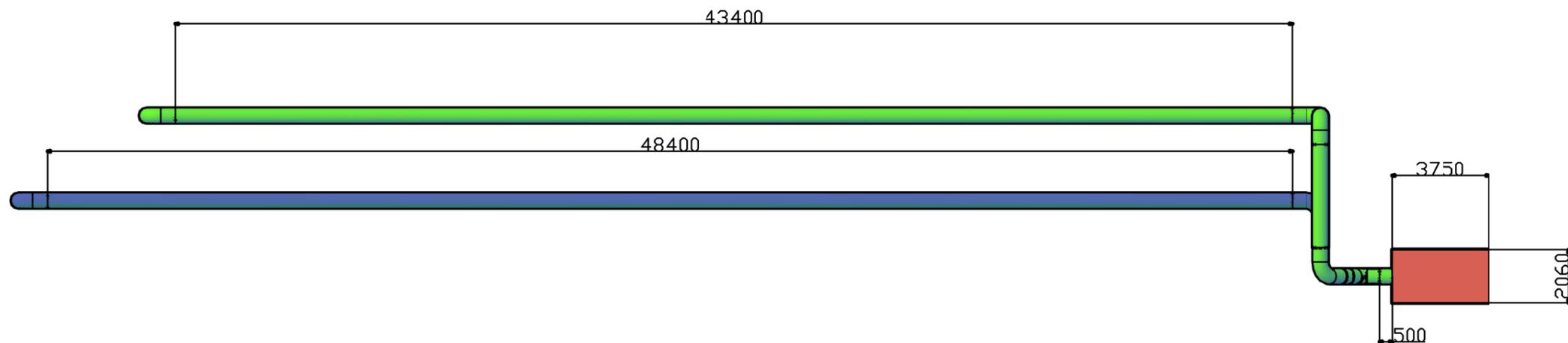
PLANO Nº:

6

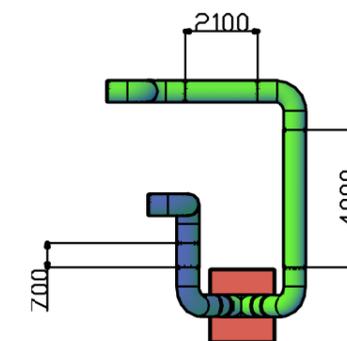
FACULTAD DE CIENCIAS

FECHA:  
 27-11-07

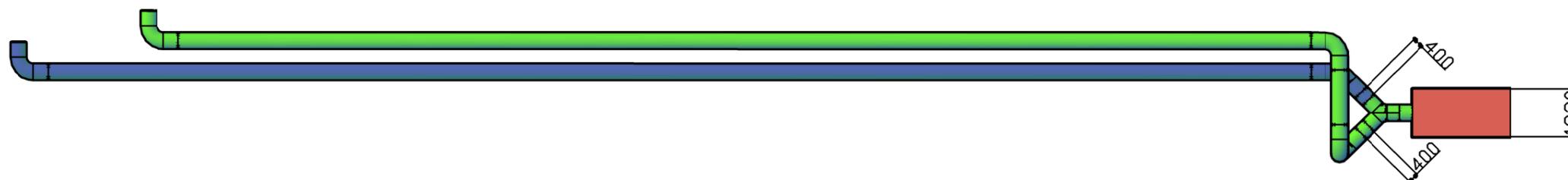
ESCALA:  
 1:200



ALZADO E. 1:200



PERFIL E. 1:200



PLANTA E. 1:200

NOTA:

TODOS LOS CONDUCTOS SON DE CHAPA GALVANIZADA  
 TODOS LOS CONDUCTOS SON DE 560 mm DE DIAMETRO  
 TODOS LOS CODOSON SON DE 90°  
 TODOS LOS RADIOS DE GIRO SON DE 560 mm  
 LOS CONDUCTOS DEL DESHUMIFICADOR Nº 4 PRESENTAN SIMETRIA FRENTE AL Nº 2

DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO,  
 PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS

FIRMA:

DESHUMIFICADOR Nº 2 Y Nº 4

VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ

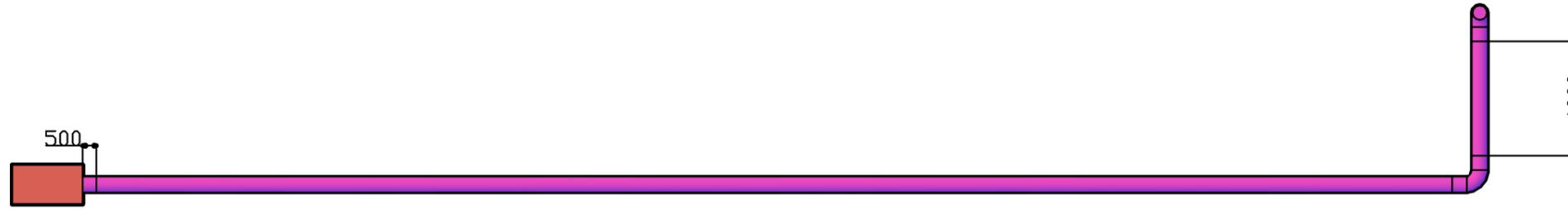
FACULTAD DE CIENCIAS

FECHA:  
27-11-07

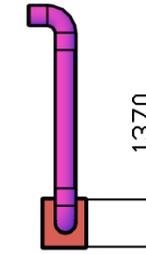
PLANO Nº:

7

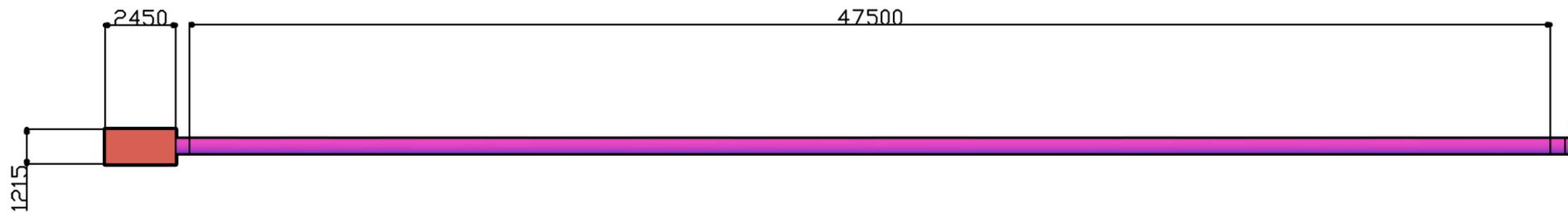
ESCALA:  
1:200



ALZADO E. 1:200



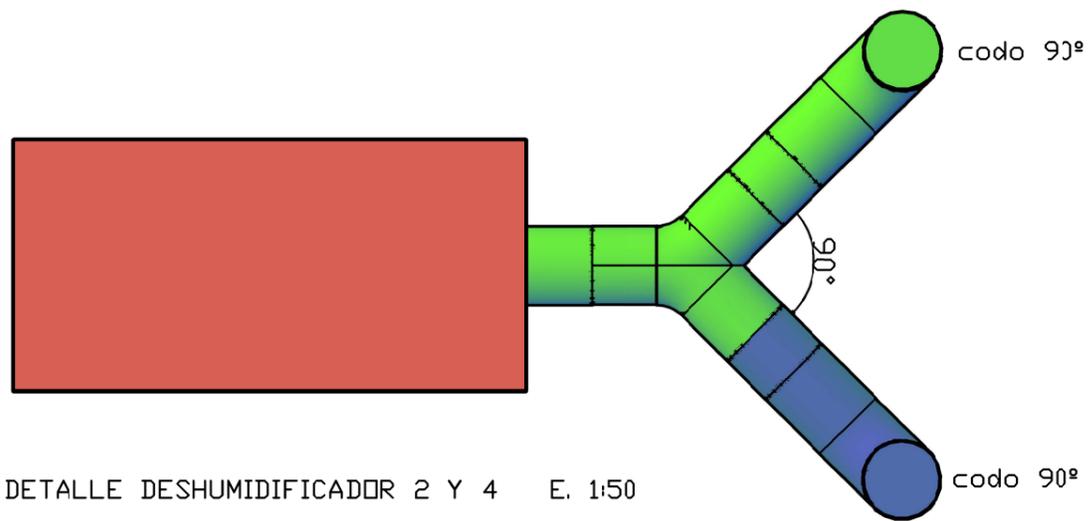
PERFIL E. 1:200



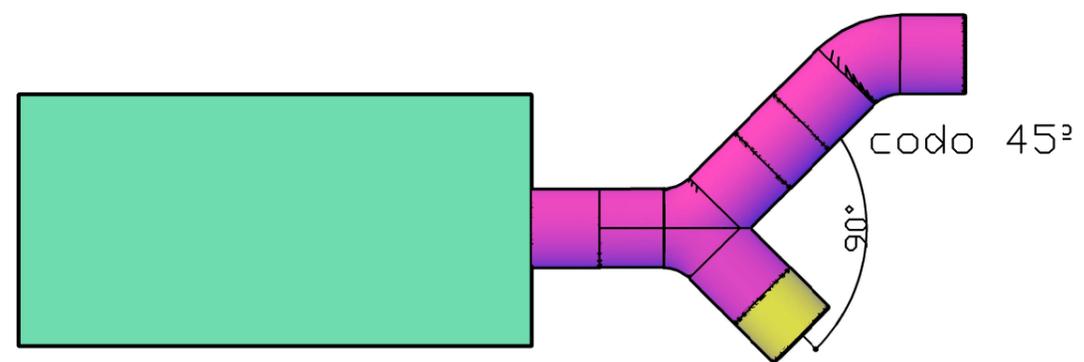
PLANTA E. 1:200

NOTA:  
 TODOS LOS CONDUCTOS SON DE CHAPA GALVANIZADA  
 TODOS LOS CONDUCTOS SON DE 500 mm DE DIAMETRO  
 TODOS LOS CODOS SON DE 90°  
 TODOS LOS RADIOS DE GIRO SON DE 500 mm  
 LOS CONDUCTOS DEL DESHUMIFICADOR Nº 6 PRESENTAN SIMETRIA FRENTE AL Nº 5

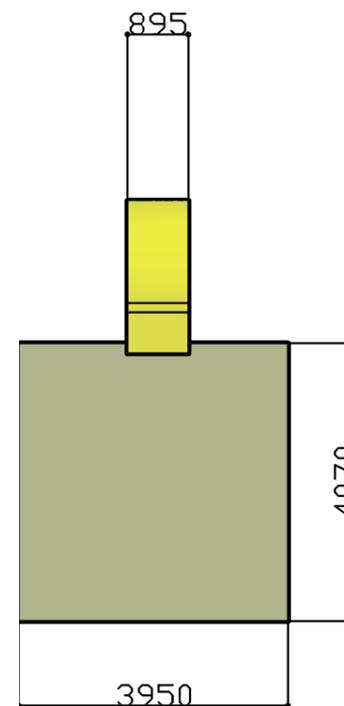
DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO, PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS			
FIRMA:	DESHUMIFICADOR Nº 5 Y Nº 6		
	VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ		PLANO Nº: 8
	FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA: 27-11-07	ESCALA: 1:200



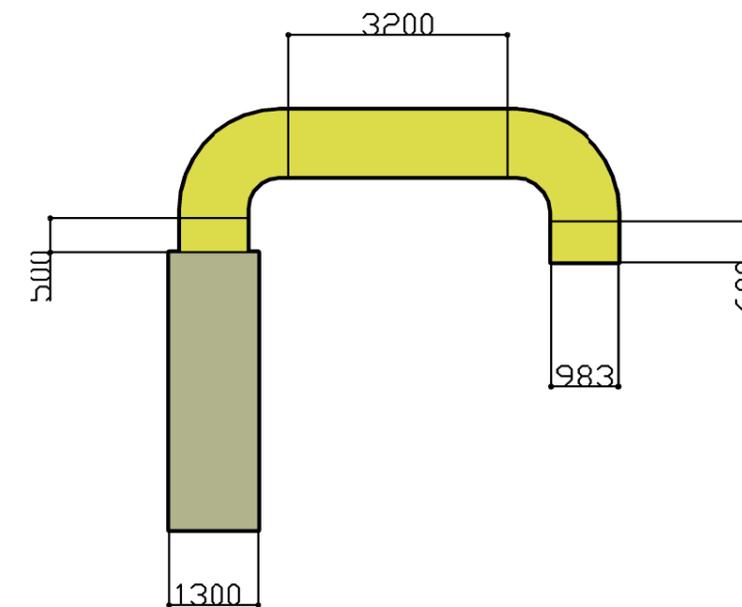
DETALLE DESHUMIDIFICADOR 2 Y 4 E. 1:50



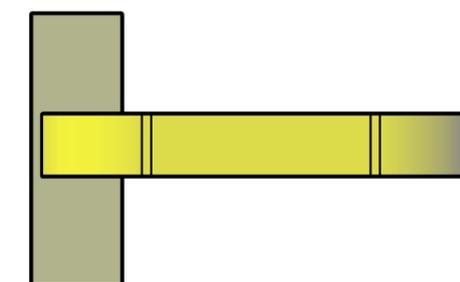
DETALLE DESHUMIDIFICADOR 1 Y 3 E. 1:50



PERFIL DEL EXTRACTOR E. 1:100



ALZADO DEL EXTRACTOR E. 1:100



PLANTA DEL EXTRACTOR E. 1:100

NOTA:

TODOS LOS CONDUCTOS SON DE CHAPA GALVANIZADA  
 TODOS LOS CONDUCTOS DE LOS DESHUMIDIFICADORES SON DE 560 mm DE DIAMETRO  
 TODOS LOS RADIOS DE GIRO EN LOS DESHUMIDIFICADORES SON DE 560 mm  
 TODOS LOS RADIOS DE GIRO EN EL EXTRACTOR SON DE 983 mm  
 TODOS LOS CONDUCTOS DEL EXTRACTOR SON DE 983 x 895 mm

DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO,  
 PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS

FIRMA:

DETALLE DE DESHUMIDIFICADORES Y EXTRACTOR

VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ

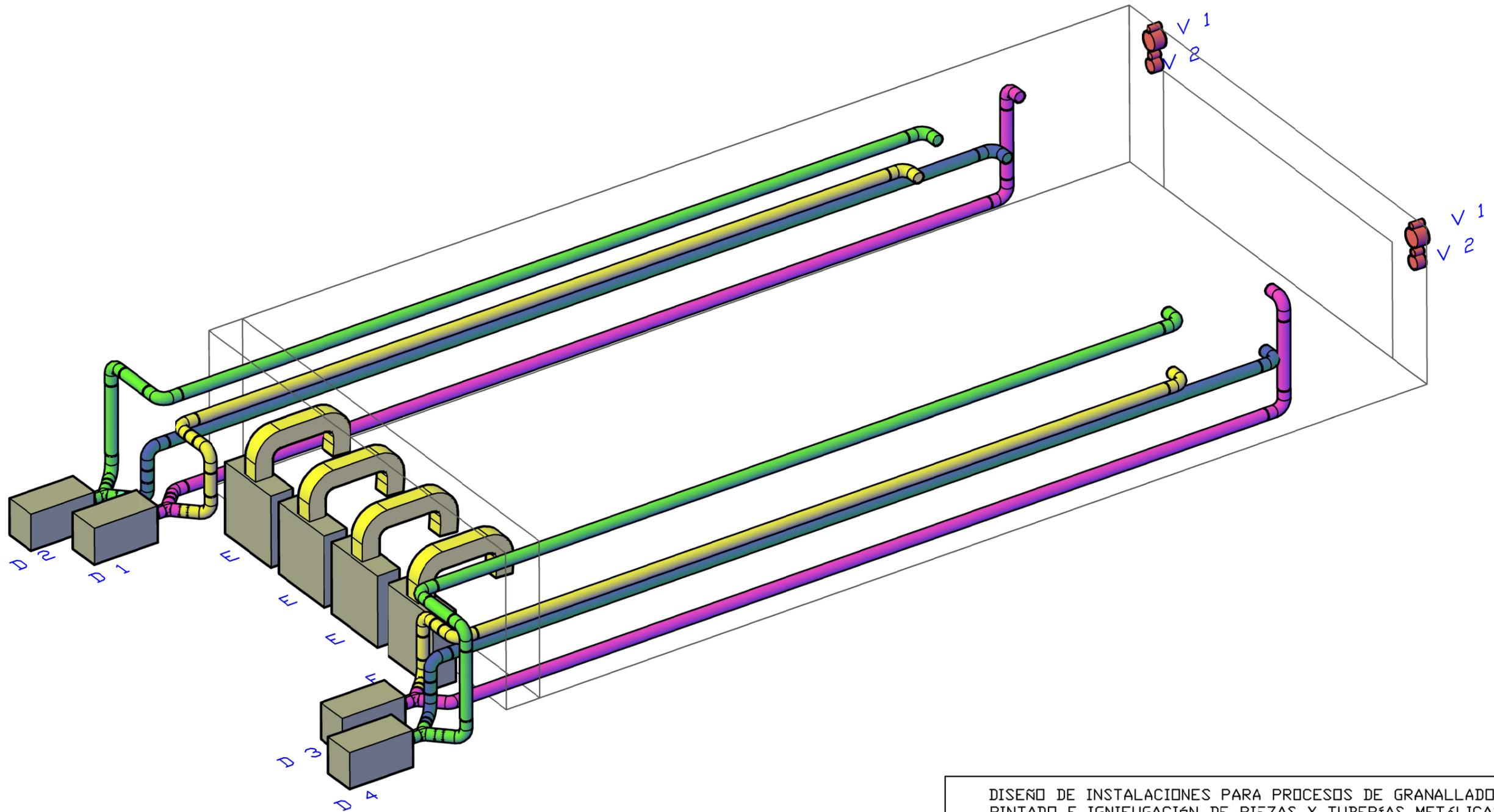
PLANO Nº:

9

FACULTAD DE CIENCIAS

FECHA:  
27-11-07

ESCALA:  
1:100  
1:50



DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO,  
PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS

FIRMA:

ISDMÉTRICA NAVE Nº 1, Nº 2 Y Nº 3

VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ

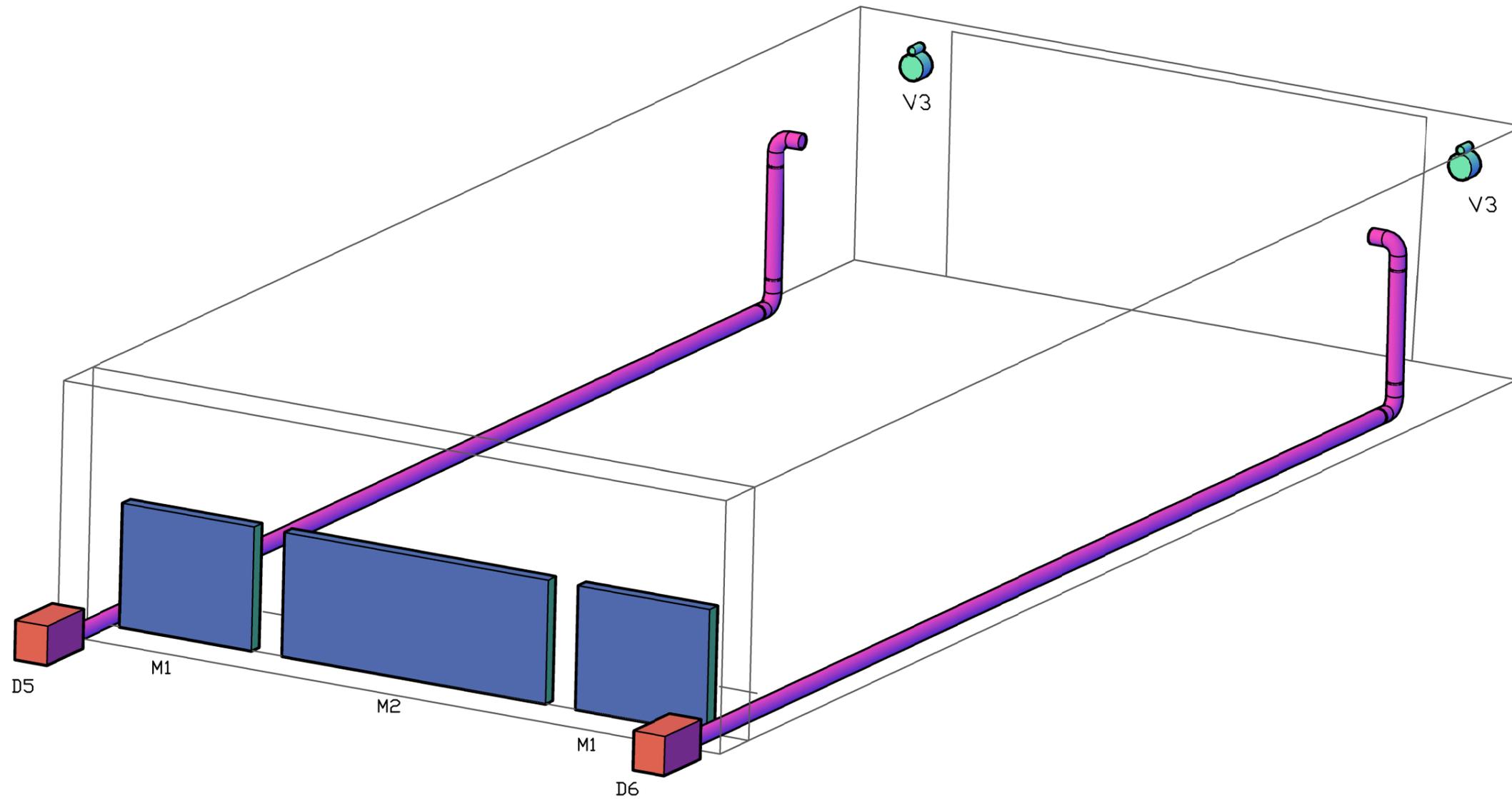
PLANO Nº:

10

FACULTAD DE CIENCIAS

FECHA:  
27-11-07

ESCALA:  
E/S



DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO,  
PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS

FIRMA:

ISOMÉTRICA NAVE Nº 4 Y Nº 5

VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ

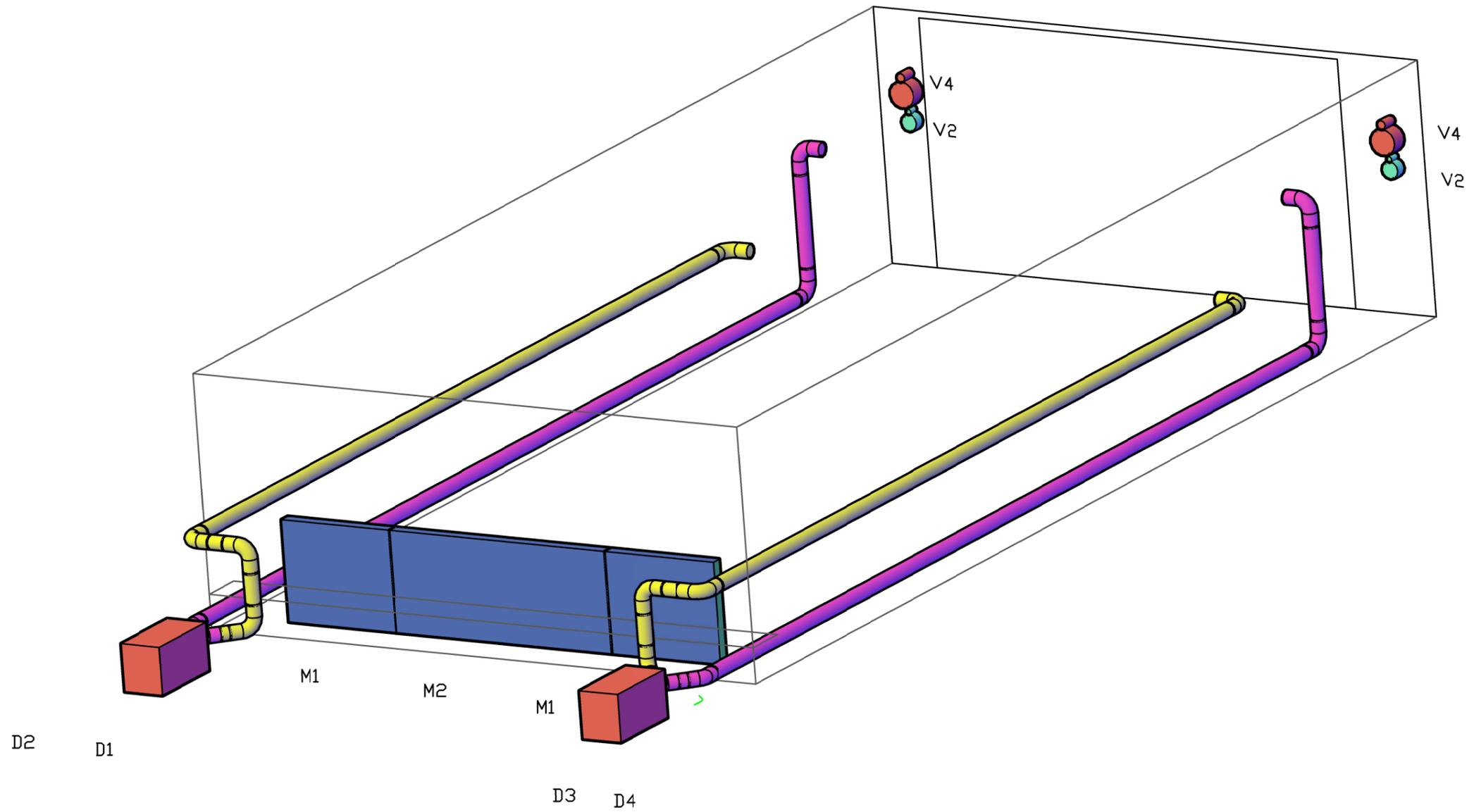
PLANO Nº:

11

FACULTAD DE CIENCIAS

FECHA:  
27-11-07

ESCALA:  
S/E



DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO,  
PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS

FIRMA:

ISOMÉTRICA NAVE Nº 6

VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ

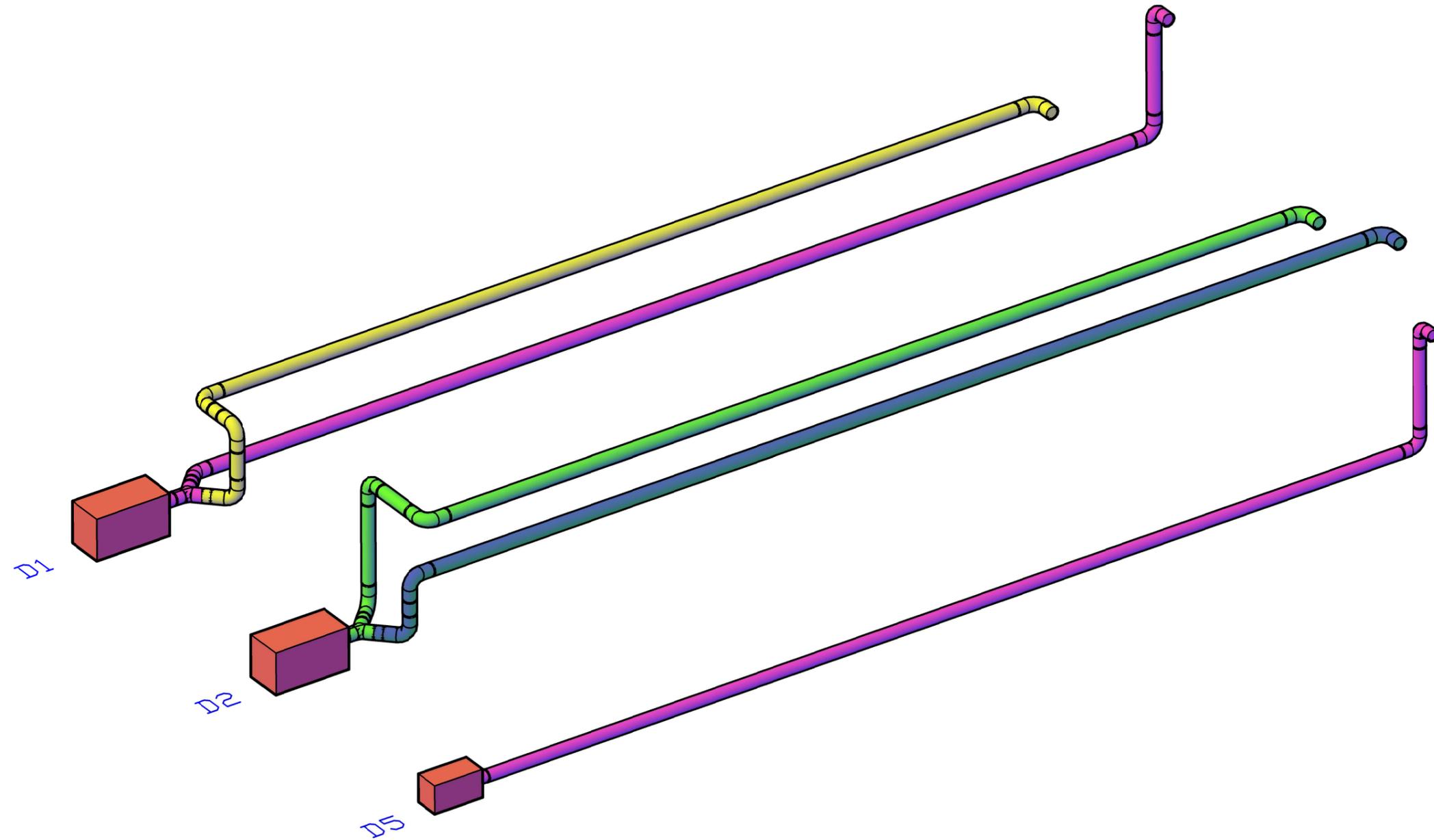
PLANO Nº:

12

FACULTAD DE CIENCIAS

FECHA:  
27-11-07

ESCALA:  
S/E



NOTA:

EL DESHUMIDIFICADOR Nº 1 PRESENTA SIMETRÍA CON EL Nº 3  
 EL DESHUMIDIFICADOR Nº 2 PRESENTA SIMETRÍA CON EL Nº 4  
 EL DESHUMIDIFICADOR Nº 5 PRESENTA SIMETRÍA CON EL Nº 6

DISEÑO DE INSTALACIONES PARA PROCESOS DE GRANALLADO,  
 PINTADO E IGNIFUGACIÓN DE PIEZAS Y TUBERÍAS METÁLICAS

FIRMA:

ISOMÉTRICA DE DESHUMIFICADOR Nº 1, Nº 2 Y Nº 5

VANESA ARAGÓN RODRÍGUEZ

PLANO Nº:

13

FACULTAD DE CIENCIAS

FECHA:  
 27-11-07

ESCALA:  
 S/E



# **PLIEGO DE CONDICIONES**

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

<b>1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....</b>	<b>191</b>
1.1. APLICACIÓN DEL PLIEGO, DEFINICIÓN DE LAS OBRAS DE MONTAJE DE LAS INSTALACIONES Y ADJUDICACIÓN.....	191
1.2. DESARROLLO DEL CONTRATO, CONDICIONES ECONÓMICAS Y LEGALES.....	202
1.3. DESARROLLO DE LAS OBRAS, CONDICIONES TÉCNICO-ECONÓMICAS.....	219
<b>2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES.....</b>	<b>232</b>
2.1. NAVE DONDE SE REALIZAN TRABAJOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIES.....	232
2.1.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	232
2.1.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN.....	232
2.1.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE EXTRACCIÓN.....	235
2.1.4. FILTROS.....	235
2.2. NAVE DONDE SE REALIZAN TRABAJOS DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS.....	238
2.2.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	238
2.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE IMPULSIÓN.....	238
2.2.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE EXTRACCIÓN.....	242

## **PLIEGO DE CONDICIONES**

### **1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

#### **1.1. APLICACION DEL PLIEGO, DEFINICION DE LAS OBRAS DE MONTAJE DE LAS INSTALACIONES Y ADJUDICACION**

##### **1.1.1. Objeto del pliego**

El presente pliego tiene por objeto la ordenación, con carácter general, de las condiciones facultativas, económicas y legales que han de regir en los concursos y contratos destinados a la ejecución de los trabajos de montaje y obra de la planta del presente proyecto, siempre que expresamente se haga mención de este pliego en los particulares de cada una de las obras.

En este último supuesto, se entiende que el Contratista Adjudicatario de la obra se compromete a aceptar íntegramente todas y cada una de las cláusulas del presente Pliego General, a excepción de aquellas que expresamente queden anuladas o modificadas en el Pliego Particular de Condiciones de cada una de las obras.

##### **1.1.2. Proyecto**

El Proyecto definitivo, podrá comprender los siguientes documentos:

1.1.2.1. Una Memoria que considerará las necesidades a satisfacer y los factores de carácter general a tener en cuenta.

1.1.2.2. Los planos de conjunto y detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida.

1.1.2.3. Un Estado de Mediciones previstas para las diferentes unidades de obra. Este Estado de Mediciones vendrá diferenciado en dos grupos:

- *Obra característica:* En donde se incluirán exclusivamente aquellas unidades de obra que por su identidad, magnitud o importancia económica determinan las características esenciales de la obra a ejecutar.
- *Obra complementaria:* En donde se incluirán las unidades restantes que terminan de definir la obra. Asimismo quedan incluidas en este segundo apartado aquellas unidades que aun conociendo de antemano su futura necesidad, no se pueden definir en el proyecto.

1.1.2.4. El cuadro de precios nº 1

1.1.2.4.1. El cuadro de precios nº 2, conforme a lo establecido en el 1.1.7.2.

1.1.2.4.2. El Pliego Particular de Condiciones, que incluirá la descripción de la planta e instalaciones, especificaciones de los materiales y elementos constitutivos y normas para la ejecución de los trabajos, así como las bases económicas y legales que regirán en esa planta. Las condiciones de este Pliego Particular serán preceptivas y prevalecerán sobre las de este Pliego General en tanto las modifiquen o contradigan.

1.1.2.4.3. Plazos total y parciales de ejecución del montaje de la instalación

### 1.1.3. Documentación complementaria

Además de los documentos integrantes del Proyecto indicados en el apartado anterior, y del presente Pliego General, serán preceptivas las Normas Oficiales que se especifiquen en el Pliego Particular de Condiciones.

### 1.1.4. Concurso

La licitación de la obra y montaje de la planta se hará por Concurso Restringido, en el que la Propiedad convocará a las Empresas Constructoras que estime oportuno.

Los concursantes enviarán sus ofertas por triplicado, en sobre cerrado y lacrado, según se indique en la carta de petición de ofertas, a la dirección de la Propiedad. No se considerarán válidas las ofertas presentadas que no cumplan los requisitos citados anteriormente, así como los indicados en la Documentación Técnica enviada.

### 1.1.5. Retirada de la documentación de concurso

1.1.5.1. Los Contratistas, por sí mismos o a través de sus representantes, podrán retirar dicha documentación de las oficinas de la Propiedad cuando ésta no les hubiese sido enviada previamente.

1.1.5.2. La Propiedad se reserva el derecho de exigir, para la retirada de la documentación, un depósito que será reintegrado en su totalidad a los Contratistas que no hubiesen resultado adjudicatarios de la obra, previa devolución de dicha documentación.

### 1.1.6. Aclaraciones a los licitadores

Antes de transcurrido la mitad del plazo estipulado en las bases del Concurso, los Contratistas participantes podrán solicitar por escrito a la Propiedad las oportunas aclaraciones, en el caso de encontrar discrepancias, errores y omisiones en los Planos, Pliegos de Condiciones o en otros documentos de Concurso, o si se les presentase dudas en cuanto a su significado.

La Propiedad estudiará las peticiones de aclaración e información recibidas y las contestará mediante una nota que remitirá a todos los presupuestos licitadores, si estimase que la aclaración solicitada es de interés general.

Si la importancia y repercusión de la consulta así lo aconsejara, la Propiedad podrá prorrogar el plazo de presentación de ofertas, comunicándolo a todos los interesados.

#### 1.1.7. Presentación de la documentación de la oferta

Las Empresas que oferten en el concurso presentarán obligatoriamente los siguientes documentos en original y dos copias:

- 1.1.7.1. Cuadro de Precios nº 1. Consignando en letra y cifra los precios unitarios asignados a cada unidad de obra cuya definición figura en dicho cuadro. Estos precios deberán incluir el % de Gastos Generales, Beneficio Industrial y el IVA que facturarán independientemente. En caso de no coincidir las cantidades expresadas en letra y cifra, se considerará como válida la primera. En el caso de que existiese discrepancia entre los precios unitarios de los Cuadros de Precios Números 1 y 2, prevalecerá el del Cuadro nº 1.

1.1.7.2. Cuadro de Precios nº 2, en el que se especificará claramente el desglose de la forma siguientes:

1.1.7.2.1. Mano de obra por categorías, expresando el número de horas invertido por categoría y precio horario.

1.1.7.2.2. Materiales, expresando la cantidad que se precise de cada uno de ellos y su precio unitario.

1.1.7.2.3. Maquinaria y medios auxiliares, indicando tipo de máquina, número de horas invertido por máquina y precio horario.

1.1.7.2.4. Transporte, indicando en las unidades que lo precisen el precio por tonelada y kilómetro.

1.1.7.2.5. Varios y resto de obra que se incluirán las partidas directas no comprendidas en los apartados anteriores.

1.1.7.2.6. Porcentaje de Gastos Generales, Beneficio Industrial e IVA.

1.1.7.3. Presupuesto de Ejecución Material, obtenido al aplicar los precios unitarios a las mediciones del Proyecto. En caso de discrepancia entre los precios aplicados en el Presupuesto y los del Cuadro de Precios nº 1, obligarán los de este último.

Este presupuesto vendrá desglosado, de acuerdo a lo establecido en el apartado 1.1.2.3 en dos presupuestos: Presupuestos de Obra Características y Presupuestos de Obra

Complementarios, que en los sucesivos puntos de este Pliego recibirán esta denominación.

1.1.7.4. Presupuesto total, obtenido al incremental el Presupuesto de ejecución Material en sus dos apartados con el % de IVA.

1.1.7.5. Relación del personal técnico adscrito al montaje de la instalación y organigrama general de mismo durante el desarrollo del mismo.

1.1.7.6. Relación de maquinaria adscrita a la obra de montaje de la planta, expresando tipo de máquina, características técnicas fundamentales, años de uso de la máquina y estado general, asimismo relación de máquinas de nueva adquisición que se asignarán a la obra en caso de ser adjudicatario. Cualquier sustitución posterior de la misma debe ser aprobada por la Propiedad. Deberá incluirse asimismo un plan de permanencia de toda la maquinaria en obra.

1.1.7.7. Baremos horarios de mano de obra por categorías y de maquinaria para los trabajos de administración. Estos precios horarios incluirán el % de Gastos Generales y Beneficio Industrial y el IVA que facturarán independientemente.

1.1.7.8. Plan de obra detallado, en el que se desarrollarán en el tiempo las distintas unidades de obra a ejecutar, haciendo mención de los rendimientos medios a obtener.

1.1.7.9. Las empresas que oferten en el Concurso, deberán presentar una fianza a fijar por la Propiedad como garantía

de mantenimiento de la oferta durante el plazo establecido en cada caso de acuerdo con el apartado 1.1.9. Es potestativo de la Propiedad la sustitución de la fianza en metálico por un aval bancario.

1.1.7.10. Las propuestas económicas y documentación complementaria deberán venir firmadas por el representante legal o apoderado del ofertante quien, a petición de la Propiedad, deberá probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

1.1.8. Condiciones legales que debe reunir el contratista para poder ofertar

1.1.8.1. Capacidad para concurrir. Las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras que se hallen en plena posesión de su capacidad jurídica y de obrar.

No obstante, serán de aplicación a las empresas extranjeras las normas de ordenación de la industria y las que regulen las inversiones de capital extranjero, así como las que dicte el Gobierno sobre concurrencia de dichas empresas, antes de la licitación de estas obras.

1.1.8.2. Documentación justificativa para la admisión previa

1.1.8.2.1. Documento oficial o testimonio notarial del mismo que acredite la personalidad del solicitante.

1.1.8.2.2. Documento notarial justificativo de la representación ostentada por el firmante de la propuesta, así como documento oficial acreditativo de su personalidad.

1.1.8.2.3. Documento que justifique haber constituido la fianza provisional en las formas que se determinan en el apartado 1.1.7 del Pliego General de Condiciones

#### 1.1.9. Validez de las ofertas

No se considerará ninguna oferta que se presente fuera del plazo señalado en la carta de invitación o anuncio respectivo, o que no conste de todos los documentos que se señalan en el apartado 1.1.7.

Los concursantes se obligan a mantener la validez de sus ofertas durante un periodo mínimo de 90 días a partir de la fecha tope de recepción de ofertas, salvo que en la documentación de petición de ofertas se especifique otro plazo.

#### 1.1.10. Contradicciones y omisiones en la documentación

Lo mencionado, tanto en el Pliego General de Condiciones, como en el particular y omitido en los Planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviese expuesto en ambos documentos. En caso de contradicción entre los Planos y alguno de los mencionados Pliegos de Condiciones, prevalecerá lo escrito en estos últimos.

Las omisiones en los Planos y Pliego de Condiciones o las descripciones erróneas de los detalles de la obra que deban ser subsanadas para que pueda llevarse a cabo el espíritu o intención expuesto en los Planos y Pliegos de Condiciones o que, por uso y costumbres deben ser realizados, no sólo no eximen al Contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si hubieran sido completa y correctamente especificados en los Planos y Pliego de Condiciones.

#### 1.1.11. Planos provisionales y definitivos

1.1.11.1. Con el fin de poder acelerar los trámites de licitación y adjudicación de las obras y consecuente iniciación de las mismas, la Propiedad podrá facilitar a los Contratistas, para el estudio de su oferta, documentación de carácter provisional.

En tal caso, los planos que figuren en dicha documentación no serán válidos para construcción, sino que únicamente tendrán el carácter de informativos y servirán para formar ideas de los elementos que componen la obra, así como para obtener las mediciones aproximadas y permitir el estudio de los precios que sirven de base para el presupuesto de la oferta. Este carácter de planos de información se hará constar expresamente y en ningún caso podrán utilizarse dichos planos para la ejecución de ninguna parte de la obra.

1.1.11.2. Los planos definitivos se entregarán al Contratista con antelación suficiente a fin de no retrasar la preparación y ejecución de los trabajos

#### 1.1.12. Adjudicación del concurso

1.1.12.1. La Propiedad procederá a la apertura de las propuestas presentadas por los licitadores y las estudiará en todos sus aspectos. La Propiedad tendrá alternativamente la facultad de adjudicar el concurso a la propuesta más ventajosa, sin atender necesariamente al valor económico de la misma, o declarar desierto el concurso. En este último caso, la Propiedad podrá libremente suspender definitivamente la licitación de las obras o abrir un nuevo concurso pudiendo introducir las variaciones que estime oportunas, en cuanto al sistema de licitación y relación de Contratistas ofertantes.

1.1.12.2. Transcurriendo el plazo indicado en el apartado 1.1.9 desde la fecha límite de presentación de la oferta sin que la Propiedad hubiese comunicado la resolución del concurso, podrán los licitadores que lo deseen, proceder a retirar sus ofertas, así como las fianzas depositadas como garantía de las mismas.

1.1.12.3. La elección del adjudicatario de la obra por parte de la Propiedad es irrevocable y, en ningún caso podrá ser impugnada por el resto de los Contratistas ofertantes.

1.1.12.4. La Propiedad comunicará al ofertante seleccionado la adjudicación de las obras, mediante una cartea de intención. En el plazo máximo de un mes a partir de la fecha de esta carta, el Contratista a simple requerimiento de la Propiedad se prestará a formalizar en contrato definitivo. En tanto no se firme éste y se constituya la fianza definitiva, la Propiedad retendrá la fianza provisional depositada por el Contratista.

#### 1.1.13. Devolución de planos y documentación

1.1.13.1. Los Planos, Pliego de Condiciones y demás documentación del concurso entregada por la Propiedad a los concursantes, deberá ser devuelta después de la adjudicación del concurso, excepto por lo que respecta al Adjudicatario, que deberá conservarla sin poder reclamar la cantidad abonada por dicha documentación.

1.1.13.2. El plazo para devolver la documentación será de 30 días a partir de la notificación a los concursantes de la adjudicación del concurso, y su devolución tendrá lugar en las mismas oficinas de donde fue retirada.

1.1.13.3. La Propiedad, a petición de los concursantes no adjudicatarios, devolverá la documentación correspondiente a las ofertas en un plazo de 30 días a partir de haberse producido dicha petición.

1.1.13.4. La no devolución por parte de los Contratistas no adjudicatarios de la documentación del concurso dentro del plazo, lleva implícita la pérdida de los derechos de la devolución del depósito correspondiente a la referida documentación, si lo hubiese.

#### 1.1.14. Permisos a obtener por la Propiedad

Serán responsabilidad de la Propiedad la obtención de los permisos oficiales que más adelante se relacionan, siendo a su cargo todos los gastos que ocasionen por tal motivo.

- *Concesión de Aprovechamiento hidroeléctrico y termoeléctrico*
- *Autorización de Instalaciones eléctrica*
- *Aprobación de Proyectos de Replanteo*
- *Declaración de Utilidad Pública*
- *Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de subestaciones*
- *Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de líneas*
- *Autorizaciones especiales para la construcción y montaje de aprovechamientos hidroeléctricos y termoeléctricos.*

#### 1.1.15. Permisos a obtener por el Contratista

Serán a cuenta y cargo del Contratista, además de los permisos inherentes a su condición de tal, la obtención de los permisos que se relacionan:

- *Apertura del Centro de Trabajo*
- *Permisos para el transporte de obreros*
- *Autorización de barrancones, por el Ministerio de Fomento o Diputación, siempre que se encuentren en la zona de influencia de carreteras y, en cualquier caso la Licencia Municipal*
- *Autorización para la instalación y funcionamiento de escuelas, botiquines y economatos*
- *Alta de talleres en Industria y Hacienda*
- *Autorización de Industria para las Instalaciones Eléctricas provisionales*

## 1.2. DESARROLLO DEL CONTRATO, CONDICIONES ECONÓMICAS Y LEGALES

### 1.2.1. Contrato

1.2.1.1. A tenor de lo dispuesto en el apartado 1.1.12, el Contratista, dentro de los 30 días siguientes a la comunicación de la adjudicación y a simple requerimiento de la Propiedad, depositará la fianza definitiva y formalizará el Contrato en el lugar y fecha que se le notifique oficialmente.

1.2.1.2. El Contrato tendrá carácter de documento privado, pudiendo ser elevado a público a instancias de una de las partes, siendo en este caso a cuenta del Contratista los gastos que ello origine.

1.2.1.3. Una vez depositada la fianza definitiva y firmado el Contrato, la Propiedad procederá a petición del interesado, a devolver la fianza provisional si la hubiera.

1.2.1.4. Cuando por causas imputables al Contratista no se pudiera formalizar el Contrato en el plazo, la Propiedad podrá proceder a anular la adjudicación, con incautación de la fianza provisional.

1.2.1.5. A efectos de los plazos de ejecución de las obras, se considerará como fecha el comienzo de las mismas, la que se especifique en el Pliego Particular de Condiciones y en su defecto la de la orden de comienzo de los trabajos. Esta orden se comunicará al Contratista en un plazo no superior a 90 días a partir de la firma del contrato.

1.2.1.6. El contrato será firmado por parte del Contratista, por su representante legal o apoderado, quién deberá probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

## 1.2.2. Gastos e impuestos

Todos los gastos e impuestos de cualquier orden que por disposición del Estado, Provincia o Municipio se deriven del contrato, y estén vigentes en la fecha de la firma del mismo, serán por cuenta del Contratista, con excepción del IVA.

## 1.2.3. Fianzas provisional, definitiva y fondo de garantía

### 1.2.3.1. Fianza Provisional

La Fianza Provisional del mantenimiento de las ofertas se constituirá por los Contratistas ofertantes por la cantidad que se fije en las bases de licitación. Esta fianza se depositará al tomar parte en el concurso y se hará en efectivo.

Por lo que al plazo de mantenimiento, alcance de la fianza y devolución de la misma se refiere, se atenderá a lo establecido en los apartados 1.1.7, 1.1.9 y 1.1.12 del presente Pliego General.

#### 1.2.3.2. Fianza Definitiva

A la firma del contrato, el Contratista deberá constituir la fianza definitiva por un importe igual al 5% del Presupuesto Total de Adjudicación.

En cualquier caso la Propiedad se reserva el derecho de modificar el anterior porcentaje, estableciendo previamente en las bases del concurso el importe de esta fianza.

La fianza se constituirá en efectivo o por Aval Bancario realizable a satisfacción de la Propiedad. En el caso de que el Aval Bancario sea prestado por varios Bancos, todos ellos quedarán obligados solidariamente con la Propiedad y con renuncia expresa a los beneficios de división y exclusión. El modelo de Aval Bancario será facilitado por la Propiedad debiendo ajustarse obligatoriamente el Contratista a dicho modelo.

La fianza tendrá carácter de irrevocable desde el momento de la firma del contrato, hasta la liquidación final de las obras y será devuelta una vez realizada ésta.

Dicha liquidación seguirá a la recepción definitiva de la obra que tendrá lugar una vez transcurrido el plazo de garantía a partir de la fecha de la recepción provisional. Esta fianza inicial responde del cumplimiento de todas las obligaciones del Contratista, y quedará a beneficio de la Propiedad en los casos de abandono del trabajo o de rescisión por causa imputable al Contratista.

#### 1.2.3.3. Fondo de garantía

Independientemente de esta fianza, la Propiedad retendrá el 5% de las certificaciones mensuales, que se irán acumulando hasta constituir un fondo de garantía.

Este fondo de garantía responderá de los defectos de ejecución o de la mala calidad de los materiales suministrados por el Contratista, pudiendo la Propiedad realizar con cargo a esta cuenta las reparaciones necesarias, en caso de que el contratista no ejecutase por su cuenta y cargo dicha reparación.

Este fondo de garantía se devolverá una vez deducidos los importes a que pudiese dar lugar el párrafo anterior, a la recepción definitiva de las obras.

#### 1.2.4. Asociación de constructores

Si las obras licitadas se adjudicasen en común a un grupo o asociación de constructores, la responsabilidad será conjunta y solidaria, en relación al compromiso contraído por el grupo o asociación.

#### 1.2.5. Subcontratistas

El Contratista podrá subcontratar o destajar cualquier parte de la obra previa autorización de la Dirección de la misma, para lo cual deberá informar con anterioridad a ésta, del alcance y condiciones técnico-económicas del Subcontrato.

La Propiedad, a través de la Dirección de la obra, podrá en cualquier momento requerir del Contratista la exclusión de un Subcontratista por considerar al mismo incompetente, o que no reúne las necesarias condiciones, debiendo el Contratista tomar las medidas necesarias para la

rescisión de este Subcontrato, sin que por ello pueda presentar reclamación alguna a la Propiedad.

1.2.6. Relaciones entre la propiedad y el contratista y entre los diversos contratistas y subcontratistas

1.2.6.1. El Contratista está obligado a suministrar, en todo momento, cualquier información relativa a la realización del contrato de la que la Propiedad juzgue necesario tener conocimiento.

1.2.6.2. El Contratista debe ponerse oportunamente en relación con los demás Contratistas y suministradores, a medida que estos sean designados por la Propiedad, con el fin de adoptar de común acuerdo las medidas pertinentes para asegurar la coordinación de los trabajos y la seguridad de los trabajadores.

1.2.6.3. Cuando varios Contratistas y suministradores utilicen las instalaciones generales pertenecientes a uno de ellos, se pondrán de acuerdo sobre su uso suplementario y el reparto de los gastos correspondientes. Repartirán también entre ellos, proporcionalmente a su utilización, las cargas relativas a los caminos de acceso.

1.2.6.4. La Propiedad deberá estar permanentemente informada de los acuerdos tomados al amparo del párrafo anterior, para en el caso de presentarse dificultades o diferencias tomar la resolución que proceda, o designar el árbitro a quien haya de someterse dichas diferencias. En ningún caso, la Propiedad deberá encontrarse durante los trabajo en presencia de una situación de hecho que tuviese lugar por falta de información por parte del Contratista.

1.2.6.5. Cuando varios Contratistas trabajen en la misma obra, cada uno de ellos es responsable de los daños y perjuicios de toda clase que pudieran derivarse de su propia actuación.

#### 1.2.7. Domicilios y representaciones

1.2.7.1. El Contratista está obligado, antes de iniciarse las obras objeto del contrato a constituir un domicilio en la proximidad de las obras, dando cuenta a la Propiedad del lugar de ese domicilio.

1.2.7.2. Seguidamente a la notificación del contrato, la Propiedad comunicará al Contratista su domicilio a efectos de la ejecución del contrato, así como el nombre de su representante.

1.2.7.3. Antes de iniciarse las obras objeto del contrato, el contratista designará su representante a pie de obra y se lo comunicará por escrito a la Propiedad especificando sus poderes, que deberán ser lo suficientemente amplios para recibir y resolver en consecuencia las comunicaciones y órdenes de las representación de la Propiedad. En ningún caso constituirá motivo de excusa para el Contratista la ausencia de su representante a pie de obra.

#### 1.2.8. Obligaciones del Contratista en materia social

El Contratista estará obligado al cumplimiento de las disposiciones vigentes en materia laboral, de seguridad social y de seguridad e higiene en el trabajo.

1.2.8.1. El Contratista es responsable de las condiciones de seguridad e higiene en los trabajos, estando obligado a adoptar y hacer aplicar a su costa, las disposiciones vigentes sobre estas materias, en las medidas que dicte la Inspección de Trabajo y demás organismos competentes, así como las normas de seguridad complementarias que correspondan a las características de las obras contratadas.

1.2.8.2. A tal efecto, el Contratista debe establecer un Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios que especifique con claridad las medidas prácticas que, para la consecución de las precedentes prescripciones, estime necesario tomar en la obra.

Este Plan debe precisar las formas de aplicación de las medidas complementarias que correspondan a los riesgos de la obra con el objeto de asegurar eficazmente:

- *La seguridad de su propio personal, del de la Propiedad y de terceros*
- *La Higiene y Primeros Auxilios a enfermos y accidentados*
- *La seguridad de las instalaciones*

El Plan de Seguridad así concebido debe comprender la aplicación de las Normas de Seguridad que se encuentran contenidas en las Prescripciones de Seguridad y Primeros Auxilios redactadas por U.N.E.S.A.

El Plan de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios deberá ser comunicado a la Propiedad, en el plazo máximo que se señale en el Pliego de Condiciones Particulares y en su defecto, en el plazo de tres meses a partir de la firma del contrato. El

incumplimiento de este plazo puede ser motivo de resolución del contrato.

La adopción de cualquier modificación o ampliación al plan previamente establecido, en razón a la variación de las circunstancias de la obra, deberá ser puesta inmediatamente en conocimiento de la Propiedad.

1.2.8.3. Los gastos originados por la adopción de las medidas de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios son a cargo del Contratista y se considerarán incluidos en los precios del contrato.

Quedan comprendidas en estas medidas, sin que su enumeración las limite:

- *La formación del personal en sus distintos niveles profesionales en materia de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios, así como la información al mismo mediante carteles, avisos o señales de los distintos riesgos que la obra presente*
- *El mantenimiento del orden, limpieza, comodidad y seguridad en las superficies o lugares de trabajo, así como en los accesos a aquellos*
- *Las protecciones y dispositivos de seguridad en las instalaciones, aparatos y máquinas, almacenes, polvorines, etc..., incluida las protecciones contra incendios.*
- *El establecimiento de las medidas encaminadas a la eliminación de factores nocivos, tales como polvos,*

*humos, gases, vapores, iluminación deficiente, ruidos, temperatura, humedad y aireación deficiente, etc.*

- *El suministro a los operarios de todos los elementos de protección personal necesarios así como de las instalaciones sanitarias, botiquines, ambulancias, que las circunstancias hagan igualmente necesarias. Asimismo, el Contratista debe proceder a su costa el establecimiento de vestuarios, servicios higiénicos, servicio de comedor y menaje, barrancones, suministro de agua, etc., que las características en cada caso de la obra y la reglamentación determinen.*

1.2.8.4. Los Contratistas que trabajan en una misma obra deberán agruparse en el seno de un Comité de Seguridad formado por los representantes de las empresas; Comité que tendrá por misión coordinar las medidas de Seguridad, Higiene y Primeros Auxilios, tanto a nivel individual como colectivo.

De esta forma, cada Contratista debe designar un representante responsable ante el Comité de Seguridad. Las decisiones adoptadas por el Comité se aplicarán a todas las empresas, incluso a las que lleguen con posterioridad a la obra.

El Contratista remitirá a la representación de la Propiedad, confines de información, copia de cada declaración de accidente que cause baja en el trabajo, inmediatamente después de formalizar dicha baja.

1.2.9. Gastos de carácter general por cuenta del contratista.

1.2.9.1. Se entiende como tales los gastos de cualquier clase ocasionados por la comprobación del replanteo de la obra de instalación y montaje de la planta, los ensayos de materiales que deba realizar por su cuenta el Contratista; los de montaje y retirada de las construcciones auxiliares, oficinas, almacenes y cobertizos pertenecientes al contratista; los de protección de materiales y la propia obra contra todo deterioro.

1.2.9.2. Salvo que se indique lo contrario, será de cuenta del Contratista el montar, conservar y retirar las instalaciones para el suministro del agua y de la energía eléctrica necesaria para las obras de instalación de la planta y la adquisición de dichas aguas y energía.

1.2.9.3. Serán de cuenta el Contratista los gastos ocasionados por la retirada de la obra de los materiales rechazados, los de jornales y materiales para las mediciones periódicas para la redacción de certificaciones y los ocasionados por la medición final; los de pruebas, ensayos, reconocimientos y tomas de muestras para las recepciones parciales y totales, provisionales y definitivas, de las obras; la corrección de las deficiencias observadas en las pruebas, ensayos, etc., y los gastos derivados de los asientos o averías, accidentes o daños que se produzcan en estas pruebas y la reparación y conservación de las obras durante el plazo de garantía.

1.2.10. Gastos de carácter general por cuenta de la propiedad.

Serán por cuenta de la Propiedad los gastos originados por la inspección de las obras del personal de la Propiedad o contratados para este fin, la comprobación o revisión de las certificaciones, la toma de muestras y ensayos de laboratorio para comprobación periódica de calidad de

materiales y obras realizadas, salvo los indicados en el 1.2.9, y el transporte de los materiales suministrados por la Propiedad, hasta el almacén de obra, sin incluir su descarga ni los gastos de paralización de vehículos por retrasos en la misma.

Así mismo, serán a cargo de la Propiedad los gastos de primera instalación, conservación y mantenimiento de sus oficinas de obra, residencias, poblado, botiquines, laboratorios y cualquier otro edificio e instalación perteneciente a la Propiedad y utilizados por el personal empleado de esta empresa, encargado por la dirección y vigilancia de las obras.

#### 1.2.11. Indemnizaciones por cuenta del contratista

Serán de cuenta del Contratista la reparación de cualquier daño que pueda ocasionar sus instalaciones y construcciones auxiliares en propiedades particulares y los producidos en las operaciones realizadas para la ejecución de las obras de montaje e instalación.

#### 1.2.12. Revisión de precios

1.2.12.1. La Propiedad adoptará para las revisiones de los precios el sistema de fórmulas polinómicas vigentes para las obras del Estado y Organismos Autónomos, establecido por el Decreto-Ley 2/1964 de 4 de Febrero (B.O.E. de 6-II-64), especialmente en lo que a su artículo 4 se refiere.

1.2.12.2. En el Pliego Particular de Condiciones de la obra, se establecerá la fórmula o fórmulas polinómicas a emplear, adoptando de entre todas las reseñadas en el Decreto-Ley 3650/1970 de 19 de Diciembre (B.O.E. 29-XI-70) la que más se ajuste a las características de la obra contratada.

Si estas características así lo aconsejan, la Propiedad se reserva el derecho de establecer en dicho Pliego nuevas fórmulas, modificando los coeficientes o las variables de las mismas.

1.2.12.3. Para los valores actualizados de las variables que inciden en la fórmula, se tomarán para cada mes los que faciliten el Ministerios de Hacienda una vez publicados en el B.O.E. Los valores iniciales corresponderán a los del mes de la fecha del Contrato.

1.2.12.4. Una vez obtenido el índice de revisión mensual se aplicará al importe total de la certificación correspondiente al mes de que se trate, siempre y cuando la obra realizada durante dicho periodo lo haya sido dentro del programa de trabajo establecido.

1.2.12.5. Los aumentos de presupuesto originados por las revisiones de precios oficiales no se computarán a efectos de lo establecido en el apartado 1.2.18 "Modificaciones del Proyecto".

1.2.12.6. Si las obras a realizar fuesen de corta duración, la Propiedad podrá prescindir de la cláusula de revisión de precios debiéndolo hacer constar así expresamente en las bases del Concurso.

#### 1.2.13. Régimen de intervención

1.2.13.1. Cuando el Contratista no dé cumplimiento, sea a las obligaciones o disposiciones del Contrato, sea a las órdenes de servicio que les sean dadas por la Propiedad, ésta le requerirá cumplir este requisito de órdenes en un plazo

determinado, que, salvo en casos de urgencias, no será nunca menor de 10 días a partir de la notificación de requerimiento.

1.2.13.2. Pasado este plazo, si el Contratista no ha ejecutado las disposiciones dadas, la Propiedad podrá ordenar a título provisional el establecimiento de un régimen de intervención general o parcial por cuenta del contratista.

1.2.13.3. Se procederá inmediatamente, en presencia del Contratista o habiéndole convocado debidamente, a la comprobación de las obras ejecutadas, de los materiales acopiados así como al inventario descriptivo del material del Contratista, y a la devolución a éste de la parte de materiales que no utilizará la Propiedad para la terminación de los trabajos.

1.2.13.4. La Propiedad tiene por otra parte, la facultad, bien de ordenar la convocatoria de un nuevo concurso, bien de ejercitar el derecho de rescisión pura y simple del contrato.

1.2.13.5. Durante el periodo de Régimen de Intervención, el Contratista podrá conocer la marcha de los trabajos, sin que pueda, de ninguna manera, entorpecer o dificultar las órdenes de la Propiedad.

1.2.13.6. El Contratista podrá, por otra parte, ser liberado del régimen de intervención si justifica su capacidad para volver a hacerse cargo de los trabajos y llevarlos a buen fin.

1.2.13.7. Los excedentes de gastos que resulten de la intervención o del nuevo contrato serán deducidos de las sumas que puedan ser debidas al Contratista, sin perjuicios

de los derechos a ejercer contra él en caso de ser insuficientes.

1.2.13.8. Si la intervención o el nuevo contrato supone, por el contrario, una disminución de gastos, el Contratista no podrá pretender beneficiarse en ninguna parte de la diferencia, que quedará a favor de la Propiedad.

#### 1.2.14. Rescisión del contrato

1.2.14.1. Cuando a juicio de la Propiedad el incumplimiento por parte del Contratista de alguna de las cláusulas del Contrato pudiera ocasionar graves trastornos en la realización de las obras, en el cumplimiento de los plazos, o en su aspecto económico, la Propiedad podrá decidir la resolución del Contrato, con las penalidades a que hubiera lugar. Asimismo, podrá proceder la resolución con pérdida de fianza y garantía suplementaria si la hubiera, de producirse alguno de los supuestos siguientes:

1.2.14.1.1. Cuando no se hubiese efectuado el montaje de las instalaciones y medios auxiliares o no se hubiera aportado la maquinaria relacionada en la oferta o su equivalente en potencia o capacidad en los plazos previstos incrementados en un 25%, o si el Contratista hubiese sustituido dicha maquinaria en sus elementos principales sin la previa autorización de la Propiedad.

1.2.14.1.2. Cuando durante un periodo de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se alcanzase un ritmo de ejecución del 50% del programa aprobado por la Obra característica.

- 1.2.14.1.3. Cuando se cumpla el plazo final de las obras y falte por ejecutar más del 20% del presupuesto de Obra característica tal como se define en el apartado 1.1.7.3. La imposición de las multas establecidas por los retrasos sobre dicho plazo, no obligará a la Propiedad a la prórroga del mismo, siendo potestativo por su parte elegir entre la resolución o la continuidad del Contrato.
- 1.2.14.2. Será asimismo, causa suficiente para la rescisión, alguno de los hechos siguientes:
- 1.2.14.2.1. La quiebra, fallecimiento o incapacidad del Contratista. En este caso la Propiedad podrá optar por la resolución del Contrato, o por la subrogación en el lugar del Contratista los síndicos de la quiebra, sus causas habitantes o representantes.
- 1.2.14.2.2. La disolución, por cualquier causa, de la sociedad, si el Contratista fuera una persona jurídica.
- 1.2.14.3. Si el Contratista es una agrupación temporal de empresas y alguna de las integrantes se encuentra incluida en alguno de los supuestos previsto en alguno de los apartados 1.2.14.2., la Propiedad estará facultada para exigir el cumplimiento de las obligaciones pendientes del Contrato a las restantes empresas que constituyen la agrupación temporal o para acordar la resolución del Contrato. Si la Propiedad optara en ese momento por la rescisión, ésta no producirá pérdida de la fianza, salvo que concurriera alguna otra causa suficiente para declarar la pérdida.

1.2.14.4. Procederá asimismo la rescisión sin pérdida de fianza por el Contratista, cuando se suspenda la obra comenzada, y en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no sea posible dar comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de 3 mese a partir de la fecha de la adjudicación.

#### 1.2.15. Propiedad Industrial y Comercial

Al suscribir el Contrato, el Contratista garantiza a la Propiedad contra toda clase de reivindicaciones que se refieran a suministros y materiales, procedimientos y medios utilizados para la ejecución de las obras de montaje e instalación de la planta y que procedan de titulares de patentes, licencias, planos, modelos, marcas de fábrica o comercio.

En el caso de que fuera necesario corresponde al Contratista la obtención de las licencias o autorizaciones precisas y soportar la carga de los derechos e indemnizaciones correspondientes.

#### 1.2.16. Disposiciones Legales

- *Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (O.M. 9-II-71)*
- *Comités de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Decreto 432/71 de 11-III-71)*
- *Reglamento de Seguridad e Higiene en la Industria de la Construcción (O.M. 20-V-52)*
- *Reglamento de los Servicios Médicos de Empresa (O.M. 21-XI-59)*

- *Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-VIII-70)*
- *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20-ix-73)*
- *Reglamento de Líneas Aéreas de Alta Tensión (O.M. 28-XI-68)*
- *Normas Para Señalización de Obras en las Carreteras (O.M. 14-III-60)*
- *Convenio Colectivo Provincial de la Construcción y Estatuto de los Trabajadores*
- *Obligatoriedad de la Inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el Trabajo en los Proyectos de Edificación y Obras Públicas (Real Decreto 555/1986, 21-II-86)*
- *Cuantas disposiciones legales de carácter social, de protección a la industria nacional, etc., rijan en la fecha en que se ejecuten las obras.*
- *Viene también obligado al cumplimiento de cuanto la Dirección de Obra le dicte encaminado a garantizar la seguridad de los obreros y de la obra en general. En ningún caso dicho cumplimiento eximirá de responsabilidad al Contratista.*

#### 1.2.17. Tribunales

El Contratista renuncia al fuero de su propio domicilio y se compromete a sustanciar cuantas reclamaciones origine el Contrato ante los Tribunales.

### 1.3. DESARROLLO DE LAS OBRAS, CONDICIONES TECNICO- ECONOMICAS

#### 1.3.1. Modificaciones del Proyecto

1.3.1.1. La Propiedad podrá introducir en el proyecto, antes de empezar las obras de montaje de la planta o durante su ejecución, las modificaciones que sean precisas para la normal construcción de las mismas, aunque no se hayan previsto en el proyecto y siempre que no varíen las características principales de las obras.

También podrá introducir aquellas modificaciones que produzcan aumento o disminución y aún supresión de las unidades de obra marcadas en el presupuesto, o sustitución de una clase de fábrica por otra, siempre que ésta sea de las comprendidas en el contrato.

Cuando se trate de aclarar o interpretar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos o dibujos, las órdenes o instrucciones se comunicarán exclusivamente por escrito al Contratista, estando obligado a su vez a devolver una copia suscribiendo con su firma el enterado.

1.3.1.2. Todas estas modificaciones serán obligatorias para el Contratista, y siempre que a los precios del Contrato, sin ulteriores omisiones, no alteren el Presupuesto Total de Ejecución Material contratado en más de un 35 %, el Contratista no tendrá derecho a ninguna variación en los precios ni a indemnización de ninguna clase.

1.3.1.3. No se admitirán mejoras de obra más que en el caso de que la Dirección de la Obra haya ordenado por escrito la

ejecución de trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados.

### 1.3.2. Modificaciones de los planos

1.3.2.1. Los planos de construcción podrán modificar a los provisionales de concurso respetando los principios esenciales, y el Contratista no puede por ello hacer reclamación alguna a la Propiedad.

1.3.2.2. El carácter complejo y los plazos limitados de que se dispone en la ejecución de un Proyecto obligan a una simultaneidad entre las entregas de las especificaciones técnicas de los suministradores de equipos y la elaboración de planos definitivos de Proyecto.

Esta simultaneidad implica la entrega de planos de detalle de obra civil, relacionada directamente con la implantación de los equipos, durante todo el plazo de ejecución de la obra.

La Propiedad tomará las medidas necesarias para que estas modificaciones no alteren los planos de trabajo del Contratista entregando los planos con la suficiente antelación para que la preparación y ejecución de estos trabajos se realice de acuerdo con el programa previsto.

El Contratista por su parte, no podrá alegar desconocimiento de estas definiciones de detalle, no incluidas en el proyecto base y que quedará obligado a su ejecución dentro de las prescripciones generales del Contrato.

1.3.2.3. El Contratista deberá confrontar, inmediatamente después de recibidos, todos los planos que le hayan sido

facilitados, debiendo informar por escrito a la Propiedad en el plazo máximo de 15 días y antes de proceder a su ejecución de cualquier contradicción, error u omisión que los hiciera técnicamente incorrectos.

### 1.3.3. Replanteo de las obras

1.3.3.1. La Propiedad entregará al Contratista los hitos de triangulación y referencias de nivel establecidos por ella en la zona de obras a realizar. La posición de estos hitos y sus coordenadas figurarán en un plano general de situación de las obras.

1.3.3.2. Dentro de los 15 días siguientes a la fecha de adjudicación el Contratista verificará en presencia de los representantes de la Propiedad el plano general de replanteo y las coordenadas de los hitos, levantándose el Acta correspondiente.

1.3.3.3. La Propiedad precisará sobre el plano de replanteo las referencias a estos hitos de los ejes principales de cada una de las obras.

1.3.3.4. El Contratista será responsable de la conservación de todos los hitos y referencias que se le entreguen. Si durante la ejecución de los trabajos se destruyese alguno deberá reponerlos por su cuenta y bajo su responsabilidad.

### 1.3.4. Organización de las obras

1.3.4.1. El Contratista tendrá un conocimiento completo de la disposición de conjunto de los terrenos, de la importancia y situación de las obras objeto de Contrato, de las zonas

reservadas para la obra, de los medios de acceso, así como de las condiciones climáticas de la región, especialmente del régimen de las aguas y de la frecuencia e importancia de las crecidas de los ríos, que puedan afectar a los trabajos.

1.3.4.2. La Propiedad pondrá gratuitamente a disposición del Contratista, mientras duren los trabajos, todos los terrenos cuya ocupación definitiva sea necesaria para la implantación de las obras objeto del contrato.

1.3.4.3. También pondrá la Propiedad gratuitamente a disposición del Contratista, los terrenos de su propiedad que puedan ser adecuados para las obras auxiliares e instalaciones.

1.3.5. Utilización de las instalaciones auxiliares y equipos del contratista.

El contratista deberá poder facilitar a la Propiedad todos los medios auxiliares que figuran en el programa o tengan servicio en la obra. Para ello, la Propiedad comunicará por escrito al Contratista las instalaciones, equipos o máquinas que desea utilizar y fecha y duración de la prestación.

Cuando razonablemente no haya inconveniente para ello, no se perturbe la organización y desarrollo de los trabajos, o exista una causa grave de fuerza mayor, el Contratista deberá atender la solicitud de la Propiedad, abonándose las horas de utilización conforme a los baremos de administración aprobados.

En todo caso, el manejo de las máquinas e instalaciones será realizado por personal del Contratista.

1.3.6. Uso anticipado de las instalaciones definitivas

1.3.6.1. La Propiedad se reserva el derecho de hacer uso de las partes terminadas de la obra contratada antes de que los trabajos prescritos en el contrato se hayan terminado en su totalidad, bien por necesidades de servicio, bien para permitir la realización de otros trabajos que no forman parte del contrato.

1.3.6.2. Si la Propiedad deseara hacer uso del citado derecho se lo comunicará al Contratista con una semana de antelación a la fecha de utilización. El uso de este derecho por parte de la Propiedad no implica recepción provisional de la zona afectada.

#### 1.3.7. Planes de obra y montaje

1.3.7.1. Independientemente del plan de trabajos para los Contratistas ofertantes deben presentar con sus ofertas de acuerdo a lo establecido en el apartado 1.1.6, el Contratista presentará con posterioridad a la firma del Contrato un plan más detallado que el anterior.

En el Pliego Particular de Condiciones de cada obra, se indicará el plazo máximo a partir de la formalización del Contrato en el que debe presentarlo y el tipo de programa exigido. De no indicarse el plazo, se entenderá establecido éste en un mes.

1.3.7.2. Este Plan, que deberá ser lo más completo, detallado y razonado posible, respetará obligatoriamente los plazos particulares y finales fijados en el Concurso, y deberá venir acompañado del programa de certificaciones mensuales.

1.3.7.3. El Plan de obra deberá ser aprobado oficialmente por la Propiedad adquiriendo desde este momento el carácter de documento contractual. No podrá ser modificado sin autorización expresa de la Propiedad y el Contratista vendrá obligado a respetarlo en el desarrollo de los trabajos.

1.3.7.4. El desarrollo de todas las obras habrá de subordinarse al montaje de las instalaciones para cuyo servicio se construyen.

#### 1.3.8. Plazos de ejecución

1.3.8.1. En el Pliego de Condiciones de cada obra se establecerán los plazos parciales y el plazo final de terminación, a los que el Contratista deberá ajustarse obligatoriamente.

1.3.8.2. Los plazos parciales corresponderán a la terminación y puesta a disposición de determinados elementos, obras o conjuntos de obras, que se consideren necesario para la prosecución de otras fases de la construcción o del montaje.

1.3.8.3. En consecuencia, y a efectos del cumplimiento del plazo, la terminación de la obra y su puesta a disposición será independiente del importe de los trabajos realizados a precio de Contrato, salvo que el importe de la Obra Característica realizada supere como mínimo en un 10% el presupuesto asignado para esa parte de la obra.

1.3.8.4. En el caso de que el importe de la Obra Característica realizada supere en un 10% al presupuesto para es parte de obra, los plazos parciales y el plazo final se prorrogará en un

plazo igual al incremento porcentual que exceda de dicho 10%.

1.3.9. Retenciones por retrasos durante la ejecución del montaje de la planta.

1.3.9.1. Los retrasos sobre el plan de obra y programa de certificaciones imputables al Contratista tendrán como sanción económica para cada mes, la retención por la Propiedad, del 50% de la diferencia entre el 90% de la Obra Característica que hasta ese mes debería haberse justificado y la que realmente se haya realizado. Para este cómputo de obra realizada no se tendrá en cuenta la correspondiente a Obras Complementarias.

1.3.9.2. El Contratista que en meses sucesivos realizase una Obra Característica por un valor superior a lo establecido en el Plan de Trabajos para esos meses, tendrá derecho a recuperar la parte proporcional que le corresponda.

1.3.10. Incumplimiento de los plazos y multas.

1.3.10.1. En el caso de incumplimiento de los plazos fijados por causas directamente imputables al Contratista, satisfará éste las multas que se indiquen en el Pliego Particular de la obra, con cargo a las certificaciones, fondo de retenciones o fianza definitiva, sin perjuicio de la responsabilidad por daños.

1.3.10.2. Si el retraso producido en el cumplimiento de los plazos ocasionara a su vez retrasos en otros Contratistas, lesionando los intereses de éstos, la Propiedad podrá hacer repercutir sobre el Contratista las indemnizaciones a que hubiera lugar por tales perjuicios.

1.3.10.3. En el caso de que los retrasos se produzcan por causas imputables a la Propiedad, por órdenes expresas de la Dirección de Obra o por demoras en los montajes de maquinaria o equipos, se prorrogarán los plazos en un tiempo igual al estimado por la Propiedad como retraso producido, de acuerdo con lo establecido en el apartado 1.3.13.

#### 1.3.11. Supresión de multas

Cuando la Propiedad advierta la posibilidad de que un retraso en la ejecución de las obras o en el montaje no va a repercutir en la puesta en marcha de la instalación ni causar perjuicios a terceros, podrá acordar libremente la supresión de multas, o la ampliación de los plazos de ejecución.

En este último caso, la Propiedad podrá diferir a la nueva fecha de terminación y en el supuesto de que ésta tampoco se cumpla, la aplicación de las multas establecidas.

#### 1.3.12. Permisos y Primas

1.3.12.1. En el pliego Particular de Condiciones de la Obra, la Propiedad podrá establecer premios en el caso de cumplimiento de los plazos parciales y total contratados y/o un sistema de primas para premiar los posibles adelantos sobre dichos plazos de terminación de obras.

En el Pliego Particular, se especificarán asimismo, las condiciones que deberán concurrir para que el Contratista pueda obtener dichos premios y/o.

1.3.12.2. La Propiedad podrá supeditar el pago de los premios, siempre que así lo indique expresamente, al cumplimiento estricto de los plazos, incluso en el caso de retrasos producidos por causas no imputables al Contratista o de fuerza mayor.

1.3.13. Retrasos ocasionados por la Propiedad

Los retrasos que pudieran ocasionar la falta de planos, demoras en el suministro de materiales que deba ser realizado por la Propiedad, o interferencias ocasionadas por otros Contratistas, serán valorados en tiempo por la Dirección de la Obra, después de oír al Contratista, prorrogándose los plazos conforme a dicha estimación.

1.3.14. Daños y ampliación de plazo en caso de fuerza mayor.

1.3.14.1. Cuando se produjeran daños en las obras por causa de fuerza mayor, si su prevención o minoración hubiera correspondido a las partes, la que hubiese sido negligente soportará sus consecuencias.

1.3.14.2. Si por causa de fuerza mayor no imputable al Contratista hubiese de sufrir demora el curso de la obra, lo pondrá en conocimiento de la Propiedad con la mayor prontitud posible, concretando el tiempo en que estima necesario prorrogar los plazos establecidos, la Propiedad deberá manifestar su conformidad o reparados a la procedencia y alcance de la prórroga propuesta en un plazo igual al que hubiese mediado entre el hecho originario y la comunicación del Contratista.

1.3.15. Certificación y abono de la planta

1.3.15.1. Las unidades de obra se medirán mensualmente sobre las partes realmente ejecutadas con arreglo al Proyecto, modificaciones posteriores y órdenes de la Dirección de Obra, y de acuerdo con los artículos del Pliego de Condiciones.

La medición de la obra realizada en un mes se llevará a cabo en los ocho primeros días siguientes a la fecha de cierre de certificaciones. Dicha fecha se determinará al comienzo de las obras. Las valoraciones efectuadas servirán para la redacción de certificaciones mensuales al origen, de las cuales se tendrá el líquido de abono.

Corresponderá a la Propiedad en todo caso, la redacción de las certificaciones mensuales.

1.3.15.2. Abono de unidades incompletas o defectuosas

La Dirección de Obra, determinará si las unidades que han sido realizadas en forma incompleta o defectuosa, deben rehacerse o no. Caso de rehacerse el Contratista vendrá obligado a ejecutarlas, siendo de su cuenta y cargo, dicha reparación, en el caso de que ya le hubiesen sido abonadas.

De no haberlo sido, se certificará la obra como realizada una sola vez.

1.3.16. Recepción provisional de las instalaciones de la planta

1.3.16.1. A partir del momento en que todas las obras que le han sido encomendadas hayan sido terminadas, el Contratista lo

pondrá en conocimiento de la Propiedad, mediante carta certificada con acuse de recibo.

La Propiedad procederá entonces a la recepción provisional de esas obras, habiendo convocado previamente al Contratista por escrito, al menos con 15 días de anticipación.

Si el Contratista no acude a la convocatoria, se hará mención de su ausencia en el Acta de Recepción.

1.3.16.2. Del resultado del reconocimiento de las obras, se levantará un Acta de Recepción en la que se hará constar el estado final de las obras y las deficiencias que pudieran observarse.

Si por el contrario se observara deficiencias y no procediese efectuar la recepción provisional, se concederá al Contratista un plazo breve para que corrija los defectos observados, transcurrido el cual deberá procederse a un nuevo reconocimiento.

Si transcurrido el plazo concedido al Contratista, no se hubieran subsanado dichos defectos, la Propiedad podrá proceder a su realización, bien directamente, bien por medio de otros Contratistas, con cargo al fondo de garantía y si éste no bastase, con cargo a la fianza definitiva.

Una vez terminados los trabajos de reparación, se procederá a recibir provisionalmente la obra.

### 1.3.17. Plazo de Garantía

Una vez terminadas las obras, se efectuará la recepción provisional de las mismas, tal como se indica en el apartado 1.3.16, a partir de cuyo momento comenzará a contar el plazo de garantía, al final del cual se llevará a cabo la recepción definitiva.

El plazo de garantía se determinará en el Pliego Particular de Condiciones de la Obra.

Durante este plazo, será de cuenta del Contratista la conservación y reparación de las obras, así como todos los desperfectos que pudiesen ocurrir en las mismas, desde la terminación de éstas hasta que se efectúe la recepción definitiva, excepción hecha de los daños que se deriven del maltrato o uso inadecuado de las obras por parte de la Propiedad.

### 1.3.18. Recepción definitiva de la planta

1.3.18.1. Una vez transcurrido el plazo de garantía fijado en el Pliego Particular de Condiciones, se procederá a efectuar la recepción definitiva de las obras de un modo análogo al indicado en el apartado 1.3.16 para la recepción provisional.

1.3.18.2. En el caso de que hubiese sido necesario conceder un plazo para subsanar los defectos hallados, el Contratista no tendrá derecho a ninguna cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía, debiendo continuar encargado de la conservación de las obras durante esa ampliación.

1.3.18.3. Si la obra se arruinase con posterioridad a la recepción definitiva por vicios ocultos de la construcción debidos a incumplimiento del Contrato por parte del Contratista,

responderá éste de los daños y perjuicios en el término de 15 años.

Transcurrido este plazo, quedará totalmente extinguida la responsabilidad del Contratista.

#### 1.3.19. Liquidación de las obras

Una vez efectuada la recepción provisional se procederá a la medición general de las obras que han de servir de base para la valoración de las mismas.

La liquidación de las obras se llevará a cabo después de la recepción definitiva, saldando las diferencias existentes por los abonos a cuenta y descontando el importe de las reparaciones u obras de conservación que haya habido necesidad de efectuar durante el plazo de garantía, en el caso de que el Contratista no las haya realizado por su cuenta.

Después de realizada la liquidación, se saldarán el fondo de garantía y la fianza definitiva. También se liquidará, si existe, la cuenta especial de retenciones por retrasos durante la ejecución de las obras.

## **2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES**

Los equipos utilizados en el acondicionamiento del conjunto de naves para realizar trabajos de preparación de superficies y aplicación de recubrimientos deberán reunir las características que se detallan a continuación.

### **2.1. NAVE DONDE SE REALIZAN TRABAJOS DE PREPARACIÓN DE SUPERFICIES**

#### **2.1.1. Características generales**

Las dimensiones útiles de las naves TIPO 1 son las expresadas en la tabla adjunta.

DIMENSIONES (m)		
Longitud	Ancho	Alto
52,7	25,4	9

Las dimensiones útiles de la nave TIPO 2 son las expresadas en la tabla adjunta.

DIMENSIONES (m)		
Longitud	Ancho	Alto
52,7	25,4	11

#### **2.1.2. Características de los Equipos de Impulsión**

##### **2.1.2.1. Equipo de impulsión de aire seco**

El aire de impulsión de aire seco es conducido desde los deshumidificadores desecantes situados en el exterior de la nave por medio de un conjunto de conducto metálico de sección circular de 560 mm de

diámetro, construido en chapa galvanizada de 1,5 mm. que dirigen el flujo de aire hacia el interior de la nave.

La impulsión de aire seco se realiza a través de un conjunto de codos de 90° que dirigen hacia el interior de las naves el aire deshumidificado, las características de éstos son las mismas que las del resto de los conductos que permiten la conducción del flujo de aire seco desde el deshumidificador hasta el interior de la nave. La impulsión de aire seco es perpendicular a la dirección del flujo de extracción debido a que se ha optado por la ventilación general semivertical.

A través de estas salidas de aire seco se impulsa un caudal de aire seco que permite mantener la humedad relativa y la temperatura del interior de la nave entre los límites que se muestran en la memoria descriptiva.

Las características técnicas de las unidades de impulsión de aire seco se recogen en la siguiente tabla:

Marca	Munters	
Modelo	MA10000C	
Dimensiones m	Longitud	3,75
	Ancho	1,83
	Alto	2,06
Caudal de Impulsión	m <sup>3</sup> /h	15.000
Presión Total	Pa	590
Potencia Consumida	KW	183,5

### 2.1.2.2. Impulsión de aire húmedo

La impulsión de aire húmedo (aire ambiental) se realiza a través de un conjunto de ventiladores helicoidales situados en la pared frontal de la nave.

El equipo consta de una envolvente en acero laminada. La hélice es de fundición de aluminio y la transmisión por correas y poleas trapezoidales. Tiene un acabado anticorrosivo en resina de poliéster, polimerizada a 180 °C, previo desengrase, fosfatación y pasivado. Tiene certificación ATEX, categoría 2, para atmósferas explosivas.

Marca	Sodeca	
Modelo	HPX-90-4T-7,5	
Dimensiones m	Diametro de ventilador	1,015
	Ancho	0,65
	Alto	1,32
Caudal máximo	m <sup>3</sup> /h	51.000
Potencia Consumida	KW	5,5

Marca	Sodeca	
Modelo	HPX-63-4T-1,5	
Dimensiones m	Diámetro de ventilador	0,73
	Ancho	0,5
	Alto	0,95
Caudal máximo	m <sup>3</sup> /h	16.000
Potencia Consumida	KW	1,1

### 2.1.3. Características de los Equipos de Extracción

El aire de aspiración es succionado a través de conductos metálicos de sección rectangular de 895 x 983 mm., construidos en chapa galvanizada de 1.5 mm. que dirigen el flujo de aire contaminado hacia las unidades de aspiración y filtración de aire con filtros de cartucho situados en el exterior de la nave, donde se proceda a su filtración a través de cartuchos. Una vez filtrado, el aire se expulsa a la atmósfera.

La aspiración se realiza a través de un conducto metálico de sección rectangular situado en el fondo de la nave.

Marca	Spraymaq	
Modelo	FC-36	
Dimensiones m	Longitud	1,6
	Ancho	3,95
	Alto	4,07
Caudal de Impulsión	m <sup>3</sup> /h	40.000
Presión Total	Pa	670
Potencia Consumida	KW	37

### 2.1.4. Filtros

Las instalaciones cuentan con dos tipos de filtros de aire, uno para la impulsión de aire seco y el otro para la extracción y filtración de aire contaminado.

### 2.1.5. Deshumidificador desecante

El deshumidificador desecante contiene un rotor desecante que permite absorber la humedad del aire, reduciendo así la humedad relativa del aire que se va a impulsar hasta el interior de la nave.

El rotor desecante es la parte del deshumidificador que absorbe la humedad y está formado por una matriz de un compuesto especial de material resistente al calor que aloja el desecante. El rotor está dividido en dos sectores que comprenden el sector de proceso y el sector de reactivación. El aire que debe deshumidificarse (aire de proceso) pasa por el sector de proceso del rotor, cuya estructura forma estrechos canales de aire. Las paredes del rotor están impregnadas de gel de sílice de alto rendimiento que absorbe la humedad del aire; el aire seco resultante sale por la salida del aire seco y es conducido hacia el interior de la nave.

Simultáneamente, un caudal de aire separado (aire de reactivación) se calienta y se extrae por el sector de reactivación del rotor. Este aire caliente evapora la humedad del sector de reactivación del rotor. A continuación, el aire con alto contenido de humedad (aire húmedo) es liberado fuera de la atmósfera de humedad controlada.

Mientras se lleva a cabo esta secuencia, el rotor gira lentamente (aproximadamente a 10 revoluciones por hora). Con esta rotación se garantiza que una nueva sección del rotor que necesite reactivación esté continuamente expuesta al sector de reactivación calentado. Al mismo tiempo, una nueva sección del rotor de reactivado se expone al aire de proceso, lista para absorber humedad. Por ello, el proceso de deshumidificación se repite constantemente.

### 2.1.6. Unidad de aspiración y filtración de aire contaminado

La unidad de aspiración y filtración, utiliza filtros de cartucho que actúan filtrando el aire que los atraviesa y separando las partículas de polvo que portaba.

La unidad de aspiración y filtración para retener las partículas de polvo contiene un conjunto de 64 filtros de cartucho con una superficie filtrante total de 392 m<sup>2</sup>, que retienen las partículas de polvo cuando el aire contaminado los atraviesa. Estos filtros se limpian sin necesidad de paro en la actividad de la máquina, mediante impulsos secuenciados de aire comprimido a contracorriente, que se lanza a través de válvulas solenoides. Un cuadro eléctrico controla la apertura/cierre de las distintas electroválvulas y permite regular tanto el intervalo entre dos impulsos de aire comprimido como su duración. Un calderín de reserva es el encargado de acumular el aire comprimido en el intervalo entre dos impulsos. En cada impulso un único cartucho es soplado a través de sus pliegues (de dentro a fuera) por un aspersor rotativo. El aspersor asegura un homogéneo reparto del aire comprimido en toda la superficie del cartucho la capa de polvo se desprende así y cae a través de la tolva al depósito. Durante cada impulso de aire comprimido, una válvula anula la aspiración a través del cartucho que está siendo limpiado con lo que aumenta la eficiencia del proceso. Mientras el resto de cartuchos permanece operativo.

La construcción está diseñada de forma modular de manera que la entrada de aire, la puerta de inspección, el habitáculo del ventilador y el depósito pueden ser montados entre sí según diversas configuraciones dependiendo de las necesidades de cada proyecto. La limpieza de los cartuchos se comprueba mediante un manómetro midiendo la caída de presión existente entre el lado contaminado del aire antes de los filtros y el lado limpio después de los filtros. Cuanto más grande sea dicha caída más cargados están los cartuchos y con más dificultad fluye el aire. El presostato diferencial economizador permite ajustar la máxima pérdida de carga

admitida por el filtro, lo que permite que la limpieza del filtro tenga lugar al superarse el valor pre-ajustado.

## 2.2. NAVE DONDE SE REALIZAN TRABAJOS DE APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS

### 2.2.1. Características generales

Las dimensiones útiles de las naves TIPO 1 son las expresadas en la tabla adjunta.

DIMENSIONES (m)		
Longitud	Ancho	Alto
52,7	25,4	9

Las dimensiones útiles de la nave TIPO 2 son las expresadas en la tabla adjunta.

DIMENSIONES (m)		
Longitud	Ancho	Alto
52,7	25,4	11

### 2.2.2. Características de los Equipos de Impulsión

#### 2.2.2.1. Equipo de impulsión de aire seco

El aire seco es conducido desde los deshumidificadores desecantes situados en el exterior de la nave por medio de un conjunto de conducto metálico de sección circular de 560 mm de diámetro, construido en chapa galvanizada de 1,5 mm. que dirigen el flujo de aire hacia el interior de la nave.

El aire seco es impulsado desde el deshumidificador, a través de un conjunto de codos de 90° hacia el interior de las naves, las características

de éstos son las mismas que las del resto de los conductos que permiten la conducción del flujo de aire seco desde el deshumidificador hasta el interior de la nave. La impulsión de aire seco es perpendicular a la dirección del flujo de extracción debido a que se ha optado por la ventilación general semivertical.

A través de estas salidas de aire seco se impulsa un caudal de aire seco que permite mantener la humedad relativa y la temperatura del interior de la nave entre los límites que se muestran en la Memoria Descriptiva.

Las características técnicas de las unidades de impulsión de aire seco en las naves TIPO 1 (4 y 5) se recogen en la siguiente tabla:

Marca	Munters	
Modelo	MA3000C	
Dimensiones m	Longitud	2,45
	Ancho	1,215
	Alto	1,37
Caudal de Impulsión	m <sup>3</sup> /h	5.000
Presión Total	Pa	480
Potencia Consumida	KW	57,7

Las características técnicas de las unidades de impulsión de aire seco en la nave TIPO 2 (6) se recogen en la siguiente tabla:

Marca	Munters	
Modelo	MA10000C	
Dimensiones m	Longitud	3,75
	Ancho	1,83
	Alto	2,06
Caudal de Impulsión	m <sup>3</sup> /h	15.000
Presión Total	Pa	590
Potencia Consumida	KW	183,5

#### 2.2.2.2. Impulsión de aire húmedo

La impulsión de aire húmedo (aire ambiental) se realiza a través de un conjunto de ventiladores helicoidales situados en la pared frontal de la nave.

El equipo consta de una envolvente en acero laminada. La hélice es de fundición de aluminio y la transmisión por correas y poleas trapezoidales. Tiene un acabado anticorrosivo en resina de poliéster, polimerizada a 180 °C, previo desengrase, fosfatación y pasivado. Tiene certificación ATEX, categoría 2, para atmósferas explosivas.

Las características técnicas de las unidades de impulsión de aire húmedo en las naves TIPO 1 (4 y 5) se recogen en la siguiente tabla:

Marca	Sodeca
Modelo	HPX-80-4T-3
Dimensiones m	Diametro de ventilador 0,900
	Ancho 0,60
	Alto 1,173
Caudal máximo m <sup>3</sup> /h	26.000
Potencia Consumida KW	2,2

Las características técnicas de las unidades de impulsión de aire húmedo en las naves TIPO 2 (6) se recogen en la siguiente tabla:

Marca	Sodeca
Modelo	HPX-100-4T-10
Dimensiones m	Diámetro de ventilador 1,115
	Ancho 0,75
	Alto 1,483
Caudal máximo m <sup>3</sup> /h	63.000
Potencia Consumida KW	7,5

Marca	Sodeca	
Modelo	HPX-63-4T-1,5	
Dimensiones m	Diametro de ventilador	0,73
	Ancho	0,5
	Alto	0,95
Caudal máximo	m <sup>3</sup> /h	16.000
Potencia Consumida	KW	1,1

### 2.2.3. Características de los Equipos de Extracción

El aire de aspiración es succionado a través de un muro con filtro seco formado por una estructura de chapa galvanizada y perfiles sobre la que se coloca, por una parte las celdas porta-filtro de los filtros tipo manta y por otra, los filtros de cartón plegado sujetos a las fijaciones laterales de la estructura del muro, lo que permite un mantenimiento fácil. Los paneles de chapa galvanizada y atornillada están protegidos por una capa de pintura en polvo epoxi.

El muro extrae el aire contaminado y realiza un proceso de filtrado a través de dos etapas, una en donde se hace pasar el aire a través del filtro especial de cartón plegado y perforado, diseñado según el principio de separación por inercia, consiguiendo un mejor reparto de la velocidad frontal con una débil resistencia. Este diseño obliga al flujo de aire contaminado a cambiar varias veces de dirección, con lo que las partículas en suspensión se adhieren a las paredes, mientras el flujo de aire prosigue su movimiento sin obstáculos hacia los filtros de manta filtrante donde se retiene el pigmento que haya continuado a través del filtro de cartón plegado y dejan pasar el aire libre de partículas de pintura.

Los filtros de cartón plegado, son filtros de media eficacia, clasificación EUROVENT EU4, específico para partículas superiores a 10  $\mu\text{m}$ . El espacio entre pliegues es constante gracias a una cinta trasera que controla la expansión del acordeón al momento de colocar los filtros, y garantiza que la forma óptima se obtenga cada vez sin esfuerzo ni pérdida de tiempo. Los filtros se aguantan solos en posición vertical, lo que permite que un solo operario pueda desplegarlos y estirarlos.

Los filtros de manta filtrante para la retención del pigmento de pintura, formada por fibras de vidrio de hilo continuo entrelazado de densidad progresiva. Estas fibras, atrapan partículas de pintura mojadas, así como contaminantes secos antes de que entren, junto con el aire limpio a los ventiladores. Son filtros de alta eficacia, clasificación EUROVENT EU5, específico para partículas finas de 1 a 10 $\mu\text{m}$ .

El muro con filtro seco permite una ventilación de extracción uniforme en toda la altura y longitud de la zona de trabajo, está formado por tres módulos dispuestos como indican los planos de la nave 6 del presente proyecto.

En el caso de las naves de pintura, se realizará a través de 3 muro aspirante con filtro seco, dos de ellos trabajarán, en el caso de las naves TIPO 1 con un caudal de 12.500  $\text{m}^3/\text{h}$  y una longitud de 5,16 y uno de ellos con un caudal de 25.000  $\text{m}^3/\text{h}$  y longitud 10,32 m, para las naves TIPO 2, dado que el caudal de extracción total es de 180.000  $\text{m}^3/\text{h}$ , dos de los tres muros aspirantes trabajarán con un caudal de aspiración de 40.000  $\text{m}^3/\text{h}$  y el tercero con un caudal total de extracción de 100.000  $\text{m}^3/\text{h}$ . Las dimensiones de los muros de esta nave son las mismas que las de las naves TIPO 1.

Las características técnicas los muros con filtro seco, serán:

Marca	Acanet	
Modelo	CFS-5000	
Dimensiones m	Longitud	5,16
	Alto	4.383
Caudal máximo m <sup>3</sup> /h	12.500	
Potencia Consumida KW	25,5	

Marca	Acanet	
Modelo	CFS-5000	
Dimensiones m	Longitud	5,16
	Alto	4.383
Caudal máximo m <sup>3</sup> /h	25.000	
Potencia Consumida KW	49,5	

Marca	Acanet	
Modelo	CFS-5000	
Dimensiones m	Longitud	5,16
	Alto	4.383
Caudal máximo m <sup>3</sup> /h	40.000	
Potencia Consumida KW	66,8	

Marca	Acanet	
Modelo	CFS-5000	
Dimensiones m	Longitud	5,16
	Alto	4.383
Caudal máximo m <sup>3</sup> /h	100.000	
Potencia Consumida KW	155,6	



**PRESUPUESTO**

## **PRESUPUESTO**

<b>1. PRESUPUESTOS PARCIALES.....</b>	<b>248</b>
1.1. EQUIPO DE IMPULSION DE AIRE SECO.....	248
1.2. EQUIPO DE IMPULSION DE AIRE HUMEDO.....	249
1.3. CONDUCTOS DE IMPULSION DE AIRE SECO.....	250
1.4. EQUIPO DE EXTRACCION DE AIRE CONTAMINADO.....	252
1.5. CONDUCTO DE EXTRACCION DE CONTAMINADO.....	253
1.6. MURO CON FILTRO SECO .....	253
<b>2. PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL.....</b>	<b>254</b>
<b>3. PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA.....</b>	<b>254</b>

## **PRESUPUESTO**

El presupuesto presentado se dividirá en tres apartados consistentes en:

Presupuestos parciales: contabiliza las instalaciones y equipos que componen el proyecto.

Presupuesto de ejecución material: compuesto por la suma de todos los presupuestos parciales.

Presupuesto de ejecución de contrata: añade al presupuesto de ejecución material el porcentaje de beneficio industrial, los gastos generales como el I.V.A correspondientes. Representa el coste final del proyecto.

### **1. PRESUPUESTOS PARCIALES**

El presupuesto parcial se presenta dividido por las distintas partes que componen las instalaciones de las naves destinadas a preparación de superficie y aplicación de recubrimientos, siguiendo el flujo de aire en la misma.

#### **1.1. EQUIPOS DE IMPULSION DE AIRE SECO**

Elementos	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Deshumidificador desecante modelo MAC-10000 marca Munster	14	25.354	354.956
Caudal máximo 15000 m <sup>3</sup> /h			
Presión total 590Pa			
Potencia consumida 183,5 KW			

Elementos	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Deshumidificador desecante modelo MAC-3000 marca Munster	4	22.327	89.308
Caudal máximo 5.000 m <sup>3</sup> /h			
Presión total 480Pa			
Potencia consumida 57,7 KW			

Total Equipos de Impulsión (€)	444.264
--------------------------------	---------

## 1.2. EQUIPOS DE IMPULSION DE AIRE HUMEDO

Elementos	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Ventilador helicoidal tubular con motor exterior modelo HPX-90-4T-7,5 Caudal máximo 51.000 m <sup>3</sup> /h	6	2155,5	12.933
Potencia consumida 5,5 KW			
Ventilador helicoidal tubular con motor exterior modelo HPX-63-4T-1,5 Caudal máximo 16.000 m <sup>3</sup> /h	8	974,2	7.794
Potencia consumida 1,1 KW			
Ventilador helicoidal tubular con motor exterior modelo HPX-100-4T-10 Caudal máximo 63.000 m <sup>3</sup> /h	2	2845,7	5.691
Potencia consumida 7,5 KW			
Ventilador helicoidal tubular con motor exterior modelo HPX-80-4T-3 Caudal máximo 26.000 m <sup>3</sup> /h	4	1664,3	6.657
Potencia consumida 2,2 KW			

Total equipos de impulsión de aire húmedo (€)	33.075
---	--------

### 1.3. CONDUCTOS DE IMPULSION DE AIRE SECO

DESHUMIDIFICADOR 1	Unidades / m	Precio unidad / m (€)	Precio total (€)
Tramo 1	0,5	32,87	16,435
Tramo 2 (Bifurcación)	1	125,39	125,39
Tramo 3a	0,4	32,87	13,148
Tramo 4a (Codo 45°)	1	58,3	58,3
Tramo 5a	48	32,87	1577,76
Tramo 6a (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 7a	1,34	32,87	44,0458
Tramo 8a (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 3b	0,4	32,87	13,148
Tramo 4b (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 5b	1,7	32,87	55,879
Tramo 6b (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 7b	0,7	32,87	23,009
Tramo 8b (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 9b	41,3	32,87	1357,531
Tramo 10b (Codo 90°)	1	88,43	88,43

Total conductos deshumidificador 1 (€) x 4 Deshumidificadores	3.815,23 15.260,92
--	-----------------------

DESHUMIDIFICADOR 2	Unidades / m	Precio unidad / m (€)	Precio total (€)
Tramo 1	0,5	32,87	16,435
Tramo 2 (Bifurcación)	1	125,39	125,39
Tramo 3a	0,4	32,87	13,148
Tramo 4a (Codo 90°)	1	58,3	58,3
Tramo 5a	4	32,87	131,48
Tramo 6a (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 7a	2,1	32,87	69,027
Tramo 8a (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 9a	43,4	32,87	1426,558
Tramo 10a (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 3b	0,4	32,87	13,148
Tramo 4b (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 5b	0,7	32,87	23,009
Tramo 6b (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 7b	48,4	32,87	1590,908
Tramo 8b (Codo 90°)	1	88,43	88,43

Total conductos deshumidificador 2 (€) x 3 Deshumidificadores	3.997,98 11.993,94
--	-----------------------

DESHUMIDIFICADOR 3	Unidades / m	Precio unidad / m (€)	Precio total (€)
Tramo 1	0,5	32,87	16,435
Tramo 2 (Bifurcación)	1	125,39	125,39
Tramo 3a	0,4	32,87	13,148
Tramo 4a (Codo 45°)	1	58,3	58,3
Tramo 5a	1,7	32,87	55,879
Tramo 6a (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 7a	0,7	32,87	23,009
Tramo 8a (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 9a	41,3	32,87	1357,531
Tramo 10a (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 3b	0,4	32,87	13,148
Tramo 4b (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 5b	48	32,87	1577,76
Tramo 6b (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 7b	1,34	32,87	44,0458
Tramo 8b (Codo 90°)	1	88,43	88,43
<b>Total conductos deshumidificador 3 (€)</b>			<b>3.815,23</b>
<b>x 4 Deshumidificadores</b>			<b>15.260,92</b>

DESHUMIDIFICADOR 4	Unidades / m	Precio unidad / m (€)	Precio total (€)
Tramo 1	0,5	32,87	16,435
Tramo 2 (Bifurcación)	1	125,39	125,39
Tramo 3b	0,4	32,87	13,148
Tramo 4b (Codo 90°)	1	58,3	58,3
Tramo 5b	4	32,87	131,48
Tramo 6b (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 7b	2,1	32,87	69,027
Tramo 8b (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 9b	43,4	32,87	1426,558
Tramo 10b (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 3a	0,4	32,87	13,148
Tramo 4a (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 5a	0,7	32,87	23,009
Tramo 6a (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 7a	48,4	32,87	1590,908
Tramo 8a (Codo 90°)	1	88,43	88,43
<b>Total conductos deshumidificador 4 (€)</b>			<b>3.997,98</b>
<b>x 3 Deshumidificadores</b>			<b>11.993,94</b>

DESHUMIDIFICADOR 5	Unidades / m	Precio unidad / m (€)	Precio total (€)
Tramo 1	0,5	32,87	16,435
Tramo 2	47,5	32,87	1561,325
Tramo 3 (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 4	4	32,87	131,48
Tramo 5 (Codo 90°)	1	88,43	88,43

Total conductos deshumidificador 5 (€) x 2 Deshumidificadores	1.886,1 3.772,2
--	--------------------

DESHUMIDIFICADOR 6	Unidades / m	Precio unidad / m (€)	Precio total (€)
Tramo 1	0,5	32,87	16,435
Tramo 2	47,5	32,87	1561,325
Tramo 3 (Codo 90°)	1	88,43	88,43
Tramo 4	4	32,87	131,48
Tramo 5 (Codo 90°)	1	88,43	88,43

Total Deshumidificador 6 (€) x 2 Deshumidificadores	1.886,1 3.772,2
--	--------------------

Total conductos de impulsión de aire seco	62.054,12
---	-----------

#### 1.4. EQUIPO DE EXTRACCION DE AIRE CONTAMINADO

ELEMENTOS	Unidades / m	Precio unidad / m (€)	Precio total (€)
Filtro a cartuchos de limpieza neumatica SPRAYMAQ FC-36	12	29.567	354.804
Caudal máximo 40.000 m3/h			
Presión total 200 mm.c.a			
Potencia consumida 37 KW			

Total Filtro de cartucho (€)	354.804
------------------------------	---------

### 1.5. CONDUCTO DE EXTRACCION DE AIRE CONTAMINADO

FILTRO CARTUCHO	Unidades / m	Precio unidad / m (€)	Precio total (€)
Tramo 1	0,5	32,87	16,435
Tramo 2 (Codo 90°)	1	125,39	125,39
Tramo 3	3,2	32,87	105,184
Tramo 4 (Codo 90°)	1	58,3	58,3
Tramo 5	0,6	32,87	19,722
<b>Total conductos extracción de aire (€)</b>			<b>325,03</b>

### 1.6. MURO CON FILTRO SECO

Elementos	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Muro con filtro seco modelo CFS-5000 marca Acanet	2	1.094	2.188
5,16 x 4,383			
Caudal máximo 12.500 m <sup>3</sup> /h			
Potencia consumida 25,5 KW			
Muro con filtro seco modelo CFS-5000 marca Acanet	1	1.967	1.967
10,32 x 4,383			
Caudal máximo 25.000 m <sup>3</sup> /h			
Potencia consumida 49,5 KW			
Muro con filtro seco modelo CFS-5000 marca Acanet	2	2.445	4.890
5,16 x 4,383			
Caudal máximo 40.000 m <sup>3</sup> /h			
Potencia consumida 66,8 KW			
Muro con filtro seco modelo CFS-5000 marca Acanet	1	4.256	4.256
10,32 x 4,383			
Caudal máximo 100.000 m <sup>3</sup> /h			
Potencia consumida 155,6 KW			

Total muro de aspiración seco (€)	13.301
-----------------------------------	--------

## **2. PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL**

Total Equipos de Impulsión de aire seco	444.264 €
Total Conductos de Impulsión de aire seco	62.054 €
Total Equipos de Impulsion de aire humedo	33.075 €
Total Equipo de extracción de aire contaminado	354.804 €
Total conducto de extracción de aire contaminado	3.900 €
Total muro con filtro seco	26.602 €
<b>Total del presupuesto de ejecución material</b>	<b>924.699 €</b>

## **3. PRESUPUESTO DE EJECUCION POR CONTRATA**

Presupuesto ejecución material	924.699 €
15% de gastos generales	138.705 €
6% beneficio	55.481 €
16% IVA	138.705 €
<b>Total del presupuesto de contrata</b>	<b>1.257.590 €</b>

**Total del presupuesto general** 1.257.590 €

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de UN MILLÓN DOSCIENTOS CINCUENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS NOVENTA EUROS.

Cádiz, diciembre de 2007

El autor:

Fdo. Vanesa Aragón Rodríguez



**ESTUDIO  
BASICO DE  
SEGURIDAD Y  
SALUD**

## **ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

<b>1. OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	259
<b>2. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	260
2.1. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR	260
2.2. COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD	260
2.3. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	261
2.4. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA	262
2.5. LIBRO DE INCIDENCIAS	263
2.6. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	264
2.7. DERECHO DE LOS TRABAJADORES	264
<b>3. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y LA OBRA</b>	265
3.1. DATOS DEL EMPLAZAMIENTO	265
3.2. DESCRIPCION DE LA OBRA	265
<b>4. SERVICIOS HIGIÉNICOS Y ASISTENCIA SANITARIA</b>	266
<b>5. FASES DE EJECUCIÓN DE LA OBRA</b>	267
5.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS	267
5.2. ALBAÑILERÍA	267
5.3. INSTALACIONES	269
5.4. PINTURA	270
<b>6. MEDIOS AUXILIARES</b>	272
6.1. ANDAMIOS SOBRE RUEDAS	272
6.2. ESCALERAS DE MANO	273
<b>7. PREVISIONES E INFORMACIÓN PARA EFECTUAR EN CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD LOS TRABJOS</b>	274

## **ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **1. OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

Este Estudio Básico de Seguridad y Salud establece, durante la ejecución de la obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos y accidentes profesionales, así como los servicios sanitarios comunes a los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa contratista para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo bajo el control del Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, de acuerdo con el Real Decreto 1627 de 24 de octubre de 1997 que establece las Disposiciones Mínimas en materia de Seguridad y Salud (BOE núm. 256 de 25/10/1997), siempre en el marco la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE núm. 269 de 10/11/1995).

## **2. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **2.1. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR**

Antes del inicio de los trabajos, el Promotor designará un Coordinador en materia de Seguridad y Salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan personal autónomo, subcontratas o varias contratas.

La designación del Coordinador en materia de Seguridad y Salud no eximirá al promotor de las responsabilidades.

El Promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del Real Decreto 1627/1997 debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

### **2.2. COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD**

El Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, a las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el Contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.

- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesario la designación del Coordinador.

### 2.3. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el Estudio Básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el Contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el Estudio Básico.

El Plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Este podrá ser modificado por el Contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del Coordinador. Cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. El Plan estará en la obra a disposición de la Dirección Facultativa.

#### 2.4. OBLIGACIONES DEL CONTRATISTA

El Contratista estará obligado a:

- a) Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
  - El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
  - La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
  - La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
  - El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
  - La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
  - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.

- La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos.
  - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
  - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
- b) Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
- c) Cumplir la normativa en prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.
- d) Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud.
- e) Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan, además responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan.

## 2.5. LIBRO DE INCIDENCIAS

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de Seguridad y Salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de Seguridad y Salud.

Sólo se podrán hacer anotaciones en el Libro de Incidencias relacionadas con el cumplimiento del Plan. Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

## 2.6. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Cuando el Coordinador y durante la ejecución de las obras, observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al Contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de trabajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra.

## 2.7. DERECHO DE LOS TRABAJADORES

El Contratista deberá garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adaptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.

Una copia del Plan de Seguridad y Salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el Contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

### **3. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y LA OBRA**

#### **3.1. DATOS DEL EMPLAZAMIENTO**

*Acceso a la obra:* Por carretera.

*Topografía del terreno:* Sin desniveles.

*Edificaciones colindantes:* No hay.

*Suministro de energía eléctrica:* Acometida a la red eléctrica de la zona.

*Suministro de agua:* Por medio de la red potable municipal.

*Sistema de saneamiento:* Red existente.

#### **3.2. DESCRIPCION DE LA OBRA**

- Movimiento de tierras.
- Albañilería.
- Montaje de los elementos específicos del sistema.
- Realización de las conexiones eléctricas.

#### **4. SERVICIOS HIGIÉNICOS Y ASISTENCIA SANITARIA**

Se emplearán los servicios higiénicos que se encuentran en la nave. La utilización de estos servicios higiénicos será no simultánea en caso de haber operarios de distinto sexo.

Según el R.D. 486/97, la obra dispondrá de material de primeros auxilios en número suficiente para el número de trabajadores y riesgos previstos. Se indicará qué personal estará capacitado para prestar esta asistencia sanitaria.

- Primeros auxilios: Botiquín que se encuentra en la propia obra. El botiquín contendrá como mínimo: agua destilada, analgésicos, jeringuillas, pinzas, guantes desechables, antisépticos, desinfectantes autorizados, antiespasmódicos, termómetro, vendas, gasas, apósitos, algodón, tijeras y torniquete.
- Centro de urgencias: Centro de salud de de Puerto Real , se encuentra a una distancia de 4 Km
- Centro hospitalario: Hospital Universitario Puerta del Mar, en Cádiz, se encuentra a una distancia aproximada de 11 km, le Hospital Universitario de Puerto Real, se encuentra a una distancia aproximada de 15 Km.

En obra se colocará un cartel con las direcciones y teléfonos de los servicios de urgencias más próximos.

## **5. FASES DE EJECUCIÓN DE LA OBRA**

### **5.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS**

El tramo de tubería que discurre desde el contador hasta la red municipal, irá enterrada. Para ello será necesario la excavación manual de una zanja, rellena y compactada con máquina vibradora.

✓ *Riesgos más comunes:*

- Atropellos, colisiones y vuelcos.
- Fallo de la maquinaria.

✓ *Medidas técnicas de protección:*

- Casco homologado y certificado.
- Mono de trabajo.
- Calzado homologado según trabajo.
- Guantes apropiados.

✓ *Normas básicas de seguridad:*

- Suspender los trabajos en condiciones climatológicas desfavorables.
- No permanecer en el radio de acción de la maquinaria.
- No permanecer bajo frente de excavación.
- Limpieza y orden en el trabajo.

### **5.2. ALBAÑILERÍA**

En el interior de la nave se va a construir un habitáculo resistente al fuego que albergará el grupo de bombeo.

Este recinto tiene unas dimensiones de 3 metros de longitud, 2,5 metros de anchura y 3 metros de altura, formando así una superficie útil de 7,5 m<sup>2</sup>. Los cerramientos estarán constituidos por cuatro muros de ladrillo macizo de medio pie cada uno y enfoscado por las dos caras y la cubierta está formada por un forjado de doble vigueta autorresistente de hormigón pretensado y bovedilla.

✓ *Riesgos más comunes:*

- Caída de operarios.
- Caída de material.
- Afecciones en mucosas y oculares.
- Salpicaduras en ojos de yeso y mortero.
- Sobreesfuerzos.
- Atrapamiento o aplastamiento.

✓ *Medidas técnicas de protección:*

- Casco homologado y certificado.
- Mascarilla antipolvo.
- Mono de trabajo.
- Gafas protectoras de seguridad.
- Guantes apropiados.

✓ *Normas básicas de seguridad:*

- Plataformas de trabajo libres de obstáculos.
- Señalización de las zonas de trabajo.
- Limpieza y orden en el trabajo.
- Correcta iluminación.

- Cumplir las exigencias del fabricante.
- Escaleras peldañeadas y protegidas.

### 5.3. INSTALACIONES

Instalación de la tubería de acero del sistema de bocas de incendio equipadas, instalación de la tubería de PVC del sistema de detección de incendios, montaje de elementos específicos del sistema, realización de las conexiones eléctrica, montaje de los extintores y señalización.

✓ *Riesgos más comunes:*

- Golpes o corte con material.
- Heridas punzantes, cortes, golpes,...
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de objeto a distinto nivel.
- Electrocuciiones.

✓ *Medidas técnicas de protección:*

- Casco homologado y certificado.
- Cinturón de seguridad.
- Mono de trabajo.
- Guantes apropiados.
- Delimitar la zona de trabajo.
- Los bornes de las máquinas y cuadros eléctricos debidamente protegidos.
- Medios auxiliares adecuados según trabajo.

✓ *Normas básicas de seguridad:*

- Trabajos de B.T. correctamente señalizados y vigilados.
- Limpieza y orden en el trabajo.

#### 5.4. PINTURA

Los paramentos que tengan que llevar terminaciones a base de pinturas, serán tratadas antes convenientemente. Cuando se vaya a pintar sobre superficies terminadas con mortero de cemento se procederá a un raspado enérgico para eliminar resaltes y asperezas y se tapanán las grietas con un plaste de igual tipo al de la pintura a utilizar previo a la primera mano de imprimación. Se acabará con las manos de pintura que se indique, que en ningún caso serán menos de dos, aparte de la de imprimación.

✓ *Riesgos más comunes:*

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de andamios o escaleras.
- Caídas de objetos a distinto nivel.
- Intoxicación por atmósferas nocivas.
- Salpicaduras o lesiones en la piel.

✓ *Medidas técnicas de protección:*

- Mono de trabajo.
- Gafas para pinturas en techos.
- Guantes apropiados.
- Mascarilla homologado con filtro.

- Andamios normalizados.

✓ *Normas básicas de seguridad:*

- Revisar diariamente los medios auxiliares y elementos de seguridad.

- Prohibido permanecer en el lugar de vertido o mezcla de productos tóxicos.

- Cumplir las exigencias del fabricante.

- Ventilación adecuada en zona de trabajo y almacén.

- Evitar el contacto de la pintura con la piel.

- Limpieza y orden en el trabajo.

## 6. MEDIOS AUXILIARES

### 6.1. ANDAMIOS SOBRE RUEDAS

- ✓ *Riesgos más comunes:*
  - Caídas de personas.
  - Caídas de material.
  - Golpes durante montaje o transporte.
  - Vuelco de andamios.
  - Sobreesfuerzos.
  - Los inherentes al trabajo a realizar.
  
- ✓ *Medidas técnicas de protección:*
  - Casco homologado y certificado.
  - Mono de trabajo.
  - Cinturón de seguridad.
  - Guantes apropiados.
  - Señalización de zona de influencia durante su montaje y desmontaje.
  
- ✓ *Normas básicas de seguridad:*
  - No se moverán con personas o material sobre ellos.
  - No se trabajará sin haber instalado frenos anti-rodadura.
  - Se apoyarán sobre bases firmes.
  - Se rigidizarán con barras diagonales.

## 6.2. ESCALERAS DE MANO

✓ *Riesgos más comunes:*

- Caídas de personas.
- Caídas de material.
- Roturas por mal estado.
- Deslizamiento por apoyo deficiente.
- Los inherentes al trabajo a realizar.

✓ *Medidas técnicas de protección*

- Casco homologado y certificado.
- Mono de trabajo.
- Calzado homologado según trabajo.

✓ *Normas básicas de seguridad:*

- Estarán apartados de elementos móviles que puedan derribarlas.
- No estarán en zonas de paso.
- Los largueros serán de una pieza con peldaños ensamblados.
- No se efectuarán trabajos que necesiten utilizar las dos manos.

## **7. PREVISIONES E INFORMACIÓN PARA EFECTUAR EN CONDICIONES DE SEGURIDAD Y SALUD LOS TRABAJOS POSTERIORES**

Cualquier anomalía detectada debe ponerse en conocimiento del Técnico competente.

En las operaciones de mantenimiento, conservación o reparación deberán observarse todas las Normas de Seguridad en el Trabajo que afecten a la operación que se desarrolle.

En todos los casos, la Propiedad es responsable de la revisión y mantenimiento de forma periódica o eventual de la instalación, encargando a un técnico competente en cada caso.

