

Universidad de **Cádiz**

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

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

Titulo: DISEÑO DE UNA CABINA DE PINTURA
PARA ELEMENTOS AERONÁUTICOS

Autor: Fernando PÉREZ CHÁVEZ

Fecha: Junio 2006





“DISEÑO DE UNA CABINA DE PINTURA PARA ELEMENTOS AERONAUTICOS”

RESUMEN

El planteamiento del presente proyecto “Diseño de una cabina para elementos aeronáuticos” surge ante la necesidad de una industria aeronáutica dedicada a la fabricación de piezas y subconjuntos en fibra, a los que debe aplicarles el acabado necesario, por varias razones:

- El incremento productivo de dicha industria, motivado por el aumento en la cadencia de los programas actuales, así como la incorporación de nuevos programas.
- La posibilidad de absorber productos de otras industrias del sector, que carecen de las instalaciones necesarias para la aplicación de los procesos finales a sus productos, o bien disponen de ellas, pero no son autosuficientes para hacer frente a las necesidades crecientes del mercado actual.
- El coste que supone realizar los procesos finales en otra empresa, así como los costes logísticos y temporales derivados del transporte de los elementos de una empresa a otra.

Dichas razones son las que motivan a tomar la decisión de crear las instalaciones de pintura que se tratan en el este proyecto, en lugar de subcontratar el proceso de acabado de sus productos.

El objeto es diseñar una cabina de pintura, debido a su importancia y complejidad en el proceso, y tratar de forma menos detallada el resto de instalaciones necesarias. Dicho diseño se realizará atendiendo a las características técnicas y constructivas generales de la cabina de pintura, lugar donde se aplica el recubrimiento y se produce la evaporación de los disolventes, estas características son función de las

dimensiones de los elementos a pintar, así como de la legislación medioambiental actual, sobre limitación de emisiones de compuestos orgánico volátiles (COV's) a la atmósfera, debidas al uso de bases de pintura y disolventes, según Real Decreto "RD. 117/03".

Estos dos condicionantes, dimensiones de los elementos y limitación de las emisiones de COV's a la atmósfera, son los que determinaran el cálculo de el caudal de aire a tratar.

A partir del caudal de aire a tratar se obtendrán los siguientes datos:

- Conductos de impulsión y extracción, dimensionados según la velocidad de paso de aire a través de ellos.
- Superficie filtrante del plenum de impulsión.
- Perdidas de carga debidas a filtros.
- Perdidas de carga debidas a la circulación del aire a través de los conductos.
- Equipos de impulsión y extracción, acordes a las necesidades.

La finalidad de la cabina de pintura es la de una correcta aplicación del recubrimiento, sin sobrepasar los limites de emisión de COV's y recoger los restos del "overspray" procedente de la aplicación mediante una balsa de agua en el foso de aspiración. Esta agua es recirculada al foso previo filtrado.

El estudio económico de la implantación de las instalaciones de pintura se realizará teniendo en cuenta las horas productivas reales de la instalación, y el volumen productivo a lo largo del año, comparando estos datos con los costes generados por el transporte y operación de pintura en otra empresa subcontratada a tal efecto.

Se llegará al resultado de que es conveniente contar con dichas instalaciones en la propia empresa y de que la amortización de las instalaciones se obtiene en unos 6 años, siendo la vida media de las instalaciones de 15 a 20 años, siguiendo un plan de mantenimiento efectivo.

DOCUMENTO N° 1:
MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:	6
2. ANTECEDENTES	8
2.1. Introducción	8
2.2. Descripción básica del proceso de pintado de elementos aeronáuticos	9
2.2.1. Cabina de pintura	9
2.2.2. Cabina-horno de pintura	11
2.2.3. Tipos de cabinas	13
2.2.4. Características y elementos básicos:	14
2.3. Localización de la empresa	17
2.4. Definición de las instalaciones	17
2.4.1. Transfer de unión almacén pintura	18
2.4.2. Carro de traslación	18
2.4.3. Cabina de preparación	19
2.4.4. Cabina de pintura	19
2.4.5. Cabina horno de curado	20
2.4.6. Almacén de productos	20
2.4.7. Sala de mezclas	20
2.4.8. Área de transferencia	21
2.5. Breve descripción de las operaciones realizadas en la cabina de pintura	21
2.5.1. Preparación de la superficie de la pieza:	24
2.5.1.1. Corrección de defectos superficiales previos a la aplicación de pinturas:	24
2.5.1.2. Matizado de la superficie:	25
2.5.2. Preparación y manejo de productos:	26

2.5.3.	Operaciones de pintado:	27
2.5.3.1.	Superficies exteriores de fibra de carbono:	27
2.5.3.2.	Superficies exteriores de fibra de vidrio:	29
2.5.3.3.	Superficies interiores de fibra de carbono y fibra de vidrio	30
2.5.3.4.	Superficies exteriores de fibra de aramida	30
2.5.3.5.	Superficies interiores de fibra de aramida	31
3.	DATOS BASE PARA EL PROYECTO:	34
3.1.	Reglamentación y documentación aplicable	34
3.2.	Elementos que se pintaran:	35
3.3.	Condiciones climáticas y ambientales de la instalación	37
3.3.1.	En interior de cabina:	37
3.3.2.	En interior de almacén y cuarto de mezclas:	39
3.3.3.	En área de transferencia:	39
3.3.4.	En el exterior de la instalación	40
4.	SERVICIOS DISPONIBLES	41
5.	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRABAJO	42
6.	DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS INSTALACIONES	44
6.1.	Cabina de preparación:	44
6.2.	Cabina de pintura	49
6.3.	Horno de secado	49
6.3.1.	Características del horno de secado	50
6.3.2.	Regulación de la temperatura	52
6.3.3.	Características de la cámara de calentamiento	53
6.4.	Almacén de pinturas	55

6.5.	Sala de mezclas	57
6.6.	Área de transferencia	60
7.	DISEÑO Y DESCRIPCION TÉCNICA DE LA CABINA DE PINTURA:	63
7.1.	Descripción técnica de la cabina de pintura	63
7.2.	Impulsión y extracción de aire	65
7.3.	Filtros	72
7.3.1.	Filtros de media eficacia:	74
7.3.2.	Filtros de alta eficacia:	75
7.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS	77
7.4.1.	Descripción grupo de aporte de aire	77
7.4.1.1.	Bancada:	77
7.4.1.2.	Suelo:	77
7.4.1.3.	Envolvente:	78
7.4.1.4.	Estructura:	78
7.4.1.5.	Drenajes:	79
7.4.1.6.	Puertas de acceso y mantenimiento:	79
7.4.1.7.	Luminarias:	80
7.4.2.	Características constructivas de las diferentes secciones de los grupos de aporte de aire	80
7.4.2.1.	Sección entrada de aire:	80
7.4.2.2.	Sección de filtrado de aire:	80
7.4.2.3.	Sección de calentamiento de aire:	81
7.4.2.4.	• Sección humectación aire:	83
7.4.2.5.	• Sección de impulsión aire:	84
7.4.3.	Extractores	87
7.5.	INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL	88
7.5.1.	Subsistema de lavado y depuración	88
7.5.2.	Subsistema de aire	88

7.5.3.	Subsistema de temperatura y humedad	89
7.6.	OBRAS E INSTALACIONES AUXILIARES	90
7.6.1.	Obra civil	90
7.6.2.	Instalación eléctrica	92
7.6.2.1.	Descripción del hardware de control	92
7.6.2.2.	Supervisión y control mediante PC	93
7.6.2.3.	Equipo informático	93
7.6.2.4.	Software de control en PLC	95
7.6.2.5.	Software de control en PC	95
7.6.2.6.	Cuadro de instalaciones para cabinas y horno	96
7.6.2.7.	Alumbrado zona de transferencia y piso técnico	98
7.6.2.8.	Instalación de gas para alimentación a quemadores	98
7.6.2.9.	Instalación detección de incendios	99
7.6.2.9.1.	Cabina de preparación (línea piezas grandes)	99
7.6.2.9.2.	Cabina de pintura (línea de piezas grandes)	100
7.6.2.9.3.	Almacén de pinturas	100
7.6.2.9.4.	Sala de mezclas	101
7.6.2.9.5.	Zona de transferencia	102
7.6.2.10.	Carteles de señalización	102
7.6.2.11.	Cuadro de pruebas para los detectores infrarrojos	102
7.6.2.12.	Señalización de alarmas	103
7.6.2.13.	Instalación eléctrica	103
7.6.3.	Equipos de pintura y red de aire comprimido	103
7.6.3.1.	Datos de diseño	104
7.6.3.2.	Solución adoptada	105
7.6.3.3.	Equipos para la agitación y alimentación de dosificador electrónico	105
7.6.3.4.	Cuadro neumático de puesta a punto de bases y catalizadores.	107
7.6.3.5.	Dosificador electrónico marca binks modelo de-2010	108
7.6.3.6.	Equipos compactos y portátiles de aplicación de pintura	109
7.6.3.7.	Red aire comprimido	111
8.	BIBLIOGRAFÍA	112

1. OBJETO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO:

El planteamiento de este proyecto surge ante la necesidad de una industria aeronáutica dedicada a la fabricación de piezas y subconjuntos en fibra, a los que debe aplicarles el acabado necesario, por varias razones:

- ❖ El incremento productivo de dicha industria, motivado por el aumento en la cadencia de los programas actuales, así como la incorporación de nuevos programas.
- ❖ La posibilidad de absorber productos de otras industrias del sector, que carecen de las instalaciones necesarias para la aplicación de los procesos finales a sus productos, o bien disponen de ellas, pero no son autosuficientes para hacer frente a las necesidades crecientes del mercado actual.
- ❖ El coste que supone realizar los procesos finales en otra empresa, así como los costes logísticos y temporales derivados del transporte de los elementos de una empresa a otra.

Dichas razones son las que llevan a la empresa a tomar la decisión de crear las instalaciones de pintura 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, en este caso AIRBUS S.L., en los elementos que éste utiliza en su montaje, bien sean piezas o

subconjuntos aeronáuticos, como son los timones, revestimientos y cajones laterales.

El objeto es diseñar una cabina de pintura debido a su importancia y complejidad en el proceso, y por ser dónde se produce la evaporación de los disolventes. Dicho diseño se realizará atendiendo a las características técnicas y constructivas generales de las instalaciones de pintura, en función de los elementos aeronáuticos a tratar, y desde el punto de vista de la legislación medioambiental actual, en base a los productos nocivos que han de utilizarse en el proceso de acabado, bases de pintura y disolventes que contienen “Compuestos Orgánicos Volátiles” (COV’s).

2. **ANTECEDENTES**

2.1. **Introducción**

La aplicación de pintura representa el proceso final en la cadena de producción de una industria dedicada a la fabricación de elementos, piezas o subconjuntos, aeronáuticos.

El proceso de aplicación de pintura se compone de una serie de etapas:

- 1- Preparación
- 2- Aplicación de pintura
- 3- Horno de curado

A tal efecto se dispone de una cabina para cada una de las etapas mencionadas:

- 1- Cabina de preparación: donde se realizan las operaciones de preparación del elemento, lijado, enmascarado, matizado etc. Necesarias para la correcta aplicación de la pintura.
- 2- Cabina de pintura: donde se introducen los elementos y se procede al pintado de las superficies y posterior evaporación de los disolventes, previo paso a la siguiente etapa.
- 3- Cabina horno de curado: donde los elementos permanecen el tiempo y a la temperatura necesarias según la pintura aplicada.

2.2. Descripción básica del proceso de pintado de elementos aeronáuticos

2.2.1. Cabina de pintura

La cabina es un componente fundamental en el proceso de pintura en la que se produce el ambiente idóneo para un repintado de calidad. Pero no sólo aporta ventajas de cara a garantizar un acabado perfecto, sino también desde el punto de vista medio ambiental, ya que se retienen la mayoría de partículas de pintura y compuestos orgánicos volátiles (COVs), y desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, ya que permite al pintor trabajar en unas condiciones controladas.

Una cabina de pintura es un recinto cerrado en el que se introduce el elemento o pieza a pintar, y por el que circula aire desde el techo de la cabina hacia el suelo de la misma. Esta circulación forzada de aire, vertical y hacia a bajo, es la encargada de arrastrar los restos de pulverización aerográfica.

El aire captado del exterior, se hace pasar por un filtro para eliminar las principales impurezas, después puede ser calentado, si es necesario, mediante un quemador que eleva su temperatura y posteriormente por un humidificador hasta alcanzar el punto óptimo de aplicación. Antes de entrar el aire a la cabina se hace pasar a través de unos filtros o "plenum" que eliminan las partículas finas de polvo para evitar que la suciedad quede adherida a la película de pintura. Las salidas de este aire se realizan por el suelo enrejillado, filtrando el aire mediante los denominados "paint-stop", filtros que se encuentran en el foso debajo de las rejillas y que retienen los restos de la pintura en suspensión, que no arrastra la corriente de agua. Tanto estos filtros como los del plenum, deben ser renovados después de un determinado número de horas de funcionamiento de la cabina, ya que se van cargando, dificultando la circulación de aire en la cabina y creando una

sobrepresión excesiva que perjudica tanto al pintado (se crean turbulencias interiores) como al operario, al trabajar en un ambiente poco saludable que le puede producir cansancio.

Estos filtros "paint-stop" sólo retienen la pintura sólida, de manera que los disolventes de la pintura, los compuestos orgánicos volátiles (COV's), son expulsados a la atmósfera. Para retener estos contaminantes, las cabinas pueden contar con un sistema de filtración de vapores orgánicos, en caso de ser necesario, se trata de un filtro de carbón activo que también debe ser renovado cada cierto tiempo para que éste sea eficaz.

El aire dentro de la cabina circula desde arriba hacia abajo, creando un flujo vertical y descendente que garantiza la adecuada renovación de aire del interior de la cabina. El caudal de aire en la aplicación de pintura para una cabina típica tiene una velocidad media de aire de unos 0,5 m/s. El diseño de la cabina ha de asegurar que en esta circulación de aire no se produzcan turbulencias, para garantizar que los restos de pintura se dirijan directamente a la zona enrejillada del suelo.

El volumen de aire introducido es algo superior al de aire extraído, de manera que se crea una ligera sobrepresión en la cabina que tiene como consecuencia una corriente de salida de aire desde la cabina hacia el exterior a través de las juntas, cierres, incluso al abrir la puerta, ya que si fuese en sentido inverso entraría aire sin filtrar con partículas de polvo y pintura de las operaciones adyacentes a la cabina de pintura.

La introducción y extracción de aire se puede realizar mediante un grupo motoventilador, o mediante dos, dependiendo de las dimensiones de la cabina. En el caso de dos motoventiladores, uno es el encargado de la aspiración de aire y el otro de su impulsión, ejerciendo cada uno una función independiente.

Otra característica importante que debe poseer una cabina de pintado es un buen sistema de iluminación que proporcione la cantidad y calidad de luz necesaria para un buen desarrollo del trabajo de pintado. Esta calidad de luz garantiza una buena reproducción cromática con un espectro de luz lo más semejante a los patrones de luz día, necesario para una buena percepción del color para la operación de ajuste, ya que la calidad de pintado de un coche depende en gran medida de un correcto ajuste del color de acabado. En cuanto a la cantidad de luz, el flujo luminoso debe ser de alrededor de 800 luxes (un lux es un flujo luminoso de 1 lúmen/m²), nunca inferior a 750 luxes.

2.2.2. Cabina-horno de pintura

Una vez aplicada la pintura de acabado, esta se puede secar a la temperatura ambiente, 20°C aproximadamente, o acelerar el proceso de secado elevando la temperatura a unos 60 °C en una cabina de secado aparte o en la misma cabina en la que se ha aplicado la pintura.

Por lo general, la propia cabina de pintura donde se ha aplicado la pintura actúa también como horno de secado, circulando el aire en su interior a una temperatura que oscila alrededor de los 60°C. Por lo tanto, estas cabinas tienen dos fases de funcionamiento: una fase de pintado, con un determinado caudal de aporte de aire, a una velocidad determinada y calentando el aire introducido a unos 22 °C; y una segunda fase de secado en la que el caudal y la velocidad pueden ser menores, y se eleva la temperatura a unos 60 °C. En esta fase de secado, el aire aspirado del exterior antes de ser impulsado al "plenum" de distribución, es recirculado a través del intercambiador de calor en una proporción aproximada del 65% para un mayor aprovechamiento energético.

Una alternativa interesante desde el punto de vista del aumento de la productividad, es el secado mediante el empleo de equipos de infrarrojos frente al secado convencional, con el que se consigue una reducción considerable en los tiempos de secado.

Éstos actúan de forma muy diferente al calentamiento por aire. Se sitúa la pantalla emisora de radiación a cierta distancia de la superficie a secar, y la radiación emitida atraviesa el aire sin elevar la temperatura ambiental. La película de pintura apenas absorbe energía de radiación, la atraviesa y llega hasta la chapa del vehículo, que sí absorbe la radiación y se calienta. Este calentamiento de la chapa se trasmite a la película de pintura, de manera que el secado se realiza de dentro hacia fuera, al contrario de lo que sucede con el sistema convencional.

Los tiempos de secado se reducen considerablemente respecto del sistema convencional de secado en cabina-horno, según el tipo de pintura, tipo de IR utilizado, e incluso del color.

Los equipos de secado por infrarrojos pueden ser muy variados en cuanto a su tamaño, desde pequeños equipos manuales, hasta instalaciones en cabina de pintura (arcos o túneles de secado o paneles laterales), pasando por instalaciones móviles empleadas en la zona de preparación. Éstos tienen su mayor campo de aplicación en el secado de pinturas de fondo, dejando la cabina-horno exclusivamente para el pintado y secado de las pinturas de acabado.

2.2.3. Tipos de cabinas

Los distintos tipos de cabinas de pintura se reducen a las dimensiones del recinto, el número de filas de luces, así como la potencia y características del grupo impulsor, pero, en líneas generales, se puede establecer la siguiente clasificación:

- ♦ *En función del sentido de la corriente de aire en el interior, puede haber varios tipos de cabinas de pintura:*

Se suelen definir de 'Flujo Vertical' las cabinas cuya corriente de aire bajan desde el techo filtrante hacia el suelo en sentido vertical, saliendo hacia el exterior a través de lugares dejados abiertos expresamente.

Otro tipo son las llamadas cabinas de 'Flujo Semivertical', caracterizadas porque la corriente de aire baja desde un restringido techo filtrante, colocado en una extremidad en la instalación, y sale al exterior a través de adecuadas aberturas ubicadas estratégicamente en la zona inferior de la pared opuesta al techo filtrante.

Dentro de este grupo, también están las cabinas de pintura de 'Flujo Horizontal', que son aquellas cuya corriente aérea es horizontal al suelo, entrando el aire generalmente a través de marcos filtrantes, colocados en la estructura de las puertas, y saliendo a través de otros marcos también filtrantes ubicados estratégicamente en la pared opuesta. Normalmente las cabinas de flujo semi-vertical y horizontal se suelen utilizar para el pintado de vehículos, fabricados industriales o para zonas de preparación.

- ♦ *En función del sistema de impulsión y de extracción del aire, se encuentran las cabinas de pintura conocidas en el argot como tipo 'Globo', es decir, con sólo un grupo de impulsión de aire (un motor y*

un ventilador), o las del modelo 'Equilibrado', o sea, las que cuentan con un ventilador, grupo impulsor y grupo extractor (dos motores y dos ventiladores).

- ♦ *En función del sistema utilizado para alcanzar la temperatura deseada en la fase de secado, se pueden distinguir cabinas con renovación total del aire de reciclado, o con renovación parcial del aire interior de la cabina (hay que dejar bien claro que es precisa una renovación mínima del 20% del aire). Pero, prácticamente, todos los modelos de cabina existentes en la actualidad tienen un mismo sistema de trabajo, y todos los pasos de la fase de secado son automatizados.*
- ♦ *Respecto al sistema de filtrado, se pueden emplear sistemas de filtros secos o bien sistemas de filtración por cortina de agua.*

2.2.4. Características y elementos básicos:

Los puntos más importantes a destacar son los siguientes:

Desde el punto de vista constructivo, tiene gran importancia el espacio y el diseño, tanto del foso como la salida de gases al exterior, de forma que se asegure la ausencia de turbulencias y de sobrepresiones. La construcción de la cabina debe ser modular, pero sólida.

A la hora de fabricar la cabina de pintura es fundamental el empleo de buenos aislantes térmicos y acústicos, tanto en los paneles que conforman el perímetro del recinto de pintura, como en los paneles que conforman el grupo impulsor. Además, la cabina debe tener un acabado que garantice inalteradas las

características de funcionamiento a lo largo de su vida (10/15 años) ó 15/20.000 horas de trabajo.

El nivel de iluminación de una cabina de pintura debe ser uniforme y nunca inferior a 750 'lux' a la altura del piso.

La velocidad de aire en el interior de la cabina una de las características fundamentales, para una correcta evacuación de gases. Esta magnitud debe asegurar una renovación de aire alrededor de los 150-250 renovaciones/hora. O sea, la ventilación de la cabina debe garantizar una sobrepresión constante y uniforme en el interior del habitáculo, y además se tiene que ajustar al tipo de pintura que se use. Tampoco hay que olvidar que el caudal de aire debe estar de acuerdo al espacio.

El techo filtrante de la cabina de pintura debe ser suficientemente amplio para garantizar la ausencia de corrientes contrarias al flujo vertical existente, cuya presencia determinaría la creación de remolinos, que terminarían afectando al acabado final.

La cabina de pintura debe constar de un sistema de calefacción y de regulación que garantice una temperatura constante y uniforme en toda la superficie y a todas las alturas con una diferencia máxima inferior a 5°C.

Un buen sistema de control del nivel de saturación de los filtros del techo también es clave en una cabina de pintura.

La cabina de pintura tiene que contar con una adecuada superficie de filtros para pintura en expulsión, bien colocados en la zona de paso de aire, que garanticen una retención no inferior al 85 - 90% de las partículas de pintura 'over spray' que no se depositan.

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y la finalidad de la instalación de pintura que nos ocupa, se ha optado por una cabina independiente por cada una de las fases del proceso de pintura. Cada una de estas cabinas tendrá un flujo vertical descendente, sistemas de impulsión equilibrados (grupo impulsor y grupo extractor). Las cabinas de preparación y de pintura no tendrán 100 % aporte de aire exterior, mientras que en la fase de horno se recirculara el aire, para un mayor aprovechamiento energético. Finalmente los filtros en las cabinas de preparación y de pintura serán mixtos, ya que se contara con una cortina de agua para evitar que se depositen en el suelo partículas de pintura que no sean arrastradas por la corriente de aire hacia los filtros secos colocados el los laterales del foso de aspiración.

2.3. Localización de la empresa

Para la realización de este proyecto se ha tenido como referencia una industria perteneciente al sector aeronáutico AIRBUS S.L., situada en la localidad de Puerto Real (Cádiz), la cual dispone de 1280 m² de superficie en planta distribuidos en un recinto de 30 x 42 m aproximadamente, en dónde se procederá a la ejecución de las instalaciones de pintura.

La superficie destinada a albergar las instalaciones de pintura están situadas junto a la nave de producción y comunicada con la zona de almacenaje y transporte, con el objeto de facilitar las tareas de manipulación, tratamiento, inspección, embalaje y transporte de los elementos

2.4. Definición de las instalaciones

La instalación de pintura proyectada se compone de las siguientes partes:

- Transfer.
- Carro de traslación.
- Cabina de preparación.
- Cabina de pintura.
- Cabina horno de curado.
- Almacén de productos.
- Sala de mezclas.

- Área de transferencia.

A continuación describimos de forma breve cada uno de ellos:

2.4.1. Transfer de unión almacén pintura

Elemento que se utiliza para transportar de forma rodada, cómoda y segura las piezas grandes desde la zona de recepción del almacén hasta las instalaciones de pintura. Esta especialmente diseñado para poder sujetar a modo de cercha los timones o revestimientos de cajones por separados o integrados en los cajones.

2.4.2. Carro de traslación

Elemento que consta de un carro sujeto a raíles, fijados al techo de las instalaciones y que se utiliza para transportar de forma suspendida, cómoda y segura las piezas grandes dentro de las instalaciones de pintura. Se trata de un sistema de transporte implantado en todas las instalaciones de la empresa, cuya finalidad es minimizar el espacio necesario para la manipulación de los elementos así como hacerlo de forma segura y rápida.

El carro de transporte dispone de dos enganches a modo de grilletes automáticos, que van a coger al transfer (cercha), para después rodarlo por los raíles. Estos raíles están formados por dos perfiles de acero en “U” (UPN 100 calculado para soportar el peso del carro de traslación, transfer y el mayor de los elementos a manipular en las instalaciones. El carro de traslación y el transfer forman parte de las instalaciones de partida, por lo que no son objeto del presente

proyecto) enfrentados y soldados con bridas cada cuatro metros por el interior del cual se transporta el carro de traslación.

2.4.3. Cabina de preparación

Cabina donde se realizarán las operaciones propias de preparación de los elementos. Operaciones de lijado, de limpiado de superficies, de enmascarado etc. Necesarias para una correcta aplicación de pintura. Debido a que las operaciones a realizar en esta cabina no son posibles efectuarlas en posición vertical y a las dimensiones de alguno de los elementos a manipular, en la cabina de preparación se instalara una mesa de apoyo horizontal de las piezas, así como los útiles de manipulación y ayuda al operario para estas operaciones de descenso y elevación, cuelgue y descuelgue.

2.4.4. Cabina de pintura

Cabina donde se procede al pintado de las superficies, y posterior evaporación de los disolventes que contienen la pintura así como el utilizado para la limpieza de los elementos.

Una vez que se ha producido la evaporación de los disolventes, la pieza se introduce en el horno de curado. Donde permanece el tiempo y a la temperatura, marcada en el ciclo del proceso y según sea la pintura aplicada.

2.4.5. Cabina horno de curado

La finalidad del horno de secado es la de asegurar la polimerización de la película de pintura aplicada sobre la superficie de las piezas en el proceso de pintado. Los elementos permanecen el tiempo y a la temperatura, marcada en el ciclo del proceso y según sea la pintura aplicada. El sistema de calentamiento de las piezas, subconjuntos será por convección forzada de aire.

2.4.6. Almacén de productos

Se habilita una zona de las instalaciones como almacén para los productos que se utilizan en las distintas etapas del proceso. Herramientas y productos necesarios para los procesos de enmascarado, matizado y lijado, pinturas, disolventes, catalizadores, equipos de protección individual, etc.

2.4.7. Sala de mezclas

Sala ubicada junto al almacén de productos, dedicada a la preparación de las pinturas a aplicar. Dispondrá de un armario ubicado entre el almacén y la sala de mezclas, dotado de doble apertura, tanto desde el almacén como desde la sala de mezclas. Dicho armario estará provisto de estantes dotados de rodillos de material plástico, con inclinación hacia la sala de mezclas, de manera que el flujo de suministro se realice desde el almacén a la sala.

2.4.8. Área de transferencia

Constituye la zona de distribución entre las distintas áreas de pintura (cabinas de preparación, pintura, horno). También se puede utilizar para realizar pequeñas operaciones que no necesiten condiciones especiales, tales como verificación de piezas, subconjuntos acabados, repaso y retoque, etc. En definitiva, zona destinada a la manipulación de los elementos entre las distintas etapas del proceso de pintura. Toda el área estará barrida por el carro de traslación.

2.5. Breve descripción de las operaciones realizadas en la cabina de pintura

A continuación se va a establecer el procedimiento donde se describa de forma breve las etapas del proceso de pintado de piezas elementales, subconjuntos fabricados en materiales compuestos (fibra de carbono, fibra de vidrio y fibra de aramida) de matriz orgánica, en los cuales esta basada fundamentalmente la producción de la empresa que requiere las instalaciones de pintura objeto del presente proyecto.

Los productos utilizados para la aplicación de acabados orgánicos son:

❖ Pinturas:

- Imprimación sin cromatos (Aerodur Barrier)
- Imprimación de poliuretano (Koroflex Primer)

- Tapaporos
- Wash primer
- Imprimación de poliuretano
- Acabado de poliuretano
- ❖ Materiales para repaso.
 - Resina.
- ❖ Materiales auxiliares:
 - Alcohol isopropílico.
 - Metil-etil-cetona
 - Scotch-Brite fino Tipo A
 - Scotch-Brite muy fino Tipo A
 - Cinta de enmascarar
 - Abrasivo de alúmina
 - Guantes de algodón
 - Guantes de caucho
 - Trapos de algodón

El proceso de pintura consta de las siguientes etapas:

- *Preparación de la superficie de la pieza, subconjunto a pintar*
- *Preparación y manejos de productos.*
- *Operaciones de pintado.*

2.5.1. Preparación de la superficie de la pieza:

La preparación superficial de piezas de material compuesto para pintura, consiste tan solo en un proceso de eliminación de posibles restos de desmoldeantes u otros contaminantes depositados durante la manipulación de las piezas, mediante un matizado de la superficie que además proporciona al sustrato el estado superficial adecuado para obtener la rugosidad necesaria para obtener una buena adherencia entre el esquema de pintado y el material base.

2.5.1.1. Corrección de defectos superficiales previos a la aplicación de pinturas:

Los defectos superficiales que se hayan podido producir durante el proceso de fabricación del elemento como “telegraphing”, araños, porosidad superficial, depresiones, rechupes, exceso de lijado que deje expuestas fibras, etc.... deben ser reparados con anterioridad a la aplicación del esquema de pintura de acuerdo con el criterio descrito a continuación:

- ❖ Limpiar con trapos limpios, sin hilachas, empapados en alcohol isopropílico y secar inmediatamente con trapos limpios sin dejar que el disolvente se evapore en la superficie.
- ❖ Mezclar, aplicar y curar la resina.
- ❖ Lijar con abrasivo de grado 320 ó más fino teniendo precaución de no dañar o volver a exponer fibras.
- ❖ Limpiar con trapos limpios impregnados en alcohol isopropílico hasta que no aparezcan restos de suciedad en los trapos.

2.5.1.2. Matizado de la superficie:

En el matizado de las superficies se actúa, en función del acabado de las piezas, de la siguiente manera:

- Piezas con una capa de adhesivo o malla metálica en la superficie a pintar:
 - Matizar la superficie mediante lijado suave utilizando “Sctoch-Brite” Tipo A muy fino, con cuidado de no dañar la capa de adhesivo la cual debe mantener su integridad después del matizado.
 - Limpiar la superficie con trapos limpios impregnados en alcohol isopropílico, y secar inmediatamente con trapos limpios y secos sin dejar que el disolvente se evapore en la superficie, hasta que no queden restos de suciedad en los trapos.

- Piezas sin capa de adhesivo en la superficie a pintar:
 - Desengrasar la superficie con trapos limpios de algodón empapados en alcohol isopropílico.
 - Matizar la superficie mediante lijado suave usando lija o disco abrasivo de lumina de grado 320 o más fino, sin dañar las fibras, en caso de superficies de fibra de carbono, y

“Scotch-Brite” Tipo A muy fino empapado en Alcohol para superficies de fibra de aramida.

- Limpiar la superficie con trapos limpios de algodón impregnados en alcohol isopropílico, hasta que no aparezcan restos de suciedad en los trapos. No dejar que el disolvente se evapore en la superficie.

● Piezas con Tedlar:

- Las superficies interiores de piezas sandwich cubiertas con Tedlar no necesitan ninguna operación posterior de pintura. Si el plano de la pieza requiriera el pintado de estas zonas, únicamente sería necesario un desengrase con trapos limpios de algodón impregnados en alcohol isopropílico.

2.5.2. Preparación y manejo de productos:

Los productos se almacenaran según la norma interna I+D-N-12:

Los componentes se atemperarán y se agitaran por separado antes de su mezcla. La agitación se efectuara preferiblemente mediante medios mecánicos, antes de abrir los botes, con el fin de homogeneizar los componentes y evitar la sedimentación de pigmentos. El componente base tendrá aspecto uniforme, sin grumos ni partículas gelificadas. El catalizador tendrá apariencia uniforme, sin turbiedad ni capas estratificadas. Si algún recipiente muestra evidencia de fugas, el producto será desechado.

Para la mezcla y dilución de los productos así como para el control de viscosidades, se seguirán siempre las instrucciones indicadas en las fichas técnicas correspondientes a los siguientes productos:

- Código Z12-117 Kloroflex Primer 823x439 (Imprimación de Poliuretano)
- Código Z12-129Aerodur Barrier Primer (imprimación sin cromatos)
- Código Z12-120 Wash Primer
- Código Z12-105 Imprimación de poliuretano.
- Código Z12-380 Acabado de poliuretano.

2.5.3. Operaciones de pintado:

Dependiendo del tipo de material en que se fabrique la pieza, subconjunto nos encontramos con 5 tipos de procesos:

2.5.3.1. Superficies exteriores de fibra de carbono:

Después de preparar la superficie según lo indicado en el apartado 1, se aplicara en flash de imprimación Z12-129 (imprimación sin cromatos) con una viscosidad lo mas baja posible dentro del rango establecido en su ficha técnica.

Se deja que el disolvente evapore a temperatura ambiente durante 30 minutos mínimo y se deja secar la imprimación durante 90 minutos mínimo en estufa a 60 \pm 5 °C.

Posteriormente se inspecciona visualmente la superficie para comprobar ausencia de irregularidades, especialmente porosidad superficial localizada. Si el diámetro de los poros es \leq 0.5 mm y el número de poros menor de 15 por cm² de la superficie considerada, se aplicara tapaporos para eliminar esa porosidad local.

Defectos mayores que los mencionados deben ser reparados antes de la aplicación del esquema de pintura.

Una vez aplicado el tapaporos, curar durante 12 horas a temperatura ambiente. Eliminar el exceso de tapaporos mediante lijado con abrasivo de grado 320 ó más fino y limpiar con trapos de algodón impregnados con alcohol isopropílico, evitando daños en la capa de imprimación.

Posteriormente aplicar una capa, dos manos cruzadas, de imprimación Z12-129 (imprimación sin cromatos) y curarla según se ha indicado anteriormente.

Cuando lo requiera el plano, sobre la imprimación se aplicara una capa de wash primer Z12-120, dejando secar 1 hora mínimo a temperatura ambiente antes de proseguir con la siguiente operación.

Sobre la imprimación Z12-129 o el wash primer Z12-120, respectivamente y de acuerdo con el requerimiento del plano de la pieza, se aplicara una capa de imprimación Z12-105 (imprimación de poliuretano) dejando secar un mínimo de 90 minutos a temperatura ambiente, antes de proseguir con la siguiente operación.

Finalmente y si el plano de la pieza, subconjunto lo requiere, aplicar sobre la imprimación Z12-105 una o mas capas de acabado de exteriores Z12-380 (acabado de poliuretano) hasta conseguir el espesor requerido, dejando secar 30 minutos entre capas a temperatura ambiente, y secando durante 90 minutos mínimo a temperatura ambiente antes de proseguir con la siguiente operación.

El curado total del esquema de pintura (entrecruzamiento que permite alcanzar las propiedades optimas de resistencia a disolventes, etc.) no tiene lugar hasta que han transcurrido 7 días a temperatura ambiente desde la finalización de las operaciones de pintado (se podrá conseguir un curado acelerado secando 10 horas en estufa a 65 +-5°C)

De ahí la importancia de la cabina horno, a la hora de reducir tiempos entre fase y fase del proceso de pintura de la pieza, subconjunto y curado final del elemento, que seria inviable económicamente.

Siempre que se elija acelerar el secado entre capas mediante horneado, deberá respetarse posteriormente un tiempo de enfriamiento al ambiente de 1 hora como mínimo antes de continuar con la aplicación de la siguiente capa del proceso.

2.5.3.2. *Superficies exteriores de fibra de vidrio:*

Una vez finalizadas las operaciones de preparación superficial y de acuerdo con las instrucciones del plano de la pieza, subconjunto fabricado en fibra de vidrio, el proceso de pintura exterior comenzara con la aplicación directa de la pintura antiestática. Sobre la pintura antiestática se aplicara imprimación Z12-129 (imprimación sin cromatos), siguiendo las instrucciones del apartado anterior.

Finalmente si el plano lo requiere, se aplicara el acabado de exteriores Z12-380 (acabado de poliuretano). Siempre que se elija acelerar el secado entre capas mediante curado en horno deberá respetarse posteriormente un tiempo de enfriamiento al ambiente de 1 hora como mínimo antes de continuar con la aplicación de la capa siguiente del proceso de pintado.

2.5.3.3. Superficies interiores de fibra de carbono y fibra de vidrio

Las superficies interiores cubiertas con Tedlar, salvo indicación contraria en plano, no necesitan ninguna operación posterior de pintura.

El resto de los casos y dependiendo de los requerimientos del plano, se aplicara imprimación Z12-129 (imprimación sin cromatos) o imprimación Z12-129 mas acabado de interiores Z12-380 (acabado de poliuretano)

2.5.3.4. Superficies exteriores de fibra de aramida

Para piezas fabricadas con fibra de aramida se aplicara sobre la superficie que así lo requiera tapaporos, dejando curar durante 12 horas a temperatura ambiente o 1 hora a temperatura ambiente mas 3 horas a 60+5°C antes de proceder a su lijado con lija de grado 320 o mas fino y limpieza con trapos impregnados en alcohol isopropilico evitando en lo posible dañar el material base. Pueden darse dos casos:

- 1- El plano de la pieza requiere protección con pintura antiestática, posteriormente se aplicaran dos capas, una de Z12-117 (imprimación de poliuretano) y otra de Z12-380 (acabado de poliuretano).

- 2- Si el plano de la pieza no requiere pintura antiestática, sobre el tapaporos se aplicaran dos capas de la imprimación Z12-117 (imprimación de poliuretano) dejando secar entre ellas un tiempo comprendido entre 15 minutos y 2 horas antes de seguir con la operación posterior. Sobre la imprimación Z12-117 se aplicara, en un tiempo comprendido entre 4 y 24 horas, el acabado Z12-380 (acabado de poliuretano).

2.5.3.5. *Superficies interiores de fibra de aramida*

Las superficies interiores que no llevan Tedlar se pintaran de acuerdo con las instrucciones del apartado 3.4.

Las superficies interiores cubiertas por Tedlar no necesitan ninguna operación posterior de pintura, salvo indicación contraria en el plano de la pieza, subconjunto.

Para cada uno de los productos del proceso de pintado, en función del material en que se fabrica la pieza, el espesor de película seca deberá estar comprendido entre los límites que se indican en la siguiente tabla:

MATERIAL	RANGO DEL ESPESOR DE PELICULA SECA (TOTAL) (um)
Z12-117	40-50
Z12-129	15-25
Z12-120	5-12
Z12-105	15-25
Z12-380	40-60

Una vez terminado el proceso de pintura se verifica la pieza, subconjunto Para comprobar que no se hayan producido defectos menores como grietas, descuelgues, ampollas, etc., en áreas localizadas. En caso de que sea necesario realizar un repaso de pintura, el procedimiento a seguir será el siguiente:

- ♦ Limpiar la zona afectada mediante soplado con aire, posteriormente limpiar, si se requiere, con trapos de algodón impregnados en alcohol isopropilico y secar inmediatamente con trapos limpios sin dejar que el disolvente se evapore en la superficie.
- ♦ Delimitar con cinta de enmascarar la zona afectada.
- ♦ Lijar con abrasivote alúmina de grado 320 a 400 el área dañada hasta eliminar los defectos, sin llegar a tocar el material base o la capa anterior del proceso de pintura, según sea aplicable.

- ♦ Eliminar los residuos de lijado mediante limpieza con trapos de algodón impregnados en alcohol isopropílico y secar inmediatamente con trapos limpios de algodón.
- ♦ Reaplicar el esquema o proceso de pintado siguiendo las indicaciones necesarias para eliminar el defecto.
- ♦ Eliminar la cinta de enmascarar cuando sea aplicable.

3. DATOS BASE PARA EL PROYECTO:

3.1. *Reglamentación y documentación aplicable*

Las normas utilizadas para la realización de este proyecto han sido entregadas por AIRBUS S.L. y son las siguientes:

- ◆ AP-3601-E: Requerimientos para las nuevas instalaciones y maquinas.
- ◆ I+D-P-60: Especificación general de pintura.
- ◆ I+D-P-358: Pintura de piezas fabricadas en materiales compuestos de fibra de carbono.
- ◆ I+D-P-64: Pintura de piezas metálicas.
- ◆ CASA-1089: Certificación del proceso de pintura.
- ◆ SC-068: Clasificación de zonas e instalaciones eléctricas.
- ◆ CASA-1036: Certificación de instalaciones térmicas.
- ◆ Reglamento electrotécnico de baja tensión.
- ◆ Reglamento de gas.
- ◆ UNE-EN779: Filtros de aire utilizados para eliminación de partículas.
- ◆ DIN 24537: Emparrillados.

- ♦ R.D. 485/1997 sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- ♦ R.D. 486/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- ♦ R.D. 1215/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- ♦ R.D. 614/2001 sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- ♦ R.D. 117/2003: sobre limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles “COVs” debidas al uso de disolventes en determinadas actividades.
- ♦ Normativa Medio Ambiental: Las instalaciones deberán cumplir con los requisitos exigidos por la legislación Medio Ambiental vigente, y en especial las vigentes en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- ♦ R.D.2667/2004: Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.

3.2. Elementos que se pintaran:

Los elementos principales que se pintaran en las instalaciones objeto del proceso son timones y revestimientos, los cuales formaran parte de los de los cajones de torsión del estabilizador, de los distintos aviones de la familia Airbus, entre ellos:

- A310 (de fuselaje ancho)
 - Timones de altura

- A320 (de pasillo único)
 - Timones de altura
 - Cajones laterales del estabilizador horizontal

- A330-340 (de larga escala)
 - Timones de altura
 - Cajones laterales del estabilizador horizontal

- A340/500-600 (competidor del Boeing 747)
 - Timones de altura
 - Cajones laterales del estabilizador horizontal

- A350 (futuro modelo)
 - Timones de altura
 - Cajones laterales del estabilizador horizontal

- A380
 - Timones de dirección
 - Timones de altura

Además, la cabina se utilizara para el pintado de algunas piezas menores. Sin embargo, estas piezas menores no serán tenidas en cuenta para el diseño de las instalaciones, ya que no implican necesidades superiores a las del mayor de los elementos a pintar. También podrán pintarse otros elementos que por el proceso de producción, se necesite repintar o repasar.

La cabina esta ajustada a las dimensiones del mayor de los elementos a pintar, en longitud el A340/500-600 y en anchura el A380.

3.3. Condiciones climáticas y ambientales de la instalación

3.3.1. En interior de cabina:

La circulación de aire será en todos los casos vertical descendente. Con entrada de aire exterior de aportación de un 100 % en el caso de la cabina de preparación y de la cabina de pintura, en el caso de la cabina horno de curado, el porcentaje de aire recirculado será del 10 - 15 %. Durante las operaciones que se realizan en las cabinas de preparación y de pintura, la extracción de aire se complementa con los equipos individuales de extracción de los que dispondrá cada operario, y que colocara sobre la zona en que esté trabajando.

La velocidad del aire mínima (medido en cualquier punto de la cabina) será de:

- ♦ 0,4 a 0,55 m/s en la cabina de pintura.
- ♦ 0,2 a 0,3 m/s en las cabinas de preparación y horno de curado.

En cualquier caso esta velocidad podrá ser regulada mediante el variador de velocidad disponible en el grupo de aporte de cada una de las cabinas.

La temperatura será de 20 a 25 °C en cabina de preparación y pintura y hasta 60 °C en cabina horno de curado.

La humedad relativa estará entre el 30 y 70%. En el anexo 6 se adjunta como anexo un diagrama sicrométrico en el que se ha representado una “ventana de condiciones admisibles” para el trabajo en las cabinas. Este diagrama relaciona convenientemente la temperatura y humedad relativa del aire, de manera que las instalaciones deberán poder funcionar dentro de esa “ventana”, salvo que tanto humedad como temperatura exteriores estén por encima de las máximas.

En cualquier caso, la operación del sistema de climatización de las cabinas estará siempre ajustada por las condiciones exteriores de humedad y temperatura.

El nivel de filtración general es para partículas > 10 micras.

El nivel de iluminación será de mínimo 750 lux medido a 1 m del suelo en cualquier punto de la cabina y con el elemento a preparar o pintar, en su interior, y medidos en la superficie del elemento (en cabinas de preparación y pintura).

El nivel de ruido en cabina será máximo de 75 dB (A).

Las pinturas utilizadas curan o polimerizan a temperatura ambiente, por lo que incluir la operación de secado en la cabina horno de curado se realiza para reducir el tiempo del ciclo total de la operación, para optimizar y conseguir mayor capacidad de trabajo con la instalación.

3.3.2. En interior de almacén y cuarto de mezclas:

La circulación de aire se realizara de forma tal que se evite la acumulación de vapores en cualquier punto de las salas.

La frecuencia de renovación del aire de estas salas será de 40 renovaciones por hora.

La temperatura estará comprendida en el intervalo de 20 – 25 °C, con una humedad relativa del 50 – 60 %. (I+D-P-358)

La temperatura se conseguirá con equipos autónomos de climatización tipo bomba de calor, que controlarán tanto temperatura como humedad.

3.3.3. En área de transferencia:

Las condiciones ambientales de esta zona serán las mismas que para las cabinas de preparación y pintura:

- Temperatura: 20 - 25 °C
- Humedad: 30 - 70 % (adiabática)

La zona estará en sobrepresión sobre la cabina de preparación, para lo cual se ha previsto la instalación de un grupo de aporte de aire, para evitar la salida del polvo de lijado cuando se abran las puertas de esta cabina para la salida de las piezas.

3.3.4. En el exterior de la instalación

Para el cálculo de las condiciones interiores en las cabinas, se consideraron las condiciones climáticas exteriores tomadas del Manual de Acondicionamiento de CARRIER para la zona de Puerto Real, las normas UNE aplicables, y los datos del Real Observatorio de San Fernando, ubicado en la misma bahía de Puerto Real.

Los datos medios, realizados al cruzar las diferentes informaciones son los siguientes:

❖ VERANO

- ◆ Temperatura de Bulbo Seco (TBS): 34.5 °C (2.5% Percentil)
- ◆ Temperatura de Bulbo Húmedo (TBH): 22.9 °C (2.5% Percentil)
- ◆ Oscilación Media Diaria (OMD): 14 °C
- ◆ Máx. Temperatura de Bulbo Húmedo: 23.9 °C (2.5% Percentil)

❖ INVIERNO:

- ◆ Temperatura de Bulbo Seco (TBS): 34.5 °C (2.5% Percentil)

4. SERVICIOS DISPONIBLES

La empresa suministra los siguientes servicios de sus instalaciones ya existentes:

- Energía eléctrica: Fuerza 380 V
- Alumbrado: 220 V
- Red de tierras general.
- Aire comprimido de la red general de la empresa.
- Agua industrial.
- Gas PROPANO (en depósitos de almacenamiento)

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE TRABAJO

Las piezas, situadas en la zona de almacenaje y transporte transferidas a las instalaciones de pintura mediante un carro transfer. Este transfer las introduce en las instalaciones de pintura, donde son recogidas por un carro de traslación, de funcionamiento automático, que las distribuye en la línea de pintura. El carro de traslación esta formado por dos perfiles en “U” de acero enfrentados, que sirven de guía para el transfer. Las características de estos perfiles son “UPN 100”, calculados para soportar el peso del transfer y el elemento mas pesado a pintar, en total 500 kg.

El primer paso es introducir las piezas en la cabina de preparación, donde se realizarán las operaciones de lijado, enmascarado etc. Necesarias para una correcta aplicación de pintura. Debido a que las operaciones a realizar en esta cabina no son posibles efectuarlas en posición vertical y a las dimensiones de alguno de los elementos a manipular, en la cabina de preparación se instalara una mesa de apoyo horizontal de las piezas, así como los útiles de manipulación y ayuda al operario para estas operaciones de descenso y elevación, cuelgue y descuelgue.

El siguiente paso consiste en introducir la pieza en la cabina de pintura, donde se procede al pintado de las superficies. La evaporación de los disolventes se realiza en la propia cabina de pintura.

Una vez que se ha producido la evaporación de los disolventes, la pieza se introduce en el horno de curado, donde permanece el tiempo y a la temperatura, marcada en el ciclo del proceso y según sea la pintura aplicada.

Todos los movimientos entre las cabinas y horno, son realizados automáticamente por el carro de traslación, sin intervención de operario alguno.

Para ello el sistema de mantenimiento dispone de todos los elementos de seguridad, control e información necesarios.

El funcionamiento de la instalación será totalmente automático, aunque con posibilidad de mando manual. El primer nivel estará formado por un autómata programable que efectuará el control global de todo el sistema con una interfase hombre-maquina que permitirá una supervisión restringida a la puesta en marcha y parada automática del sistema, la visualización de su estado de funcionamiento y la de alguna de las variables principales.

El segundo nivel estará formado por un ordenador tipo PC, ubicado en dependencias de oficinas de la empresa, desde donde se podrá realizar una supervisión y control sin ninguna restricción.

6. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LAS INSTALACIONES

A continuación se expondrá la descripción técnica de cada uno de los elementos que componen esta instalación de pintura, empezando según el orden del proceso de pintado.

6.1. *Cabina de preparación:*

En este área se realizarán las operaciones de preparación, enmascarado, matizado, lijado y otras operaciones para la correcta aplicación de la pintura sobre las superficies de las piezas, subconjuntos aeronáuticos.

Las dimensiones útiles, expresadas en metros, son:

Dimensiones (m)		
Longitud	Anchura	Altura
14	4,28	4,80

La cabina se construirá con una estructura metálica de perfiles tubulares normalizados de acero, calculados para soportar el plenum de impulsión (parte del equipo de impulsión de aire) y el carril transportador de las piezas, que se soportará sobre esta estructura.

Las paredes de la cabina se construirán con paneles de chapa de 1,5 mm. pintados en color según normas C.A.S.A., presentando una superficie lisa por el interior de la cabina, para evitar en la medida de lo posible la acumulación de suciedad, partículas de lijado, etc. En ambos laterales se instalarán cristales de seguridad del tipo “Stadip” de 3+3 mm. A nivel superior de los cristales se instalaran 6 cajones de alumbrado por cada lateral, dotado cada uno de ellos de 4 tubos de iluminación de 58 w, para asegurar un nivel de iluminación será de mínimo 750 lux medido a 1 m del suelo en cualquier punto de la cabina y con el elemento a preparar o pintar, en su interior. Con pasarelas de mantenimiento para el cambio de tubos.

En tres cajones de alumbrado por cada lado, existirá un tubo equipado con sistema autónomo de emergencia, para 1 hora de autonomía.

En cada lateral, se colocara una puerta de acceso de personal, construida siguiendo el mismo criterio que los paneles de la cabina, (paneles de chapa de 1,5 mm. pintados en color según normas C.A.S.A., presentando una superficie lisa por el interior de la cabina, para evitar en la medida de lo posible la acumulación de suciedad, partículas de lijado, etc.) dotada de cristal y cerradura antipánico.

En el frente de la cabina se instalará una puerta corredera de 1.5 m. de longitud y 7,20 m de altura, de apertura motorizada mediante motor neumático situado en el exterior de la cabina. Su construcción será similar a la de la cabina, con cristal de seguridad y pintada según normas. La apertura y cierre de la puerta será automático. Ocasionalmente se podrá actuar manualmente desde el exterior de la cabina.

La impulsión de aire se realiza mediante conductos construidos en chapa galvanizada de 1,5 mm situados en ambos lados de la cabina y a una altura de

4,80 metros. Estos conductos están dotados de marcos abatibles hacia el interior de la cabina con filtros de manta EU5.

El suelo esta formado por rejillas de tipo “Tramex” o similar, dimensionado para soportar la mesa de trabajo, donde se realizan las operaciones de lijado, enmascarado, etc. La resistencia de este suelo de rejilla será de 1980 Kg/m².

A ambos lados de la cabina, en su interior, se instalará el mecanismo de ayuda al operario en las operaciones de volteo de piezas. Este sistema se diseñará de tal forma que sea común su utilización para todas las piezas.

Debajo del suelo de rejillas se encuentra el foso de aspiración. En un lateral de este foso se sitúa el conducto de aspiración, construido en Obra Civil, dotado de filtros de aspiración del tipo de papel “Kraft”, tal que:

❖ **Nº de filtros:** 14

❖ **Dimensiones:** 1000 x 1000 mm

Los laterales de este foso y en el fondo del mismo, estarán dotados de una balsa de agua, para la recogida del polvo desprendido en el lijado y que no sea aspirado por el conducto de extracción. El agua se conducirá a un foso de recogida, común con la cabina de pintura, desde donde será bombeada nuevamente a la cabina después de su filtrado. El descriptivo de este foso se encuentra incluido en la Obra Civil, que no es objeto del presente proyecto.

Esta agua de recirculación se proyectará al interior de la cabina mediante tubería con toberas de impulsión situadas en los laterales de la Obra Civil bajo el suelo de rejilla.

La bomba será de ejecución vertical, cuerpo y rodete de fundición y eje en acero inoxidable, de las siguientes características:

Caudal (m³/h)	Presión (mm.c.a)	Motor (KW)
40	15	4

El aire de extracción es conducido por medio de un conducto metálico, construido en chapa galvanizada de 1,5 mm., hacia la cámara de extracción situada en el piso técnico, desde donde por medio de chimenea metálica es conducida al exterior de la nave.

Las características técnicas de la cámara de extracción son las siguientes:

Marca	FIVEMASA modelo FVAP-75	
Dimensiones (m)	Longitud	3,03
	Anchura	3,10
	Atura	2,44
Caudal de extracción (m³/h)	75000	
Presión total (mm.c.a).	55	
Potencia consumida (KW)	16	
Potencia instalada (KW)	22	

El aire de extracción es compensado por medio de impulsión de aire a través de un grupo de aporte de aire, situado en el piso técnico, de las siguientes características técnicas:

Marca	FIVEMASA modelo FVAP-75	
Dimensiones (m)	Longitud	8,10
	Anchura	4,00
	Altura	2,74
Caudal de impulsión (m³/h)	75000	
Presión total (mm.c.a.)	115	
Potencia consumida (KW)	30.	
Potencia instalada (KW)	37	
Quemador de gas (Kcal/h Eclipse)	713.000	
Humectación	Panel celular fibra de vidrio	
Filtración	24 filtros de bolsas EU5	

La impulsión del aire a la cabina se realiza mediante conductos de chapa galvanizada de 1,5 mm. dotados de silenciador para conseguir el nivel de ruido especificado en el interior de la cabina.

6.2. Cabina de pintura

Este apartado se tratará individualmente, una vez se haya realizado la descripción técnica de las demás instalaciones, debido a que el diseño de la misma es el principal objetivo del presente proyecto.

6.3. Horno de secado

La finalidad del horno de secado es asegurar la polimerización de la película de pintura aplicada sobre las piezas en el proceso de pintado.

Las dimensiones útiles del horno son:

Dimensiones (m)		
Longitud	Anchura	Altura
14	4,5	4,33

Las características principales del horno de secado son:

- ♦ Circulación de aire vertical descendente
- ♦ Calentamiento mediante quemador de gas natural
- ♦ Temperatura de trabajo comprendida entre 20 - 80 °C

- ♦ Puerta corredera en funcionamiento automático y posibilidad de funcionamiento manual
- ♦ Carga máxima de 1000 Kg
- ♦ Uniformidad en la temperatura ± 8 °C

6.3.1. Características del horno de secado

El horno de secado se ha proyectado de simple canal. El recinto del horno será realizado en paneles calorifugados y machihembrados, contruidos en chapa galvanizada autoportantes, evitando al máximo los puentes térmicos entre la cara interior y la cara exterior.

El calorifugado será tal que la temperatura de la cara exterior del panel no sobrepase en 20 °C la del ambiente del taller. El calorifugado se realizara mediante manta de lana de vidrio de 70 Kg/m³.

El horno de secado se soportara sobre una estructura construida en perfiles tubulares normalizados.

El sistema de calentamiento de las piezas será por convección forzada del aire.

El soplado del aire se realizara por la parte superior del horno mediante conductos interiores en el horno.

El grupo de calentamiento se situara en el piso técnico en una cota de + 11,3 m aproximadamente.

Tanto el calentamiento del aire de recirculación como el nuevo, se realizara de forma directa mediante quemadores de gas en vena de aire instalados en el interior de la cámara de calentamiento-recirculación, que contara en su interior con filtros de alta temperatura de eficacia EU-5. El aporte de aire nuevo (aproximadamente el 10 % del caudal total) se realizara mediante una toma en el grupo de recirculación.

La circulación del aire viciado se realizara mediante extractor centrífugo de características:

Marca	FIVEMASA
Caudal (m³/h)	8000
Motor (CV)	4

La entrada y retorno del aire desde el grupo de recirculación al horno se hará mediante conductos exteriores en un punto en cada lateral del horno. Los conductos contarán con elementos de regulación que permitan una equilibrada distribución del aire en el interior del horno. Se diseñaran de forma que la velocidad del aire en su interior no sobrepase los 10 m/s. La impulsión del aire se realizara por la parte superior, siendo la aspiración por la parte inferior.

Se cuidara muy especialmente la estanqueidad del conjunto de conductos exteriores. Las uniones serán embridadas con juntas de cordón o cinta de fibra de vidrio.

El calorifugado será tal que la temperatura de la chapa exterior no sobrepase en 20 °C la temperatura ambiente del taller o área de transferencia.

Las chimeneas serán construidas en chapa galvanizada sin calorifugado en el exterior de la nave.

6.3.2. Regulación de la temperatura

El horno dispondrá de los siguientes equipos de control:

- ♦ Controlador-registrador multipunto de 2 canales de la firma EUROTHERM, serie 22/24
- ♦ 2 indicadores digitales
- ♦ 1 control de seguridad con indicador digital
- ♦ 1 control de humedad para las pinturas base agua

Se instalarán los siguientes termopares (Fe/K tipo J):

- ♦ 1 registro de temperatura alta
- ♦ 1 registro de temperatura baja
- ♦ 1 control y registro de temperatura media
- ♦ 1 control de seguridad de temperatura alta
- ♦ 1 sonda de 0/95 % para control y regulación humedad relativa

6.3.3. Características de la cámara de calentamiento

Cuerpo fabricado a base de paneles calorifugados formando un conjunto modular soldado estanco y autoportante fabricado en chapa galvanizada y calorifugado de manera que la chapa exterior no sobrepase 20 °C por encima de la temperatura del taller.

El interior será perfectamente visitable para la limpieza y mantenimiento y construido en chapa negra.

La distribución de equipos en los grupos se establecerá en el orden siguiente, según el sentido de avance del aire:

- ♦ Sección de aspiración-recirculación
- ♦ Sección de filtración mediante 24 filtros VILEDON HTX-1000
- ♦ Sección de calentamiento mediante quemador de gas natural de 100.000 Kcal/h marca ECLIPSE
- ♦ Sección de ventilación mediante ventilador plug-fan (motor exterior) para 20.000 m³/h y 80 mm.c.a de presión total marca FIVEMASA

Marca	FIVEMASA	
Dimensiones (m)	Longitud	3,86
	Anchura	1,60
	Altura	1,54
Caudal de impulsión (m³/h)	20.000	
Presión total (mm.c.a.)	80	
Potencia consumida (KW)	5,5	
Potencia instalada(KW)	7,5	

El ventilador cumplirá como mínimo con las siguientes condiciones:

- ❖ Centrifugo de simple oído
- ❖ Refrigeración del eje
- ❖ Antichispas
- ❖ Transmisión pro correas
- ❖ Manguitos flexibles en impulsión
- ❖ Bancada
- ❖ Protección de ejes y correas
- ❖ Puerta de visita a rodete donde sea posible

6.4. Almacén de pinturas

Las dimensiones previstas para el almacén de pinturas son:

Dimensiones (m)		
Longitud	Anchura	Altura
6	3,5	3

Se construirá en obra civil y estará adosado a uno de los laterales de la cabina de preparación. Se dotará de puerta de acceso desde el exterior de las instalaciones de pintura.

El recinto dispondrá de equipos de calefacción / refrigeración para mantener una temperatura en el mismo de 20 ± 5 °C (I+D-P-358).

Todo el aire introducido será exterior, es decir, no se permite la recirculación del aire interior.

Se dispondrá de un equipo de renovación del aire temporizado y coordinado con el equipo de refrigeración para garantizar el mínimo consumo de energía, requerida para las condiciones de temperatura citadas y asimismo, impedir que se puedan acumular vapores inflamables en el interior del recinto.

Los motores de los equipos usados, se situarán en el exterior, y el extractor de aire será del tipo rodete antichispas.

El recinto dispondrá de 3 pantallas de iluminación de 3 x 58 w suficiente para garantizar en el interior una intensidad luminosa de 750 Lux. El interruptor de encendido y toda la instalación eléctrica se ubicara en el exterior. Asimismo las luminarias se podrán sustituir desde el exterior, para lo cual se preverán ventanas con cristal estancas.

La instalación dispondrá de pulsadores de parada de alarma, elementos de parada automática de equipos de refrigeración y extracción de aire.

El recinto dispondrá de anillo de toma de tierra perimetral.

Para la climatización del recinto y al objeto de mantener una temperatura constante en el interior del mismo, se instalara un acondicionador de aire, marca TOPAIR (bomba de calor 25 KW), de sistema partido ubicado en el exterior, compuesto por:

- ◆ Mueble metálico, con accesibilidad por paneles desmontables
- ◆ Motocompresores de tipo hermético de alta fiabilidad
- ◆ Ventiladores axiales, equilibrados estática y dinámicamente
- ◆ Baterías construidas en tubo de cobre y aletas de aluminio
- ◆ Potencia frigorífica 10.000 Frig/h
- ◆ Motocompresores de tipo hermético de alta fiabilidad
- ◆ Caudal de aire unitario de 4.000 m³/h
- ◆ Potencia motor 1 CV
- ◆ 1 termostato de ambiente para regulación de temperatura

- ♦ 1 regulador EUROTHERM serie 22/24
- ♦ 1 sonda Pt-100 con señal al video registrador

La instalación se completa con los correspondientes conductos de impulsión al recinto, contruidos en chapa galvanizada de 1,5 mm y dotados de compuertas de regulación.

La sobrepresión establecida en el interior del recinto se compensa mediante la instalación de un ventilador de extracción de las siguientes características:

- ❖ Caudal de aire: 4.000 m³/h
- ❖ Motor: 1 CV

6.5. Sala de mezclas

Dedicada a la preparación de as pinturas a aplicar, tendrá unas dimensiones de:

Dimensiones (m)		
Longitud	Anchura	Altura
6	3,5	3

Dicho recinto se ubicara a continuación del almacén de pinturas y su construcción será igual al citado almacén.

Todo el aire introducido será exterior, es decir, no se permite la recirculación del aire interior.

Se dispondrá de un equipo de renovación del aire temporizado y coordinado con el equipo de refrigeración para garantizar el mínimo consumo de energía, requerida para las condiciones de temperatura citadas y asimismo, impedir que se puedan acumular vapores inflamables en el interior del recinto.

Los motores de los equipos usados, se situaran en el exterior, y el extractor de aire será del tipo rodete antichispas.

El recinto dispondrá de 3 pantallas de iluminación de 3 x 58 w suficiente para garantizar en el interior una intensidad luminosa de 750 Lux. El interruptor de encendido y toda la instalación eléctrica se ubicara en el exterior. Asimismo las luminarias se podrán sustituir desde el exterior, para lo cual se preverán ventanas con cristal estancas.

Asimismo las luminarias se podrán sustituir desde el exterior, para lo cual se preverán ventanas con cristal estancas.

La instalación dispondrá de pulsadores de parada de alarma, elementos de parada automática de equipos de refrigeración y extracción de aire

El recinto dispondrá de anillo de toma de tierra perimetral.

Dispondrá de un armario ubicado entre el almacén y la sala de mezclas, dotado de doble apertura, tanto desde el almacén como desde la sala de mezclas. Dicho armario dispondrá de estantes dotados de rodillos de material plástico, con

inclinación hacia la sala de mezclas, de manera que el flujo de suministro se realice, desde el almacén a la sala.

El armario se construirá encastrado entre los dos locales con estructura metálica y chapa galvanizada de 2 mm de espesor, con pintura de imprimación y acabado (colores a definir).

Las dimensiones del armario son:

Dimensiones (m)		
Longitud	Anchura	Altura
1	3,5	2

Dicho armario dispondrá de lámparas de iluminación antideflagrantes, así como de una extracción de aire con una capacidad de 20 renovaciones por hora.

Para ello se dispondrá de un acondicionador de aire marca TOPAIR (bomba de calor 25 KW)

- ♦ Mueble metálico, con accesibilidad por paneles desmontables
- ♦ Motocompresores de tipo hermético de alta fiabilidad
- ♦ Ventiladores axiales, equilibrados estática y dinámicamente
- ♦ Baterías construidas en tubo de cobre y aletas de aluminio
- ♦ Potencia frigorífica 10.000 Frig/h

- ♦ Motocompresores de tipo hermético de alta fiabilidad
- ♦ Caudal de aire unitario de 2.000 m³/h
- ♦ Potencia motor 0,5 CV
- ♦ 1 termostato de ambiente para regulación de temperatura
- ♦ 1 regulador EUROTHERM serie 22/24
- ♦ 1 sonda Pt-100 con señal al video registrador

El equipo de refrigeración / calefacción del recinto se ubicara encima del armario, tomando el aire del área de transferencia.

La instalación se completa con los correspondientes conductos de impulsión al recinto, contruidos en chapa galvanizada de 1,5 mm y dotados de compuertas de regulación.

La sobrepresión establecida en el interior del recinto se compensa mediante la instalación de un ventilador de extracción de las siguientes características:

- ❖ Caudal de aire: 2.000 m³/h
- ❖ Motor: 0,5 CV

6.6. Área de transferencia

Constituye la zona de distribución entre las distintas áreas de la instalación de pintura (cabina de pintura, preparación, horno de secado). También se puede utilizar para realizar pequeñas operaciones que no necesitan condiciones especiales, tales como la verificación de piezas acabadas, repaso y retoque, etc.

A esta área se accede directamente desde las naves montaje mediante una puerta corredera, que sirve a su vez para la entrada de piezas en la instalación.

Todo el área estará barrida por un puente grúa colgado de las cerchas, constituyendo el sistema transfer entre los distintos puestos de trabajo.

Las condiciones ambientales de esta zona serán las mismas que para las cabinas de preparación y pintura, en cuanto a temperatura y humedad se refiere:

- Temperatura entre 20 y 25 °C
- Humedad entre 30 y 70% (adiabática)

El nivel de iluminación de esta zona será de 500 Lux.

La zona estará en sobrepresión sobre la cabina de preparación para evitar la salida de polvo de lijado cuando se abran la puerta de esta cabina para la salida de piezas.

Se le ha dado a esta zona el tratamiento de zona limpia, para lo cual toda la zona comprendida entre las cabinas de preparación, pintura y horno se cerrará mediante paneles construidos en chapa galvanizada de 1,5 mm de espesor, lacados en norma C.A.S.A.

Igualmente se cubrirá toda la superficie libre por debajo de las cerchas, formando un falso techo donde se integraran los conductos de ventilación y la iluminación de la zona.

El conjunto de paneles se soportará sobre una estructura de perfiles tubulares normalizados de acero.

Para mantener la sobrepresión se ha previsto la instalación de un grupo de aporte de aire de las siguientes características:

Marca	FIVEMASA modelo FVAP-40	
Dimensiones (m)	Longitud	7,60
	Anchura	2,40
	Altura	2,14
Caudal de impulsión (m³/h)	40.000	
Presión total (mm.c.a.)	115	
Potencia consumida (KW)	17	
Potencia instalada (KW)	22	
Quemador de gas (Kcal/h ECLIPSE)	380.000	
Humectación	Panel celular fibra de vidrio	
Filtración	9 filtros de bolsas EU5	

La impulsión de aire a la zona se realiza mediante conductos de chapa galvanizada de 1,5 mm dotados de difusores de salida de aire, distribuidos uniformemente en toda la zona.

7. DISEÑO Y DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA CABINA DE PINTURA:

7.1. Descripción técnica de la cabina de pintura

En la cabina de pintura se realizarán las operaciones de aplicación de las pinturas y posterior evaporación de disolventes.

Las dimensiones útiles de la cabina están ajustadas a las dimensiones del mayor de los elementos a pintar, en longitud el A340/500-600 y en anchura el A380, y son las siguientes:

Dimensiones (m)		
Longitud	Anchura	Altura
14	5	6,35

La cabina se construirá con una estructura metálica de perfiles tubulares normalizados de acero, calculados para soportar el plenum de impulsión y el carril transportador de las piezas, que se soportará sobre esta estructura.

La estructura (ver anexo 7) contará con siete pórticos, entramado lateral, correas y dinteles de perfiles tubulares normalizados de acero rectangulares de las siguientes características:

- ◆ *Perfiles tubulares Correa:* 120-60-5
- ◆ *Perfiles tubulares Dintel:* 120-80-5
- ◆ *Perfiles tubulares Entramado lateral:* 120-100-5
- ◆ *Perfiles tubulares Pilar exterior:* 120-80-5
- ◆ *Perfiles tubulares Pilar interior:* 120-80-5

Las paredes de la cabina se construirán con paneles de chapa de 1,5 mm pintados en color según normas C.A.S.A., presentando una superficie lisa por el interior de la cabina, para evitar en la medida de lo posible la acumulación de suciedad, restos de pintura, etc.

En ambos laterales se instalarán cristales de seguridad de 3+3 mm del tipo “Stadip”, vidrio de seguridad compuesto por dos o más lunas unidas íntimamente por interposición de láminas de materia plástica, en concreto, butiral de polivinilo (PVB). Esta materia posee notables cualidades de resistencia, adherencia y elasticidad. La adherencia butiral vidrio se obtiene por tratamiento térmico y de presión. El producto obtenido tiene la misma transparencia que cualquier vidrio del mismo espesor. En caso de rotura los trozos de vidrio quedan adheridos al butiral permaneciendo el conjunto dentro del marco, proporcionando seguridad a las personas e impidiendo la entrada a través de él.

A nivel superior de los cristales se instalarán 6 cajones de alumbrado por cada lateral, dotado cada uno de ellos de 6 tubos de iluminación de 58W, para asegurar un nivel de iluminación será de mínimo 750 lux medido a 1 m del suelo

en cualquier punto de la cabina y con el elemento a pintar, en su interior. Con pasarelas de mantenimiento para el cambio de tubos, desde el interior del plenum.

En 3 cajones de alumbrado por cada lado, existirá un tubo equipado con sistema autónomo de emergencia, para 1 hora de autonomía.

En cada lateral, se colocara una puerta de acceso de personal, para comunicar las cabinas entre ellas, construida siguiendo el mismo criterio que los paneles de la cabina, (paneles de chapa de 1,5 mm. pintados en color según normas C.A.S.A., presentando una superficie lisa por el interior de la cabina, para evitar en la medida de lo posible la acumulación de suciedad, restos de pintura, etc.) dotada de cristal y cerradura antipánico.

En el frente de la cabina se instalará una puerta corredera de 1.5 m. de longitud y 6,35 m de altura, de apertura motorizada mediante motor neumático situado en el exterior de la cabina. Su construcción será similar a la de la cabina, con cristal de seguridad y pintada según normas. La apertura y cierre de la puerta será automático. Ocasionalmente se podrá actuar manualmente desde el exterior de la cabina.

7.2. Impulsión y extracción de aire

El fundamento básico del funcionamiento de la cabina se basa en la impulsión de aire cuya función es arrastrar las partículas de pintura suspendidas en el aire del interior de la cabina, por ser éstas perjudiciales para la salud de los trabajadores. Las partículas del aire arrastrado las atrapa el agua del foso de la cabina. Como consecuencia de la sobrepresión que se da en la cabina debido al aire introducido, resulta necesario extraer el aire para que las condiciones de trabajo sean las óptimas.

La impulsión de aire se realiza a través de un plenum de impulsión con filtros de manta EU5, de construcción similar a la cabina y a una altura de aproximadamente 6 m. Este plenum ocupa toda la longitud de la cabina, siendo su anchura de 3,5 m, lo suficientemente amplio para garantizar la ausencia de corrientes contrarias al flujo vertical existente, cuya presencia determinaría la creación de remolinos, que terminarían afectando al acabado final. (Ver anexo 3)

El caudal de impulsión de aire será de 79.663 m³/h (anexo 1) y se renovará a razón de 179,2 renovaciones/h (anexo 2).

El plenum esta dotado de una plataforma deslizante en su interior para facilitar el cambio de las mantas filtrantes, cuando éstas estén saturadas en su filtración. A este plenum se accederá por la pasarela de las luces.

El suelo esta formado por rejillas de tipo “Tramex” (Figura 1) o similar, básicamente, está compuesta por pletinas paralelas entre sí con una distancia uniforme y dispuestas al canto, las cuales llevan electrosoldadas perpendicularmente unas varillas formando un enrejado uniforme con las pletinas. La pletina o fleje se denomina portante, y la varilla como transversal se denomina separadora.

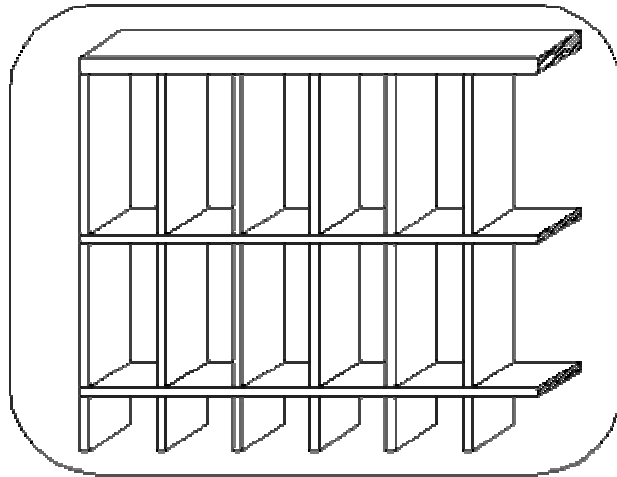


Figura 1

La portante puede ser como mínimo de 20 x 2 y de 60 x 5 como máximo. Las aberturas de malla más comunes son de 30 x 30 y 30 x 60, siempre en mm.

En cuanto a las dimensiones de las piezas, en este tipo de rejilla tampoco conviene hacerlas muy grandes, por las mismas razones que la prensada, a ser posible no se harán mayores de 1800 mm de transversal.

La rejilla tendrá dimensiones exteriores de 924 x 539 mm, con apertura de malla 60 x 30 mm, pletina portante de 30 x 3 mm y dimensionada para soportar las operaciones de pintado a realizar en su interior. La resistencia de este suelo de rejilla será de 1980 Kg/m². (Ver anexo 5)

La estructura soporte para las rejillas del foso de aspiración se construirán con una estructura metálica de perfiles tubulares normalizados de acero, rectangulares y cuadrados de las siguientes características:

- ♦ *Perfiles tubulares soporte:* 120-100-4

- ◆ *Perfiles tubulares entramado:* 100-100-4

Debajo del suelo de rejillas se encuentra el foso de aspiración. En los laterales de este foso se sitúan los conductos de aspiración, construidos en la Obra Civil, dotados de filtros de aspiración del tipo papel “Kraft”.

- ❖ N° de filtros: 28
- ❖ Dimensiones: 1000 mm x 1000 mm

Los laterales de este foso y el fondo del mismo, estarán dotados de una balsa de agua, para la recogida del “over spray” de la pintura pulverizada y que no sea aspirada por los conductos de extracción. El agua se conducirá a un foso de recogida, común con la cabina de preparación, desde donde será bombeada nuevamente a la cabina después e su filtrado. El descriptivo de este foso se encuentra incluido en la Obra Civil, que no es objeto del presente proyecto.

La bomba del agua será de ejecución vertical, cuerpo y rodete en fundición y eje en acero inoxidable, de las siguientes características:

Caudal (m3/h)	40
Presión (mm.c.a)	15
Motor (KW)	4

El aire de extracción es conducido por medio de un conducto metálico, construido en chapa galvanizada de 1,5 mm., hacia la cámara de extracción situada en el piso técnico, desde donde por medio de chimenea metálica es conducido al exterior de la nave.

Las características técnicas de la cámara de extracción son las siguientes:

Marca del equipo de extracción	FIVEMASA modelo FVAP-110	
Dimensiones (m)	Longitud	4
	Anchura	4
	Altura	2,94
Caudal de extracción (m³/h)	110.000	
Presión total (mm.c.a.)	130	
Potencia consumida (KW)	35	
Potencia instalada (KW)	44	

El aire de extracción es compensado por medio de impulsión de aire a través de un grupo de aporte de aire, situado en el piso técnico, de las siguientes características técnicas:

Marca del equipo de impulsión	FIVEMASA modelo FVAP-110	
Dimensiones (m)	Longitud	11
	Anchura	4,40
	Altura	2,94
Caudal de impulsión (m³/h)	115.000	
Presión total (mm.c.a.)	135	
Potencia consumida (KW)	46	
Potencia instalada (KW)	55	
Quemador de gas (Kcal/h)	1.046.000	
Humectación	Panel celular fibra de vidrio	
Filtración	Filtros superficie plegada EU4+ 24 filtros de bolsas EU5	

El caudal de impulsión de aire será de 79.663 m³/h y se renovará a razón de 179,2 renovaciones/h. Como se observa el equipo de impulsión está sobredimensionado en un 30% de forma que se asegura que el aporte de caudal de aire necesario. El caudal se determina teniendo en cuenta el valor límite de COV`s (RD117/2003) y las renovaciones del aire en la cabina se calculan a partir del caudal de aire y de las dimensiones. (Ver anexos 1 y 2)

Para limpiar el aire de las impurezas que pueda transportar, se hace necesaria la utilización de elementos filtrantes, estudiados específicamente para cada aplicación. Para garantizar las necesidades normales de pureza del aire, en la cabina de pintura y el aire acondicionado en general. Se utilizaran medios filtrantes de diferentes formas y espesores en las que se combinan una baja pérdida de carga y una elevada retención de polvo. Por lo que se instalará un filtro de premarco con superficie plegada (filtro media eficacia) seguido de un filtro de bolsa (filtro de alta eficacia). De esta forma garantizaremos la retención de partículas deseada a la entrada del equipo de impulsión.

La impulsión del aire a la cabina se realiza mediante conductos de chapa galvanizada de 1,5 mm dotados de silenciador para conseguir el nivel de ruido especificado en el interior de la cabina. (Ver Documento nº2: Planos)

En el anexo 4 se puede comprobar que los equipos de extracción e impulsión están correctamente dimensionados para soportar las pérdidas de carga de los conductos de impulsión y expulsión. Siendo la presión total de 135 mm.c.a. y 130 mm.c.a. para los equipos de impulsión y extracción respectivamente y las pérdidas de carga totales de:

- Impulsión: 56,78 mm.c.a. (conducto de impulsión) y 19,6 mm.c.a. (filtros).
- Extracción: 94,725 mm.c.a.

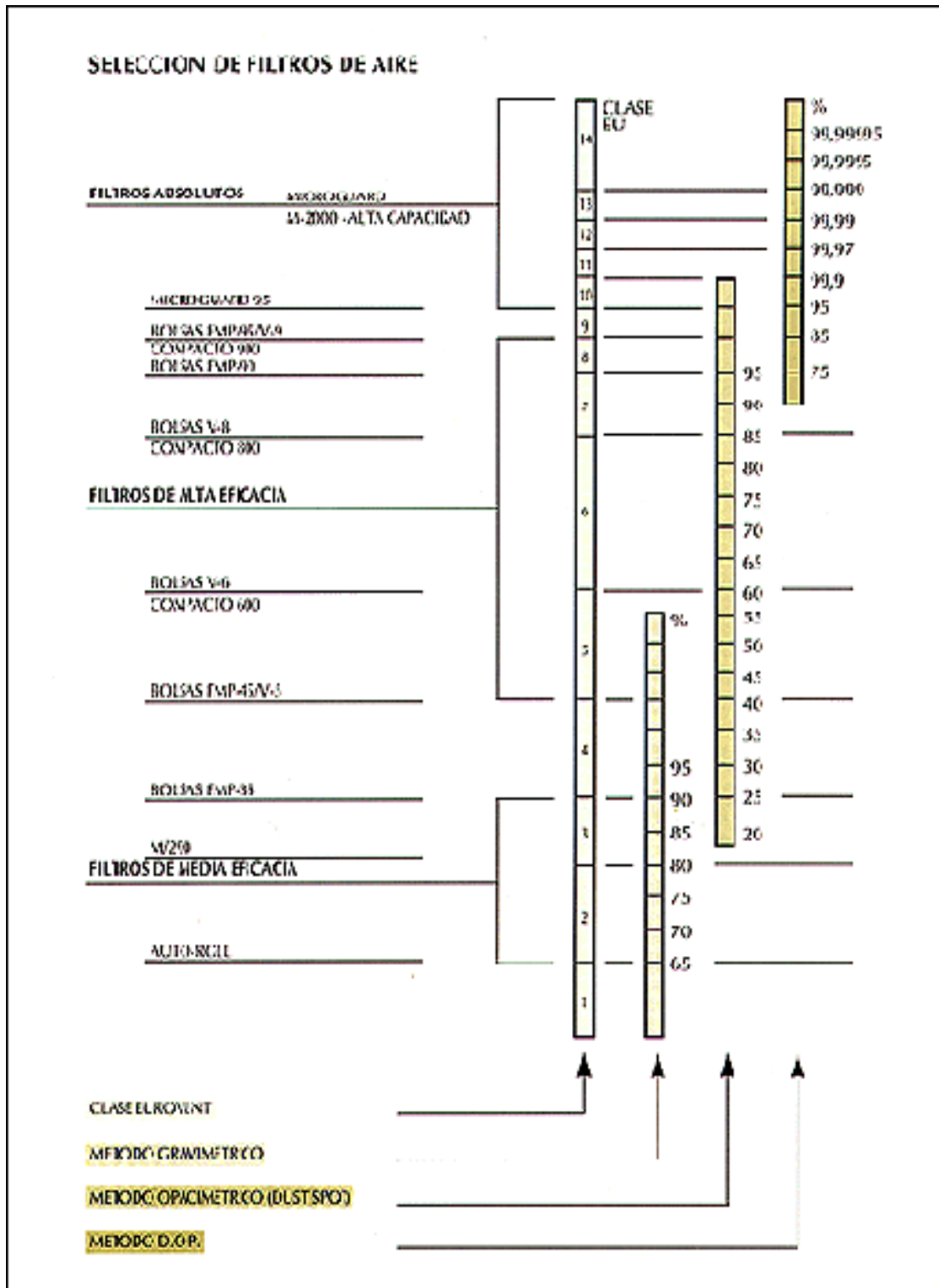
7.3. Filtros

Para limpiar el aire de las impurezas que pueda transportar, se hace necesaria la utilización de elementos filtrantes, estudiados específicamente para cada aplicación: Desde instalaciones de confort con exigencias normales en cuanto a la pureza del aire a otras donde la limpieza del aire es primordial, como en hospitales, industrias alimentarias, salas blancas, etc. Una buena filtración del aire, además asegura el trabajo de las máquinas y las protege de averías.

Los elementos filtrantes pueden clasificarse según varios criterios; uno de los más utilizados se basa en su eficacia y por consiguiente en su posible aplicación. Así, tenemos filtros de media eficacia, de alta eficacia y filtros absolutos o microfiltros.

Además de los anteriores podríamos citar filtros especiales de aplicación muy concreta como son los de carbón activo, las lámparas germicidas, los de alúmina, etc.

Los filtros incluidos en las categorías anteriores se subdividen, siguiendo un método de pruebas normalizadas, con arreglo a su eficacia para retener las partículas contaminantes.



7.3.1. Filtros de media eficacia:

Son los adecuados para garantizar las necesidades normales de pureza del aire, en instalaciones de ventilación y aire acondicionado en general. Suelen consistir en una media filtrante de diferentes formas y espesores en las que se combinan una baja pérdida de carga y una elevada retención de polvo.

Las eficacias de estos filtros se miden de acuerdo al método de peso con polvo artificial ó método gravimétrico, según la norma ASHRAE 56-76 y su clasificación DIN es de clase EU-2 a EU-5.

Los más utilizados son las Células de filtración desechable, que pueden estar dispuestas con la manta plana “filtros de manta” (Figura 3), en forma de V “filtros con superficie plegada o en zig-zag” (Figura 2), o bien en filtros de retención de pintura “papel kraft” (Figura 4) lo que aumenta la superficie de filtrado y por consiguiente su eficacia. El medio filtrante consiste en fibras de vidrio entrelazadas cuyo diámetro decrece continuamente en el sentido del aire, lo que provoca un aumento progresivo de su densidad. Las fibras de vidrio suelen estar unidas por un adhesivo (viscosina), elemento ignífugo y atóxico que proporciona una mayor capacidad de retención de polvo y una mayor eficiencia del filtrado.

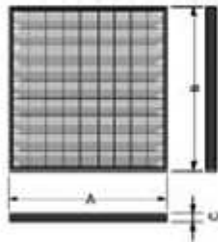


Figura 2



Figura 3



Figura 4

7.3.2. Filtros de alta eficacia:

Son filtros adecuados para retener partículas de tamaño inferior al de una a tres micras. Estas partículas constituyen aproximadamente el 10% en peso de una muestra de polvo atmosférico. Esta fracción de polvo puede resultar peligrosa en zonas críticas como salas de ordenadores, talleres de fabricación de componentes electrónicos, etc.

Los filtros de alta eficacia constan de una media de fibra de vidrio, hecha con fibras microscópicas, de diversos espesores y calidades. También están incluidos en esta categoría los filtros electrostáticos.

Las eficacias de esta clase de filtros se miden de acuerdo al método DUST SPOT (mancha de polvo), según ASHRAE 52-76 y su clasificación DIN va desde la clase EU-5 a la clase EU-9. Los más utilizados dentro de esta categoría son los “filtros de bolsa” (Figura 5). Los filtros de bolsa son filtros desechables con una gran superficie de filtración y una pequeña superficie frontal. Se fabrican con medias de fibra de vidrio y sintéticas que tienen como características principales su alto grado de eficacia, baja pérdida de carga y alta capacidad de almacenamiento de polvo. El diseño de estos filtros favorece que el aire se introduzca directamente en cada bolsa, asegurando el inflado de todas ellas, exponiendo toda la superficie filtrante al aire sucio de forma homogénea.

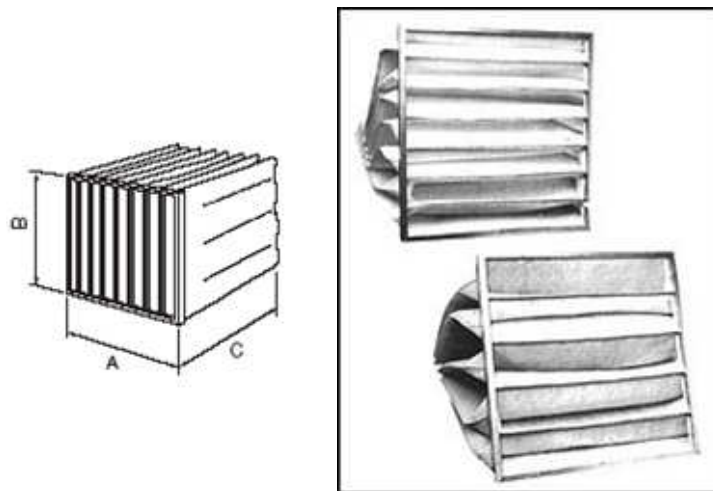


Figura 5

7.4. DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS

A continuación se detallan las características de diseño de los equipos de aporte de aire, que son las mismas que para el equipo de extracción, ya que se trata de unidades idénticas en cuanto a materiales empleados al módulo de ventilación.

7.4.1. Descripción grupo de aporte de aire

El grupo de aporte necesario para la cabina de pintura constará de los siguientes elementos:

7.4.1.1. Bancada:

Construida con perfiles laminados en caliente, siendo los perimetrales y de sustentación de carga de PN-140 y los secundarios de PNL-50 x 50 x 5 mm.

Acabado pintado con imprimación antioxidante color gris.

7.4.1.2. Suelo:

Estanco construido con chapa galvanizada de 2 mm de espesor, uniones con soldadura continua, conformando bandeja estanca al agua, mediante pestaña perimetral exterior de 60 mm de altura, garantizando de este modo fugas de agua tanto interiores como exteriores al grupo de aporte.

7.4.1.3. *Envolvente:*

Paneles tipo sandwich de 35 mm de espesor, fabricado con acero galvanizado en sus dos caras y con un núcleo de espuma de poliuretano expandido.

- ♦ Clasificación al fuego M1.
- ♦ Acabado cara exterior lacado.

Tanto exterior como interiormente las paredes y techo del grupo de aporte, presentarán superficies lisas con el fin de facilitar su limpieza, evitando acumulación de suciedades que afecten a la calidad del aire tratado.

La estanqueidad al aire y agua se realizará mediante masilla BOSTIC 2638 ó 2639 exenta de silicona.

7.4.1.4. *Estructura:*

Mediante perfiles o tubos galvanizados, con uniones atornilladas, embutida en los paneles de la envolvente.

7.4.1.5. *Drenajes:*

Las secciones de entrada de aire, filtrado, quemador de gas, anterior y posterior al humectador y motoventilador, estarán provistas de drenaje de 1 1/2”, contruidos con tubería y accesorios roscados y galvanizados, con su correspondiente válvula de corte cada uno.

Todos estos drenajes se unirán a un colector de 2 1/2” de tubo de acero galvanizado, el cual será conducido realizando sifón hidráulico hasta la red general de drenajes.

En la sección de humectación el rebosadero y vaciado del tanque de agua, se realizará con tubería común de PVC, estando provisto de sifón hidráulico interno y terminando en exterior grupo de aporte en brida, para ser conducido por la propiedad hasta la red de drenajes general.

7.4.1.6. *Puertas de acceso y mantenimiento:*

Todas las secciones del grupo de aporte están provistas de puertas de acceso y mantenimiento de 600 x 1800 mm mínimo, contruidas con panel sándwich de chapa galvanizada por ambas caras, similar a los paneles de recinto. Acabado cara exterior pintado. Estarán dotadas de mirilla con doble cristal, siendo éste templado en la sección del quemador.

Llevarán burlete perimetral de goma para asegurar su cierre estanco.

Los accesorios, manillones y bisagras serán de acero cincado o cadmiado.

En la sección de motoventilador se instalará puerta de doble hoja con fuste central desmontable para facilitar la extracción del motor y rodete del ventilador.

7.4.1.7. Luminarias:

Todas las secciones estarán dotadas de luminarias de 2 x 18 W en interior de grupo aporte, pantalla de policarbonato.

7.4.2. Características constructivas de las diferentes secciones de los grupos de aporte de aire

7.4.2.1. Sección entrada de aire:

Compuertas de regulación de lamas en oposición, construida en acero galvanizado, perfil aletas de chapa doble, bielaje exterior cincado o cadmiado, mando preparado para motorizar.

- ♦ *Velocidad máxima de paso de aire de 5 m/s.*
- ♦ *Capaces de soportar 100 mm.c.a. de presión máxima.*

7.4.2.2. Sección de filtrado de aire:

Prefiltrado mediante filtros de superficie plegada eficacia ó EU-4 de dimensiones 592 x 592 x 98 mm., el caudal unitario de paso de aire por cada filtro será máximo de 3800m³/h.

Posteriormente filtros de bolsa fabricadas en fibra de vidrio con eficacia EU-5, las dimensiones del marco de estos filtros son las mismas que para los filtros de superficie plegada, 592 x 592 x 535, siendo la ultima cota la longitud de la bolsa.

La pared filtrante se conformará mediante tubos estructurales galvanizados y chapistería de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor mínimo, donde se alojarán las celdillas portafiltros, que estarán provistas de junta de estanqueidad y clips de apriete imperdibles (4) por cada filtro. La pared de este modo conformada presentará gran rigidez.

El sellado de juntas se realizará mediante masilla BOSTIC 2638 ó 2639 exenta de silicona, garantizando a estanqueidad de paso de aire. En los grupos que sobrepasen (4) filtros en altura, se instalará plataforma intermedia para mantenimiento, con su correspondiente barandilla quitamiedos, escalera de acceso, portillón de gravedad y suelo de rejilla tipo “tramex” de 30 x30 x 2 mm.

Todos los materiales empleados en su construcción serán galvanizados.

7.4.2.3. Sección de calentamiento de aire:

Las características técnicas de la sección de calentamiento de aire son las siguientes:

- ♦ Mediante quemador de gas en vena de aire construido según normas UNE, con certificado C.E.
- ♦ Combustible gas natural a $40 \div 80$ mbar, radio mínimo de modulación 1:20, de acuerdo con la siguiente descripción de materiales:
- ♦ Rampa modular de combustión con:

- ♦ Deflectores de perfil especial, contruidos en chapa de acero inoxidable.
- ♦ Rampa de inyección en fundición especial.
- ♦ Electrodo de ignición.
- ♦ Placa frontal o pies soporte incorporando:
- ♦ Sonda de ionización para vigilancia de llama.
- ♦ Presostato de seguridad control circulación aire.
- ♦ Caja de interconexiones con transformador de ignición
- ♦ Bastidor panoplia en perfiles y chapa de acero, soporte de:
- ♦ Tren de válvulas de gas, formado por:
- ♦ Presostato de seguridad gas mínimo.
- ♦ Presostato de seguridad gas máximo (a partir de 1800 Te/h)
- ♦ Doble electroválvula de seguridad en serie.
- ♦ Electroválvula piloto.
- ♦ Sistema de puesta al aire intermedio, con electroválvula y borboteador para inspección visual de fugas, servoválvulas de regulación de caudal de gas.
- ♦ Cuadro eléctrico compuesto por:
- ♦ Transformador de maniobra

- ♦ Temporizador de barrido.
- ♦ Programador de secuencias de encendido y enclavamiento de seguridades con vigilancia de llama por sonda de ionización.
- ♦ Regulador PID de temperatura.
- ♦ Sonda de temperatura para regulación.
- ♦ Termostato de seguridad de temperatura excesiva.

Incluyendo: Proyecto de homologación, certificado de pruebas de funcionamiento y dispositivos de seguridades.

7.4.2.4. • Sección humectación aire:

Mediante humectador tipo PANEL CELULAR con panel de fibra de vidrio y separador de gotas del mismo material. Chapistería en acero inoxidable AISI 304.

Motobombas recirculación agua accionadas por motor eléctrico de 0,25 KW.

Llenado rápido con su correspondiente válvula de esfera, tubería y accesorios en PVC.

Rebosadero y vaciado mediante tubería unificada en PVC, provisto de válvula de mariposa para vaciado, sifón en rebosadero y acometida de tubería de purga continua, con válvula de esfera desde impulsión motobomba.

El humectador está provisto de:

- ♦ Puerta de registro de 500 x 700 mm. con mirilla.
- ♦ Luminaria exterior de 2 x 36 W

7.4.2.5. • *Sección de impulsión aire:*

Mediante motoventilador centrífugo de doble oído, dotado de aro antichispas, de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- ♦ Rendimiento 80% mínimo.
- ♦ Envolvente fabricada en chapa de acero carbono de espesor mínimo 3 mm uniones con soldadura cordón continuo, asegurando una construcción de perfecta estanqueidad.
- ♦ Llevará en su parte inferior una puerta de registro de 600 x 600 mm mínimo, con cierre estanco, para facilitar la inspección y limpieza del rodete.
- ♦ La envolvente estará compuesta de dos piezas, partida en sentido horizontal, firmemente atornillado mediante bridas, formando no solo cuerpo y reforzada con armadura de perfilera exterior.
- ♦ Asimismo dispondrá de una salida en la parte inferior para drenaje, mediante tubo con tapón roscado.
- ♦ Envolvente pintada anticorrosión.
- ♦ Rodete de acero de alta calidad. Conformado por álabes curvados hacia atrás, uniones con soldadura continua, garantizando una elevada resistencia estructural. El cubo será de robusta construcción,

de forma que garantice la rigidez del rodete. El rodete se montará sobre el eje mediante casquillo con ajuste de precisión enchaveteado y normalizado, fijándose fuertemente a éste mediante sistemas de apriete y bloqueo, asegurando de esta forma, unido a las estrechas tolerancias de fabricación, una perfecta alineación con el eje de giro.

- ◆ El rodete con toberas de aspiración circular, que irán solapadas sobre los oídos de aspiración para evitar turbulencias y descensos de rendimiento.
- ◆ Acabado del rodete pintado anticorrosión.
- ◆ Eje de acero de alta calidad, mecanizado y pulido dentro de unas tolerancias muy precisas, asegurando un ajuste preciso con el cubo y los cojinetes, eliminando así cualquier posibilidad de oscilaciones o desajustes.
- ◆ Se aplicarán las debidas protecciones para evitar su oxidación y deterioro con el tiempo.
- ◆ Cojinetes serán de rodamientos oscilantes con dos hileras de rodillos, carcasa partida, asegurando una perfecta alineación del eje, para un mínimo de 50.000 horas de funcionamiento en régimen de trabajo, llevarán engrasadores exteriores.
- ◆ Oídos de aspiración, contruidos en acero de alta calidad.
- ◆ Serán de forma aerodinámica de construcción entallada y un entrono profundo, diseñados para reducir pérdidas en la aspiración y eliminar turbulencias, manteniendo una tolerancia de ajuste muy precisa entre la cara interior del oído y el anillo exterior del rodete, se les pintará con

tratamiento anticorrosivo. En los oídos se instalarán mallas de protección fabricadas mediante varillas electrosoldadas, galvanizadas o cincadas.

- ♦ Bancada: el ventilador y motor se situarán sobre una bancada común construida de perfiles de acero laminados en caliente y pintados con protección anticorrosión.
- ♦ El motor eléctrico se emplazará en sus correspondientes carriles tensores.
- ♦ Amortiguadores: Se situarán en la bancada del ventilador, evitando la transmisión de vibraciones al resto de los elementos. Serán de resorte, contruidos con acero de alta resistencia mecánica y a la corrosión.
- ♦ Conexión flexible: Se dispondrá de conexión flexible en la boca de impulsión, para evitar transmitir las vibraciones del ventilador. Serán embridables con tortillería cincada y fabricada mediante lona reforzada con fibras.
- ♦ Transmisión: Mediante poleas acanaladas de perfil especial, tipo taper-lock y correas trapezoidales. Deben llevar un cubrecorreas de chapa galvanizada con un cerramiento de doble cara, de fácil desmontaje. Dispondrá de dos orificios para medir revoluciones de motor y ventilador, disponiendo de una pequeña tapa abisagrada para poder controlar el estado de tensión de las correas.
- ♦ Motor eléctrico 380 V, 1.500 r.p.m. máximo, protección IP-55, preparado para trabajar con variador de frecuencia, sobredimensionado al menos en un 15 ÷ 20% con respecto a la potencia absorbida del ventilador.

- ♦ El motoventilador se equilibrará estática y dinámicamente por el fabricante, de acuerdo con la norma VDI-2056 grupo de máquinas G.
- ♦ La sección de impulsión estará dotada de viga carril para polipasto galvanizada, para facilitar la extracción de motor eléctrico y rodete.

7.4.3. Extractores

Son unidades idénticas en cuanto a materiales empleados al módulo de ventilación de los climatizadores anteriores y lleva una luminaria en su interior.

Se instalará protección, con ventilación exterior, en el motor para evitar su contacto con el aire de extracción.

7.5. INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL

7.5.1. Subsistema de lavado y depuración

Los equipos principales que componen dicha instalación serán:

- Dos manómetros (1 por circuito)
- Dos presostatos (1 por circuito)
- Dos interruptores de nivel de tipo conductivo.

Los indicadores de presión (manómetros) serán locales, en baño de glicerina, conexión 1/2” y rango de 0 a 5 Kg/cm².

Los presostatos mandarían su señal al cuadro principal indicando el correcto funcionamiento de las bombas.

Los interruptores de nivel transmitirían su señal al cuadro principal.

7.5.2. Subsistema de aire

Las compuertas de admisión de aire exterior están comandadas por unidades remotas, pero los sistemas de finales de carrera están dispuestos para enviar información al cuadro de la posición de dichas compuertas.

Las medidas de presión diferencial nos darán idea del ensuciamiento de los filtros de los climatizadores. Esta supervisión se realiza visualmente en los propios climatizadores, no tratándose ningún tipo de señal al cuadro principal.

En los conductos de impulsión de los climatizadores y en los de extracción de los extractores, se instalarán detectores de flujo (presostatos), que enclavarán el funcionamiento de sus respectivos ventiladores.

7.5.3. Subsistema de temperatura y humedad

En el recinto de las cabinas se instalarán 2 termohigrómetros de control, con registro gráfico, para control de temperatura y humedad.

La humedad y temperatura de los climatizadores serán reguladas por sondas de humedad y temperatura y llevadas al autómata programable, a fin de que mediante software se puedan definir las estrategias de control de los climatizadores.

El control de la humedad del aire que suministra cada climatizador se hará a través de una sonda de humedad relativa colocada en el conducto de impulsión. La transmisión de la señal se llevará a un regulador todo/nada, con punto de consigna configurable, manualmente desde el propio regulador, o remoto desde el autómata. El regulador dispondrá de cuatro etapas de salida configurables, cada una de esas salidas actuará sobre una bomba de humectación de cada climatizador. La histéresis también es regulable a fin de optimizar el arranque y la parada de cada bomba.

Para el control de temperatura se dispondrá de una termorresistencia (sonda principal activa) ubicada en el conducto de impulsión de cada climatizador.

Dicha señal será la entrada del regulador, el set point del regulador será configurable, o bien manualmente, o bien mediante señal remota procedente del autómatas. La señal de salida atacará directamente la válvula que regula la entrada de gas al quemador del climatizador. Esta señal será PID de regulación.

Se dispondrá de un video – Registrador “EUROTHERM” de 12 canales, con comunicaciones, para visualización y registro de temperatura en almacén, temperatura en cabina de preparación y lijado, temperatura y humedad relativa en sala de mezclas y temperatura y humedad en cabina de aplicación de pinturas.

De igual modo se dispondrá de un Video – Registrador “EUROTHERM” de 6 canales, con comunicaciones para visualización y registro de temperaturas en estufas de secado.

7.6. OBRAS E INSTALACIONES AUXILIARES

7.6.1. Obra civil

Se ha de cerrar el solar destinado a las instalaciones de pintura, ubicado entre los edificios existentes con el mismo criterio existente en la fachada de la factoría.

Para la instalación de los equipos (cabinas y horno) se ha de realizar una losa de hormigón armado, con las mismas dimensiones y características necesarias, sobre una capa de zahorra natural compactada y el terreno previamente nivelado y compactado.

Bajo la losa de cimentación se ha previsto la infraestructura de canalizaciones necesaria para la extracción del aire de las cabinas, así como las conducciones de agua hacia el foso de desnaturalización. Foso común a las cabinas de preparación y pintura.

Este foso se encuentra dividido en dos partes:

- ♦ Una para las aguas procedentes de las zonas de preparación
- ♦ Una para las aguas procedentes de las cabinas de aplicación.

Las dimensiones previstas para el foso son:

Dimensiones (m)		
Longitud	Anchura	Altura
4	4	2,5

La anchura, como se ha comentado, esta dividida en dos zonas de 2 m cada una de ellas. Una destinada a la cabina de preparación y otra a la cabina de pintura.

Cada zona estará dotada de una bomba de recirculación de agua con sus correspondientes niveles de funcionamiento, filtros de protección de bombas, etc. Al estar integrado en el interior de la nave de pintura, el foso debe de estar cubierto en su totalidad, en evitación de riesgos de accidentes. En la zona

correspondiente a las bombas y filtros se preverán los accesos necesarios para mantenimiento e inspección necesarios.

Para la instalación de los climatizadores y extractores en la cubierta del módulo de edificación, se ha previsto la construcción y montaje de un piso técnico que se instalará sobre la estructura de nueva fabricación y para una carga de 750 Kg/m², a la que habrá que añadir los esfuerzos y cargas correspondientes al puente grúa de traslación de piezas en la nave de pintura.

La pared situada entre las naves existentes se construirá mediante celosía de lamas que permita la entrada de aire necesario.

Este piso técnico tendrá las mismas dimensiones de la nave de pintura y se instalará a 11m de altura aproximada.

El cerramiento del techo se realizará a nivel +14,5m.

7.6.2. Instalación eléctrica

7.6.2.1. Descripción del hardware de control

Con este proyecto se pretende dotar a la instalación de un sistema de control moderno que combina las prestaciones de un autómata programable y un software de supervisión mediante PC bajo Windows. Estos dos elementos combinados nos proporcionan un control total del conjunto de las instalaciones.

Para este proyecto se ha previsto la utilización de un autómata SIEMENS por el gran número de prestaciones que aportan tales como: robustez, rapidez, fiabilidad y facilidad de manejo para las labores de mantenimiento.

La configuración del sistema utilizada en este estudio consiste en un autómata de composición modular, conectado a un PC a través de la red.

El autómata estará destinado al control de procesos, conectado a dos chasis con E/S remotas y al PC por medio de la red.

El número total de Entradas / Salidas que direccionan este autómata es 96 entradas digitales, 96 salidas digitales y 18 entradas analógicas.

7.6.2.2. Supervisión y control mediante PC

El sistema de supervisión y control consiste básicamente en un ordenador provisto de una unidad de interface de 3 comunicaciones con el PLC, en el que se ejecutará, en forma residente y bajo Windows, una aplicación software que nos permitirá visualizar y manipular la instalación. Entre la aplicación y el PLC se establecerá un tráfico continuo de informaciones y ordenes, a través de la red de comunicaciones, que nos proporcionará un control total de la instalación.

7.6.2.3. Equipo informático

Este equipo deberá reunir unos requisitos mínimos para garantizar el correcto funcionamiento de la aplicación de control. Estos requisitos son: rapidez para no ralentizar la actuación de estados y la transmisión de órdenes y una gran resolución gráfica para las pantallas de control.

Para este proyecto deberemos contar con un equipo que posea como mínimo las siguientes características:

- ♦ • Microprocesador PENTIUM III 500Mhz.
- ♦ Memoria Ram de 128Mb.
- ♦ Disco duro de 10Gb.
- ♦ Tarjeta de Vesa Local Bus.
- ♦ Tarjeta de vídeo de 2Mb.
- ♦ Disquetera de 31/2”.
- ♦ 1 puerto en serie y 2 en paralelo.
- ♦ Monitor a color de 20”.
- ♦ Teclado de 102 teclas.
- ♦ Ratón de 3 botones.
- ♦ Licencia de Windows 95.
- ♦ Interface para comunicación con PLC.
- ♦ Impresora de inyección de tinta.
- ♦ Tarjeta para comunicación con red de control de planta.

7.6.2.4. Software de control en PLC

Un paquete de software específico bajo Windows, nos permitirá configurar y desarrollar la aplicación para el control de procesos en el autómeta. El lenguaje de programación en este caso, será mediante contactos e instrucciones específicas como controles PID, pilas de almacenamiento, escalado de señales analógicas, etc.

Esta aplicación se realiza de tal manera que nos permita ejecutar procesos automáticos o manuales y nos informe de alarmas y averías en combinación con el software instalado en el PC, sin olvidar una exhaustiva documentación de todas las secuencias de programación generadas en la misma. Entre otros motivos se ha elegido este software de programación por su facilidad de aprendizaje de cara a labores de mantenimiento.

7.6.2.5. Software de control en PC

El software de diseño está construido por un conjunto de programas que nos permitirán dibujar todos los elementos de la instalación, asignar estados mediante la asociación de colores y entradas digitales, definir las gráficas y los parámetros que estas representarán, especificar las señales que significara alarmas y prioridad de las mismas, crear menús desplegables, cajas de diálogo para configurar operaciones, etc.

Todo esto unido nos dará como resultado un conjunto de pantallas interactivas que nos permitirá visualizar y manipular la instalación de forma fácil y práctica.

7.6.2.6. Cuadro de instalaciones para cabinas y horno

La relación de motores eléctricos a los que se dará servicio con la presente instalación serán:

- Línea de piezas grandes
 - Grupo aporte cabina preparación: 37 KW
 - Grupo aporte cabina de pintura: 46 KW
 - Extractor cabina preparación: 16 KW
 - Extractor cabina de pintura: 24 KW
 - Grupo calentamiento horno secado: 7,5 KW

- Instalaciones comunes
 - Grupo aporte climatización: 22 KW
 - Extractor almacén de pinturas: 0,75 KW
 - Extractor sala de mezclas: 0,36 KW
 - Climatización almacén y sala de mezclas: 4 KW
 - Bomba recirculación cabina preparación: 4 KW
 - Bomba recirculación cabina pintura: 4 KW

El cuadro general se ubicará en el piso técnico, y desde el mismo partirán las líneas de alimentación a los motores.

Será de montaje sobre suelo, realizado en chapa de acero electrozincada con acabado exterior e interior con pintura epoxy – poliéster, con marco fijo, puerta y cerradura de seguridad u dispondrá de sistema de ventilación forzada con termostato de regulación. Estará construido y conexionado de acuerdo con las normas UNE – EN – 60439.1 y CEI 439.1.

En su interior se instalará el aparellaje de mando y protección de los diferentes circuitos de salida. En el interior se dejará previsto al menos un 25% de espacio libre para futuras ampliaciones. Todo el aparellaje estará montado en posición fácilmente accesible para la rápida identificación de los circuitos.

En este cuadro se dispondrá, así mismo, el autómata de control de proceso, así como sus correspondientes relés de entrada / salida y el sinóptico de la instalación, realizada en metacrilato serigrafiado a color, con los correspondientes indicadores luminosos de señalización de funcionamiento de los equipos y fallo, así como pulsadores de test de lámparas.

Las líneas de distribución se realizarán en general bajo tubo de acero galvanizado tipo CONDUIT, con grado de protección IP xx7 y cajas de derivación del mismo material, con entradas y salidas con tuerca y contratuerca.

Los conductores serán de cobre del tipo RV – 0.6/1 para motores, aunque para secciones nominales inferiores a 4 mm² se podrán utilizar conductores del tipo RV-0,6/1 y H07V-U en líneas de alumbrado y fuerza general.

Las secciones de los conductores de cada circuito se preverán de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de la misma sea menor del 3% de la tensión nominal para el alumbrado y del 5% para fuerza.

7.6.2.7. *Alumbrado zona de transferencia y piso técnico*

El alumbrado exterior en el piso técnico (zona de climatizadores) se ha previsto mediante el empleo de 36 luminarias estancas de 2 x 58 W. Nivel de iluminación de 500 lux.

El alumbrado en la zona de transferencia se ha previsto mediante el empleo de 44 luminarias estancas de 2 x 58 W. Nivel de iluminación de 500 lux.

7.6.2.8. *Instalación de gas para alimentación a quemadores*

Se realizará la instalación de tubería de acometida de gas a los distintos puntos de consumo, mediante tubería de acero estirado sin soldadura DIN 2440, con dos capas de imprimación y una de pintura según la norma UNE 1063.

En los puestos de consumo se instalará una rampa de regulación de presión de gas, compuesta por:

- 1 Válvula de purga de ½”.
- 1 Filtro de tartera H-H de 1” para presión nominal de 6 bar.
- 1 Regulador de presión Fiorentini Dival 50 o similar para salida de gas regulado. $P_e = 5,5$ bar; $P_s = 5 - 200$ mbar.

- 1 Manómetro de presión de entrada de gas, clase 1, con rosca de ½”, rango 0-4 bar, diámetro 100 mm.
- 1 Válvula portamanómetro ½” H-H PN-5

Los puntos de consumo de la instalación son:

- Línea de piezas grandes
 - Grupo aporte cabina de preparación: 80 Nm³/h
 - Grupo aporte cabina de pintura: 115 Nm³/h
 - Grupo calentamiento horno de secado: 11,5 Nm³/h

- Instalaciones comunes
 - Grupo aporte climatización: 42 Nm³/h

7.6.2.9. *Instalación detección de incendios*

7.6.2.9.1. *Cabina de preparación (línea piezas grandes)*

Instalación de un detector infrarrojos de la firma SPECTREX, modelo SPEQ6-EX, en una esquina de la cabina, además de:

- ❖ Un pulsador de alarma de la marca ESSER serie 9200.
- ❖ Una sirena óptico-acústica.

- ❖ Un carro extintor de polvo polivalente ABC.

Modo de funcionamiento: cuando se active cualquiera de los detectores infrarrojos o el pulsador de alarma, se cortará el sistema de aspiración /impulsión y sonará la sirena acústica.

7.6.2.9.2. *Cabina de pintura (línea de piezas grandes)*

Instalación de un detector infrarrojos de la firma SPECTREX, modelo SPEQ6-EX, en una esquina de la cabina, además de:

- ❖ Un pulsador de alarma de la marca ESSER serie 9200
- ❖ Una sirena óptico-acústica
- ❖ Un carro extintor de polvo polivalente ABC

Modo de funcionamiento: cuando se active cualquiera de los detectores infrarrojos o el pulsador de alarma, se cortará el sistema de aspiración /impulsión y sonará la sirena acústica.

7.6.2.9.3. *Almacén de pinturas*

El sistema de detección de incendios constará:

- ❖ Dos detectores OTI de la marca ESSER serie 9200 en líneas cruzadas.
- ❖ Un sistema de extinción automático por gas FE-13
- ❖ Pulsadores de disparo e inhibición con letrero óptico-acústico de señalización.

Modo de funcionamiento: Cuando se active uno de los detectores, enviará la señal correspondiente a la central local, pero no provocará la extinción.

Cuando se activen los dos detectores, se cortará el sistema de ventilación y actuará la extinción.

7.6.2.9.4. Sala de mezclas

El sistema de detección de incendios constar:

- ❖ Dos detectores OTI de la marca ESSER serie 9200 en líneas cruzadas.
- ❖ Un sistema de extinción automático por gas FE-13
- ❖ Pulsadores de disparo e inhibición con letrero óptico-acústico de señalización.

Modo de funcionamiento: Cuando se active uno de los detectores, enviará la señal correspondiente a la central local, pero no provocará la extinción.

Cuando se activen los dos detectores, se cortará el sistema de ventilación y actuará la extinción.

7.6.2.9.5. Zona de transferencia

Instalación de cuatro detector infrarrojos de la firma SPECTREX, modelo SPEQ6-EX, en una esquina de la cabina, además de:

- ❖ Dos pulsadores de alarma de la marca ESSER serie 9200
- ❖ Una sirena óptico-acústica
- ❖ Un carro extintor de polvo polivalente ABC

Modo de funcionamiento: cuando se active cualquiera de los detectores infrarrojos o el pulsador de alarma, se cortará el sistema de aspiración /impulsión y sonará la sirena acústica.

7.6.2.10. Carteles de señalización

Los elementos de protección de incendios, tales como extintores y pulsadores de alarma, dispondrán de sus carteles fotoluminiscentes correspondientes según la actual normativa.

7.6.2.11. Cuadro de pruebas para los detectores infrarrojos

Se instalará un cuadro común en el que se puedan hacer las pruebas de alimentación, avería, fuego, etc., de cada uno de los detectores infrarrojos de la firma SPECTREX.

7.6.2.12. Señalización de alarmas

Todos los elementos de señalización (detectores, pulsadores, sirena, interruptores de flujo, electroválvulas, etc.) se conectarán mediante un lazo a una central de detección de la marca ESSER.

7.6.2.13. Instalación eléctrica

Los elementos eléctricos que requieran de electricidad para su funcionamiento deberán disponer de una fuente de alimentación común para los mismos.

La instalación eléctrica se realizará bajo tubo de acero y será antideflagrante en aquellos locales que lo requieran.

7.6.3. Equipos de pintura y red de aire comprimido

Se dispondrá de las siguientes clases de producto a aplicar:

- Dos tipos de Wash primer
- Dos tipos de esmaltes poliuretanos brillantes
- Un epoxi-poliamida
- Un barniz poliuretano
- Dos tipos de imprimaciones poliuretano

- Tres tipos de pintura autolubrificante
- Una imprimación epoxi-uretano

En total existen 34 productos distintos, entre bases, catalizadores y diluyentes, así como un total de 12 productos bicomponentes para la aplicación.

Según las fichas técnicas, para la preparación de los productos a aplicar se debe agitar previamente los productos, después mezclar la base y el catalizador en el ratio fijado y posteriormente añadir el diluyente para conseguir la viscosidad. Una vez etiquetado el producto, se debe de dejar la mezcla un tiempo de reacción.

Existe una cabina con un operario para la aplicación y dos puestos en cabina.

7.6.3.1. *Datos de diseño*

Se considera:

- ♦ Todos los productos se suministran en latas estándar de 25 Kg de capacidad,
- ♦ Las bases y catalizadores no reaccionan con la humedad del aire.
- ♦ Las bases y catalizadores no necesitan estar en movimiento (tuberías, sistema, etc.).
- ♦ La mezcla base y catalizador reacciona con la humedad del aire.

7.6.3.2. *Solución adoptada*

Teniendo en cuenta los puntos anteriores y sobre la base de reducir al máximo posible los residuos producidos para la limpieza de equipos (al tener en cuenta el tiempo de aplicación de la mezcla), se ha considerado la utilización de equipos portátiles para aplicar el producto en el interior de cabina.

7.6.3.3. *Equipos para la agitación y alimentación de dosificador electrónico*

Se proyecta la instalación, en interior de sala de mezclas, de los siguientes equipos:

- ❖ Un equipo para bases, que estará compuesto por:
 - Tapa con agitador neumático directo de 1/6 HP, 3.000 r.p.m., modelo 41-3312
 - Bomba neumática de doble membrana montada sobre tapa, ratio 1:1, construcción acetal y juntas de teflón, 13 GPM
 - Caña de aspiración de bomba con filtro de pie
 - Filtro a la salida de la bomba
 - Lubricador de neblina para la alimentación del agitador neumático
 - Conjunto filtro, regulador, lubricador para la alimentación neumática a la bomba

- Manguera para la distribución de producto, flexible de teflón de ¼” de diámetro con conexiones electroniqueladas, longitud desarrollada de 4m

 - ❖ Un equipo para catalizador, compuesto por:
 - Tapa con agitador neumático directo de 1/6 HP, 3.000 r.p.m., modelo 41-3312
 - Bomba neumática de doble membrana montada sobre tapa, ratio 1:1, construcción acetal y juntas de teflón, 13 GPM
 - Caña de aspiración de bomba con filtro de pie
 - Filtro a la salida de la bomba
 - Lubricador de neblina para la alimentación del agitador neumático
 - Conjunto filtro, regulador, lubricador para la alimentación neumática a la bomba
 - Manguera para la distribución de producto, flexible de teflón de ¼” de diámetro con conexiones electroniqueladas, longitud desarrollada de 4m

 - ❖ Un equipo para diluyente, compuesto por:
-

- Bomba neumática de doble membrana con soporte mural, ratio 1:1, construcción acetal y juntas de teflón, 13 GPM
- Caña de aspiración de bomba con filtro de pie
- Filtro a la salida de la bomba
- Conjunto filtro, regulador, lubricador para la alimentación neumática a la bomba
- Manguera para la distribución de producto, flexible tipo fluidall de BINKS de ¼” de diámetro con conexiones electroniqueladas, longitud desarrollada de 4m

Se instalará un equipo de reserva común para bases y/o catalizador.

7.6.3.4. Cuadro neumático de puesta a punto de bases y catalizadores.

Se contempla la instalación de un cuadro neumático en el interior de la sala para agitar la base y el catalizador antes de su mezcla.

El cuadro dispondrá de un contador neumático de 0 a 90 minutos, en cual activará el agitador neumático durante el tiempo establecido y a continuación arrancará las bombas de alimentación al dosificador.

7.6.3.5. *Dosificador electrónico marca binks modelo de-2010*

Para realizar la dosificación de cada componente (base y catalizador) se proyecta la instalación de un dosificador electrónico de las siguientes características:

❖ Unidad mecánica de dosificación

Instalada en el interior de la sala de mezclas, realizará la dosificación y la mezcla instantáneamente. Las características de esta unidad mecánica de dosificación son las siguientes:

- Caudal máximo de 2.000cc/min.
- Error: < del 4%.
- Viscosidad: de 15 a 70 seg. (ford 4)
- Presión: de 1 a 6 bar

❖ Unidad electrónica de programación y control

Instalada en el exterior de la sala de mezclas (zona segura) realiza el control de la unidad mecánica, mediante las siguientes operaciones:

- ♦ Introducción de la relación de mezcla deseada
- ♦ Introducción del pot-life de la mezcla
- ♦ Lectura del tiempo de pot-life

- ♦ Lectura del caudal instantáneo de la base y el catalizador
- ♦ Consumo total de la base y el catalizador
- ♦ Introducción de la cantidad de mezcla a realizar
- ♦ Alimentación eléctrica de 220 VCA
- ♦ Alimentación neumática de 6 bar

Método operativo consiste en que el operario introduzca la cantidad de mezcla a realizar, el ratio deseado y valida la operación. Un bidón de 25 Kg sirve como recipiente de la mezcla.

Una vez terminada la mezcla, controla la viscosidad e introduce de una manera manual el diluyente necesario. Cuando consigue la viscosidad deseada, etiqueta el recipiente y espera el tiempo de reacción.

7.6.3.6. *Equipos compactos y portátiles de aplicación de pintura*

Se contempla el suministro de dos equipos compactos y portátiles de aplicación de pintura (uno de trabajo y uno en espera), de las siguientes características:

- ♦ Carro con ruedas para el desplazamiento del conjunto
- ♦ Tapa con agitador neumático directo de 1/6 HP, 3.000 r.p.m., modelo 41-3312

- ◆ Bomba neumática de doble membrana montada sobre tapa, ratio 1:1, construcción acetal y juntas de teflón, 13GPM
- ◆ Caña de aspiración de bomba con filtro de pie
- ◆ Filtro a la salida de la bomba
- ◆ Regulador de fluido BINDS con manómetro incorporado a la salida del filtro
- ◆ Lubricador de neblina para la alimentación del agitador neumático.
- ◆ Conjunto filtro, regulador, lubricador para la alimentación neumática a la bomba
- ◆ Un conjunto de pistola BINKS aerográfica manual HVLP con manguera de producto y manguera de aire de 6 metros de longitud

El método operativo será el que se expone a continuación:

- El producto mezclado y puesto a viscosidad se dispone en el carro correspondiente y, este se desplaza manualmente a la cabina de aplicación.
- En cabina, se conecta el aire comprimido al carro y el equipo ya esta listo para aplicar.
- Cuando se termina la aplicación y se desea aplicar otro producto, se debe limpiar las partes del equipo en contacto con el fluido.

7.6.3.7. Red aire comprimido

Los consumos serán:

- ♦ Pistola aerográfica de aplicación: 600 L/min.
- ♦ Agitador neumático: 300 L/min.
- ♦ Bomba: 50 L/min.
- ♦ Total consumo: 950 L/min.

Se instalará la red de distribución de aire comprimido a los puntos de aplicación, mediante tubería de acero negro c/s de 1 ½”, desde el punto de suministro de C.A.S.A. hasta techo de cabina de aplicación.

La soportación se realizará mediante abarcones galvanizados sobre puntos estructurales de la instalación.

La red contará con 6 ramales de distribución de ¾”, con llave de corte manual en el extremo.

Toda la tubería irá con mano de imprimación y otra de color.

8. **BIBLIOGRAFÍA**

- ♦ Poza Lleida, Vicente de la. “*Pintado y secado industrial*”. Barcelona : Oikos-Tau, 1991
- ♦ Dieter Stoye, Werner Freitag. “ *Paints, Coatings and Solvents*”. Editorial Wiley – VCH. (1997)
- ♦ Carnicer Royo, Enrique. “*Ventilación Industrial*”. Editorial Paraninfo. (1994)
- ♦ Operaciones Básicas de la Ingeniería Química. J.M. Coulson and J.F. Richardson. Ed. Reverté, S.A., 1988.
- ♦ Perry Chilton, última edición.
- ♦ www.salvadorescoda.com
- ♦ www.solerypalau.com
- ♦ www.mtas.es/insht

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: CÁLCULO DEL CAUDAL DE IMPULSIÓN	119
ANEXO 2: CÁLCULO DEL NÚMERO DE RENOVACIONES POR HORA	122
ANEXO 3: CALCULO SECCIÓN PLENUM	123
ANEXO 4: PÉRDIDAS DE CARGA	124
1. PÉRDIDAS DE CARGA EN CONDUCTOS DE IMPULSIÓN	124
1.1. Teoría pérdida de cargas en conducto impulsión	124
1.1.1. Presiones Estática, Dinámica Y Total	125
1.1.2. Unidades de Medida	126
1.2. Pérdidas de Carga	127
1.2.1. Pérdidas de Carga por Rozamiento (pérdidas de carga primarias)	127
1.2.1.1. Método de cálculo	128
1.2.2. Pérdidas de Carga Locales (pérdidas de carga secundarias)	131
1.3. Cálculos	133
1.3.1. Pérdidas de carga primarias	134
1.3.1.1. Tramo 1	135
1.3.1.2. Tramo 3	139
1.3.1.3. Tramo 4	139
1.3.1.4. Tramo 6	140
1.3.1.5. Tramo 7	141
1.3.1.6. Tramo 8	141

1.3.2.	Pérdidas de carga secundarias	143
1.3.2.1.	Tramo 2	143
1.3.2.2.	Tramo 5	146
1.3.2.3.	Tramo 9	149
1.3.3.	Pérdidas de carga totales	150
2.	PÉRDIDA DE CARGAS EN CONDUCTO EXPULSIÓN	153
2.1.	Pérdidas de carga primarias	154
2.1.1.	Tramo 1	154
2.1.2.	Tramo 5	158
2.1.3.	Tramo 6	158
2.1.4.	Tramo 7	159
2.1.5.	Tramo 8	160
2.1.6.	Tramo 9	160
2.2.	Pérdidas de carga secundarias	161
2.2.1.	Tramo 2	162
2.2.2.	Tramo 3	164
2.2.3.	Tramo 4	166
2.2.4.	Tramo 10	167
2.3.	Pérdidas de carga totales	170
3.	CÁLCULO DE PERDIDAS DE CARGA EN FILTROS:	172
3.1.	Clasificación de filtros	172
3.2.	Cálculo de pérdidas carga en filtros	173
3.2.1.	Perdida de carga para filtro de superficie plegada	174
3.2.2.	Perdida de carga para filtros de bolsa	176
3.2.3.	Pérdidas de carga para manta filtrante	178
3.2.4.	Perdida de carga para filtros de papel tipo “Kraft”	179
ANEXO 5:	CÁLCULO DE REJILLAS	182

1. REJILLAS DEL PLENUM	182
2. REJILLAS DEL-FOSO DE ASPIRACIÓN	184
ANEXO 6: DIAGRAMA PSICROMÉTRICO	187
1. SICROMETRÍA	187
1.1. Sicrómetro	188
1.2. Diagramas psicrométricos	188
ANEXO 7: ESTRUCTURA DE LA CABINA DE PINTURA	193
1. MÉTODOS DE COMPROBACIÓN DE BARRAS DE ACERO	193
2. COMPROBACIONES EN EL ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	193
2.1. Deformaciones incluidos los desplazamientos en los nudos	194
2.2. Deformaciones locales sin tener en cuenta los desplazamientos en los nudos	195
2.3. Desplazamientos horizontales totales	195
2.4. Desplazamientos horizontales por planta	196
3. COMPROBACIONES EN EL ESTADO LÍMITE ÚLTIMO	197
3.1. Agotamiento de secciones por plastificación	197
3.1.1. Tensión normal	197
3.1.2. Tensión tangencial	198
3.1.3. Tensión de Von Mises	199
3.2. Resistencia a tracción simple	199

3.3.	Esbeltez máxima	199
3.4.	Pandeo por flexión y tracción	201
3.4.1.	Piezas de doble simetría o simetría puntual:	201
3.4.2.	Piezas con simetría simple o sin simetría:	201
3.5.	Pandeo lateral o vuelco lateral de vigas	202
3.6.	Pandeo local y abolladura del alma de vigas llenas	203
3.7.	Comprobación de perfiles conformados en frío	204
4.	MÉTODO DE COMPROBACIÓN PARA BARRAS DE HORMIGÓN	205
5.	MÉTODO DE CÁLCULO MATRICIAL DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ	208
6.	MÉTODOS DE COMPROBACIÓN DE BARRAS DE MADERA	211
6.1.	Comprobaciones en el estado límite de servicio	212
6.1.1.	Deformaciones instantáneas incluidos los desplazamientos en los nudos	212
6.2.	Deformaciones totales los desplazamientos en los nudos	213
6.3.	Deformaciones instantáneas locales (sin tener en cuenta los desplazamientos en los nudos)	214
6.4.	Deformaciones locales totales (sin tener en cuenta los desplazamientos en los nudos)	215
6.5.	Desplazamientos horizontales totales	215
6.6.	Desplazamientos horizontales por planta	216
6.7.	Comprobaciones en el estado límite último	217
6.7.1.	Agotamiento de secciones	217
6.7.2.	Índice de Utilización por Tensiones Normales	217

6.7.3.	Índice de Utilización por Tensiones tangenciales	218
6.8.	Resistencia a tracción simple	219
6.9.	Pandeo por compresión y flexión	220
6.9.1.	Piezas de doble simetría o simetría puntual:	221
6.10.	Pandeo lateral o vuelco lateral de vigas	222
6.11.	Resistencia en situación de incendio	223
6.12.	Coefficientes de seguridad EHE	226
6.13.	Coefficientes de seguridad NBE-AE95	238
6.14.	Coefficientes de seguridad EHE	238
6.15.	Geometría	239
6.16.	Sección	248
7.	PILAR EXTERIOR	258
7.1.	Desplazamientos horizontales totales	258
7.2.	Desplazamientos horizontales por planta	259
7.3.	Agotamiento de secciones por plastificación	259
7.4.	Pandeo por compresión y flexión	259
7.5.	Esbeltez en el plano perpendicular al eje x'	260
8.	PILAR INTERIOR	260
8.1.	Desplazamientos horizontales totales	260
8.2.	Desplazamientos horizontales por planta	260

8.3.	Agotamiento de secciones por plastificación	261
8.4.	Pandeo por compresión y flexión	261
8.5.	Esbeltez en el plano perpendicular al eje x'	262
9.	CORREA	262
9.1.	Deformaciones locales	262
9.2.	Agotamiento de secciones por plastificación	262
10.	DINTEL	263
10.1.	Deformaciones totales	263
10.2.	Deformaciones locales	263
10.3.	Agotamiento de secciones por plastificación	263
10.4.	Pandeo por compresión y flexión	264
10.5.	Esbeltez en el plano perpendicular al eje x'	264
11.	ENTRAMADO LATERAL	265
11.1.	Deformaciones locales	265
11.2.	Pandeo por compresión y flexión	265
11.3.	Esbeltez en el plano perpendicular al eje x'	266
ANEXO 8: COEFICIENTES DE SEGURIDAD EHE `PARA LA ESTRUCTURA DEL FOSO DE ASPIRACIÓN		267
ANEXO 9: FICHAS TÉCNICAS		272

1. FICHA TÉCNICA DEL ALCOHOL ISOPROPÍLICO	272
2. FICHA TÉCNICA DEL ETIL METIL CETONA	276

ANEXO 1: CÁLCULO DEL CAUDAL DE IMPULSIÓN

Para el cálculo del caudal de impulsión se tiene en cuenta el RD117/2003, sobre límite de emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) debidas al uso de disolventes en determinadas actividades, ya que el uso de disolventes en ciertas actividades da lugar a emisiones de compuestos orgánicos a la atmósfera que pueden ser nocivas para la salud y producir importantes perjuicios a los recursos naturales.

Esta directiva tiene por objeto evitar o, cuando ello no sea posible, reducir los efectos directos o indirectos de las emisiones de COV's sobre el medio ambiente y la salud de las personas.

Las instalaciones de las que se ocupa el presente proyecto esta incluida dentro de la categoría de “actividades de recubrimiento”, dado que se trata de una actividad en la que se aplica una o varias veces una película continua de recubrimiento sobre superficies metálicas y/o de plástico incluidas las superficies de aviones, barcos, trenes, etc.

Según el anexo II de la citada directiva “Umbrales de consumo y límites de emisión” la instalación se incluye dentro del grupo 8:

- ♦ Otros tipos de recubrimiento, incluido el recubrimiento de metal, plástico, textil, tejidos, películas y papel
- ♦ Umbral de consumo de disolventes en Tn/año 5/15 ó >15 (caso mas desfavorable)

- ♦ Valor límite de emisión en gases residuales ($mg \cdot C / Nm^3$) es de 75, siendo el valor límite de emisión para las actividades de recubrimiento

El caudal de impulsión de aire tiene como objetivo el eliminar el overspray procedente de las operaciones de pintura así como la de diluir los Compuestos Orgánico Volátiles (COV's) presentes en los disolventes y pinturas utilizados en el proceso de pintura de los elementos, y cuya evaporación se produce en la cabina de pintura.

Según lo anterior el caudal será función de los siguientes datos:

- ♦ Consumo de disolvente orgánicos, que contienen COV's, en la instalación
- ♦ Numero total de horas de funcionamiento de la instalación, a lo largo del año
- ♦ Valor límite de emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's)

El consumo de disolventes orgánicos de la industria que nos ocupa es de 8,8 Tn/año, de esta cantidad el 79% se consumen en las instalaciones de pintura, de donde:

$$8,8Tn/año \cdot 0,79 = 6,952Tn/año$$

De la misma forma, de esa cantidad de disolventes que se consumen en las instalaciones de pintura, es el 63% lo que se consume en la cabina de pintura. Objeto del presente proyecto, y cabina en la que se produce la evaporación de los

disolventes. Por tanto el consumo de disolventes orgánicos en cabina de pintura será:

$$6,952Tn / año \cdot 0,63 = 4,379Tn / año$$

$$4,379Tn / año \cdot \frac{1000Kg}{1Tn} = 4.379Kg / año$$

Sabiendo que la cabina de pintura tendrá una estimación de 843 horas de funcionamiento a lo largo del año (en condiciones normales de producción), se calcula el consumo horario de disolventes en la cabina de pintura:

$$Consumohorario = \frac{4.379Kg / año}{843h / año} = 5,195Kg / h$$

En mg/h:

$$Consumohorario = 5,195Kg / h \cdot \frac{10^6 mg}{1Kg} = 5,195 \cdot 10^6 mg / h$$

Para obtener el caudal de impulsión dividimos el consumo horario de la cabina de pintura por el valor límite de emisión de COV's, obteniendo:

$$Q_{IMPULSION} = \frac{5,195 \cdot 10^6 mg / h}{75mg / m^3} = 69.272,6m^3 / h$$

Con el objeto de no superar, en ningún caso el valor límite de emisión de COV's, y con para prever una sobrepresión entre los caudales de impulsión y de extracción, se aumenta el caudal de impulsión un 15%, quedando el caudal de trabajo en:

$$Q_{IMPULSION} = 69.272,6m^3 / h \cdot 1,15 = 79.663m^3 / h$$

ANEXO 2: CÁLCULO DEL NÚMERO DE RENOVACIONES POR HORA

Partiendo del dato de caudal de impulsión y de las dimensiones de la cabina de pintura se obtiene el número de renovaciones por hora en cabina.

$$Q_{IMPULSION} = Volumen \cdot renovaciones$$

$$Q_{IMPULSION} = 79.663m^3 / h$$

$$Longitud = 14m$$

$$Anchura = 5m$$

$$Altura = 6,35m$$

$$renovaciones = \frac{Q_{IMPULSION}}{Volumen} = \frac{79.663m^3 / h}{14 \cdot 5 \cdot 6,35m^3} = 179,2 renovaciones / h$$

Valor acorde con los principales fabricantes de cabinas de pintura, que determinan una necesidad de 180 renovaciones/hora del volumen total del local.

ANEXO 3: CALCULO SECCIÓN PLENUM

Conociendo el caudal de impulsión que se introduce en la cabina y condicionando la sección a la velocidad del aire en la cabina de pintura se obtiene el valor de la sección del plenum, sección que alberga los filtros de manta.

$$Q_{IMPULSION} = s \cdot v$$

$$Q_{IMPULSION} = 79.663m^3 / h$$

$$v = 0,45m / s$$

$$s = \frac{Q_{IMPULSION}}{v} = \frac{79.663m^3 / h}{0,45m / s} \cdot \frac{1h}{3.600s} = 49,17m^2 \approx 49m^2$$

La sección del plenum ocupa toda la longitud de la cabina, por lo que la anchura de esta sección es:

$$s = Longitud \cdot Anchura = 14m \cdot Anchura$$

$$Anchura_{plenum} = \frac{49m^2}{14m} = 3,5m$$

Las dimensiones de la sección filtrante del plenum son:

$$\boxed{Longitud = 14m}$$

$$\boxed{Anchura = 3,5m}$$

ANEXO 4: PÉRDIDAS DE CARGA

1. Pérdidas de carga en conductos de impulsión

1.1. Teoría pérdida de cargas en conducto impulsión

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 locales 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:

Debidas a la viscosidad del fluido y que dependen de la geometría, rugosidad interna de los conductos y al régimen del movimiento.

❖ Pérdidas dinámicas:

Causadas por las perturbaciones de velocidad, por cambios direccionales ó por variaciones bruscas de su valor.

1.1.1. Presiones Estática, Dinámica Y Total

La energía suministrada por el sistema de impulsión (aspiración) se establece en forma de presiones, mediante dos componentes de presión:

a) La presión estática (Ps)

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 valores negativos.

b) La presión dinámica (Pd):

Es la componente de energía debido a la velocidad del fluido, y su valor se obtiene mediante la expresión:

$$P_d = \frac{\rho V^2}{2}$$

Siendo:

- ρ =densidad del aire circulante (Kg/m³).

- 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 conducto, la velocidad varía en cada cambio de sección del conducto, hasta su salida o hasta la distribución del aire en las bifurcaciones.

- c) La presión total (P_t):

Es la resultante de la suma algebraica de $P_s + P_d$.

En un conducto de aspiración, la P_t será negativa (depresión) y siendo positiva siempre en conductos de impulsión.

1.1.2. Unidades de Medida

La unidad utilizada para la medida de presiones es (SISTEMA INTERNACIONAL) el Pascal ($1\text{Pa} = 1\text{ N/m}^2$).

Habitualmente en el aire acondicionado se utiliza también el milímetro de columna de agua (mm.c.a), que equivale a: $1\text{ mm.c.a.} = 9,81\text{ Pa}$.

1.2. Pérdidas de Carga

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

1.2.1. Pérdidas de Carga por Rozamiento (pérdidas de carga primarias)

Se deben a la viscosidad del fluido y a las variaciones de dirección y choques 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) ó (mm. c.a/m).

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).

Variaciones de las condiciones señaladas en los gráficos, necesitan factores de corrección que, aplicados a los obtenidos directamente en las Gráficas de Rozamiento, darán el valor de pérdida de carga real buscado.

1.2.1.1. Método de cálculo

Como se ha visto las pérdidas de carga pueden primarias o secundarias. Las pérdidas de carga primarias se calculan mediante la ecuación de Fanning:

$$hf = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Donde:

- $(4f)$: Coeficiente de fricción de la conducción
- L : Longitud de la conducción (m)
- D : Diámetro de la conducción (m)
- V : Velocidad del fluido en la conducción (m/s)
- g : Aceleración de la gravedad (9,8m/s)

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.

La metodología de cálculo para las pérdidas de carga primarias es la siguiente:

El coeficiente de fricción ($4f$) es función del número adimensional de Reynold y de la rugosidad relativa del material del conducto (ϵ/D).

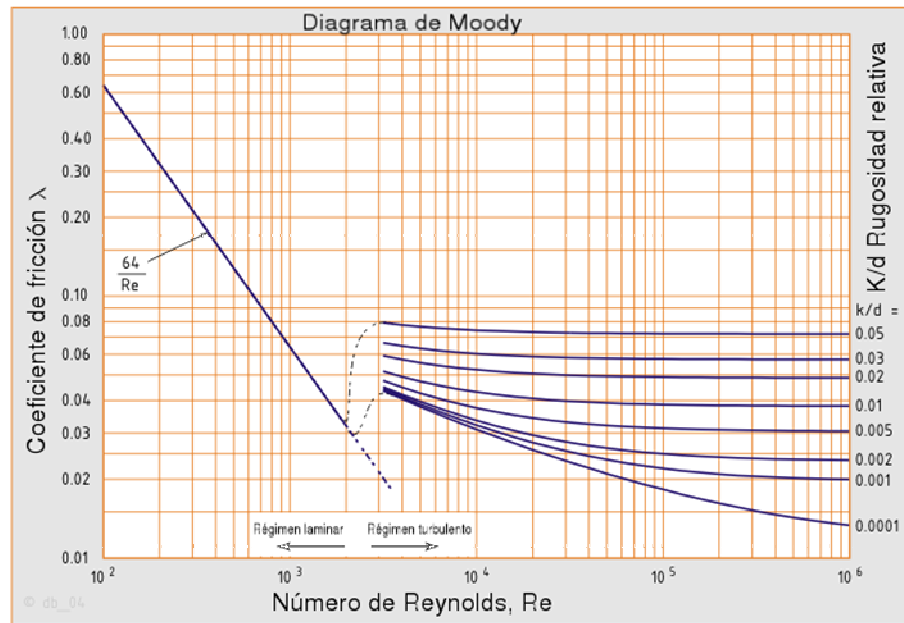
La rugosidad relativa (ϵ/D) es función del diámetro y del material de construcción de la tubería, y se determina gráficamente. En el presente caso, el material utilizado para los conductos de impulsión, así como para los de expulsión es chapa galvanizada.

- ♦ Diámetro de la tubería
- ♦ Material: chapa galvanizada

El número de Reynold será:

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

Por lo tanto, mediante la gráfica de Moody, ya se puede calcular el coeficiente de fricción:



De la gráfica de MOODY se obtiene el coeficiente de fricción ($4f$).

Una vez obtenido el coeficiente de fricción se puede calcular la pérdida de carga primaria h_f .

En el caso que nos ocupa los conductos de impulsión y de extracción son de sección rectangular y material chapa galvanizada. Para el cálculo de las pérdidas de carga necesitamos el diámetro de la conducción, para lo cual utilizamos la siguiente formula:

$$D_{eq} = 4R_h$$

Siendo:

- D_{eq} : Diámetro equivalente
- R_h : Radio hidráulico

A su vez el radio hidráulico es función de la superficie y del perímetro de la sección del conducto en cuestión.

$$R_h = \frac{\textit{Superficie}}{\textit{Perimetromojado}}$$

En el caso de secciones rectangulares de lados “a” y “b” el radio hidráulico será:

$$R_h = \frac{a \cdot b}{2(a + b)}$$

Donde:

$$D_{eq} = 2 \frac{a \cdot b}{a + b}$$

1.2.2. Pérdidas de Carga Locales (pérdidas de carga secundarias)

Corresponden a 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.

➤ Coeficientes para Pérdidas Locales

Son valores adimensionales que responden a la relación de pérdidas de carga, (referidas a la presión total), respecto a la presión dinámica en la sección considerada:

$$K = \frac{\Delta P_T}{P_d}$$

Siendo:

- K: Coeficiente de pérdidas (adimensional).
- ΔP_T : Pérdida de presión total en la sección considerada (Pa).
- P_d : Presión dinámica en la sección considerada (Pa).

Estos coeficientes responden a configuraciones geométricas de las uniones, así como a las características dimensionales de los conductos.

Cuando el flujo de aire cambie de dirección en un conducto, las consideraciones geométricas deben complementarse con otro coeficiente que afecta a las características propias del aire circulante, mediante correcciones debidas al número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu}$$

Siendo:

- Re: Número de Reynolds (adimensional).

- ρ : Densidad del aire (Kg/m^3)
- D: Diámetro equivalente del conducto (m)
- V: Velocidad del aire (m/s)
- μ : Viscosidad del aire (m.Pa/s)

En condiciones normales, aplicables a instalaciones de aire:

$$\text{Re} = 6,63 \times 10^4 D \cdot V$$

En estos casos, el coeficiente de pérdidas viene representado por:

$$K = K' \times K_{\text{Re}}$$

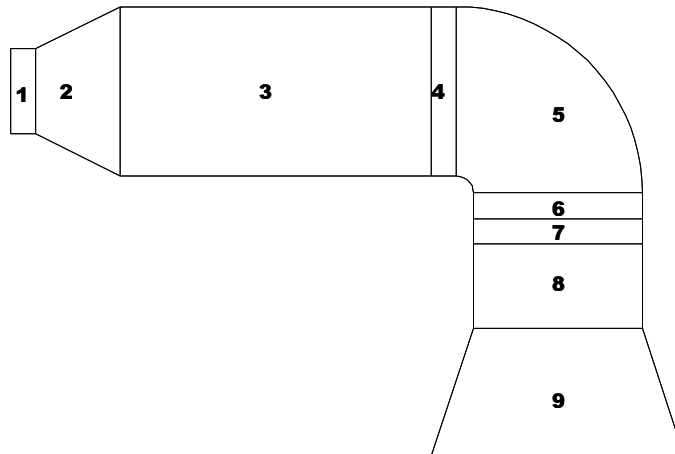
Siendo:

- K': Coeficiente de pérdidas por características geométricas (adimensional)
- K_{Re} : Coeficiente de pérdidas por flujo (adimensional).

1.3. Cálculos

Sabiendo que el caudal de aire que circula por el conducto es aproximadamente de 79663 m³/h podemos calcular las pérdidas tramo a tramo.

Para el cálculo de perdidas de carga en conductos de impulsión se clasifican los tramos del conducto, de forma que se obtienen nueve tramos, según el esquema adjunto:



1.3.1. Pérdidas de carga primarias

Según la teoría de cálculo de pérdidas de carga en conductos se calcularán según la fórmula de Fanning los siguientes tramos (pérdidas de carga primarias):

- Tramo 1
- Tramo 3
- Tramo 4
- Tramo 6
- Tramo 7
- Tramo 8

1.3.1.1. Tramo 1

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_1=0,3 \text{ m}$$

$$a_1=1 \text{ m}$$

$$b_1=2 \text{ m}$$

$$D_{eq1} = 2 \frac{1 \cdot 2}{1 + 2} = 1,33333m$$

Conociendo el diámetro equivalente de la sección rectangular calculamos la velocidad de paso de aire a través de la conducción:

$$Q = s \cdot v$$

$$Q = 79663m^3/h$$

$$s = a \cdot b = 1 \cdot 2 = 2m^2$$

$$v = \frac{Q}{s} = \frac{79663m^3/h}{2m^2} = 39.831,5m/h \cdot \frac{1h}{3.600s} = 11,06m/s$$

A continuación calculamos el número de Reynold suponiendo aire incompresible a 20°C, de donde se obtiene la viscosidad del aire es “ $\mu = 1,8 \cdot 10^{-5} Kg/m \cdot s$ “, por tanto obtenemos un valor de Reynolds de:

$$\text{Re} = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{1,2 \text{Kg} / \text{m} \cdot 11,06 \text{m} / \text{s} \cdot 1,333 \text{m}}{1,8 \cdot 10^{-5} \text{Kg} / \text{m} \cdot \text{s}} = 9,83 \cdot 10^5$$

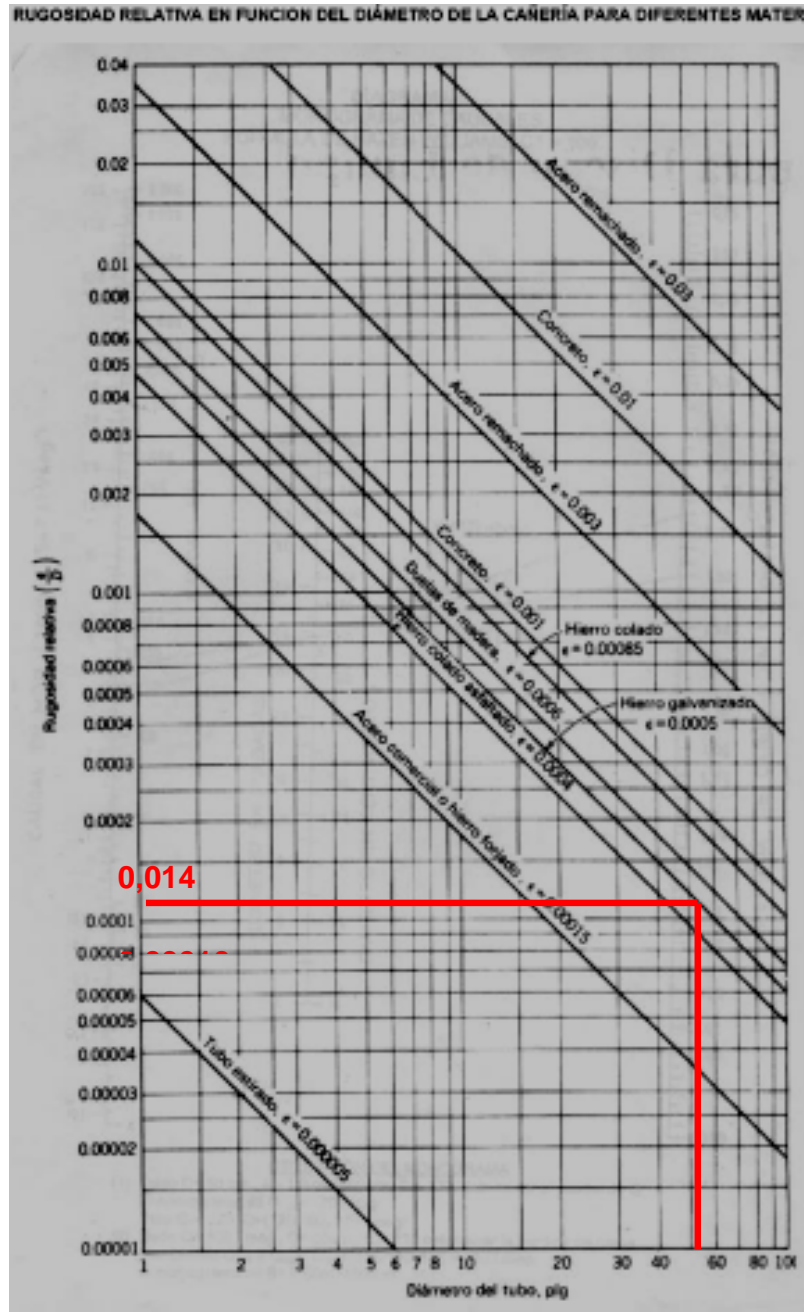
$$\text{Re} \approx 10^6$$

Al mismo tiempo sabiendo el diámetro equivalente de la conducción y el material, mediante la siguiente gráfica se obtiene la rugosidad relativa, que será necesaria para calcular el factor de fricción.

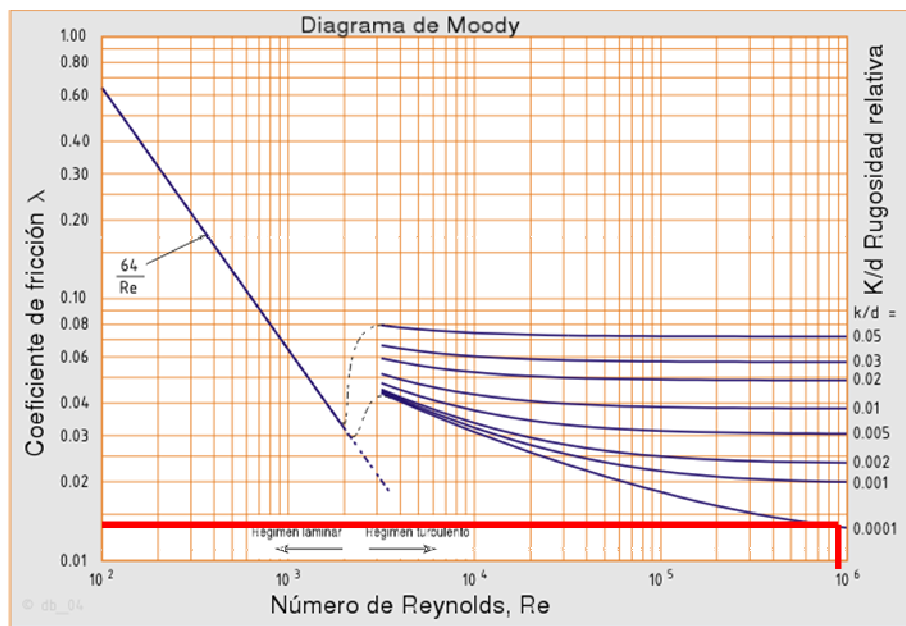
$$D_{eq} = 1,33333 \text{m} = 52,493 \text{inch}$$

El valor obtenido para la rugosidad relativa es

$$\frac{\varepsilon}{D} = 0,00013$$



Seguidamente teniendo el valor de la rugosidad relativa y el valor de Reynolds, podemos obtener el valor del coeficiente de fricción mediante la gráfica de Moody:



$$(4f) = 0,014$$

Finalmente se puede calcular el valor para la pérdida de carga en el “Tramo 1” mediante la ecuación de Fanning:

$$hf = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,014 \cdot \frac{0,3}{1,3333} \cdot \frac{11,06^2}{2 \cdot 9,8} = 0,019m$$

$$hf_1 = 0,019m \cdot \frac{1.000mm}{1m} = 19mm.c.a.$$

1.3.1.2. Tramo 3

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_3=3,68 \text{ m}$$

$$a_3=2 \text{ m}$$

$$b_3=2,5 \text{ m}$$

$$D_{eq3} = 2 \cdot \frac{2 \cdot 2,5}{2 + 2,5} = 2,2222m$$

$$hf_3 = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,0135 \cdot \frac{3,68}{2,2222} \cdot \frac{4,42^2}{2 \cdot 9,8} = 0,022m$$

$$hf_3 = 0,022m \cdot \frac{1.000mm}{1m} = 22mm.c.a.$$

1.3.1.3. Tramo 4

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_4=0,3 \text{ m}$$

$$a_4=2 \text{ m}$$

$$b_4=2,5 \text{ m}$$

$$D_{eq4} = 2 \cdot \frac{2 \cdot 2,5}{2 + 2,5} = 2,2222m$$

$$hf_4 = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,0135 \cdot \frac{0,3}{2,2222} \cdot \frac{4 \cdot 42^2}{2 \cdot 9,8} = 0,0018m$$

$$hf_4 = 0,0018m \cdot \frac{1.000mm}{1m} = 1,81mm.c.a.$$

1.3.1.4. Tramo 6

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_6 = 0,3 \text{ m}$$

$$a_6 = 2 \text{ m}$$

$$b_6 = 2,5 \text{ m}$$

$$D_{eq6} = 2 \cdot \frac{2 \cdot 2,5}{2 + 2,5} = 2,2222m$$

$$hf_6 = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,0135 \cdot \frac{0,3}{2,2222} \cdot \frac{4 \cdot 42^2}{2 \cdot 9,8} = 0,0018m$$

$$hf_6 = 0,0018m \cdot \frac{1.000mm}{1m} = 1,81mm.c.a.$$

1.3.1.5. Tramo 7

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_7=0,3 \text{ m}$$

$$a_7=2 \text{ m}$$

$$b_7=2,5 \text{ m}$$

$$D_{eq7} = 2 \cdot \frac{2 \cdot 2,5}{2 + 2,5} = 2,2222m$$

$$hf_7 = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,0135 \cdot \frac{0,3}{2,2222} \cdot \frac{4 \cdot 42^2}{2 \cdot 9,8} = 0,0018m$$

$$hf_7 = 0,0018m \cdot \frac{1.000mm}{1m} = 1,81mm.c.a.$$

1.3.1.6. Tramo 8

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_8=1 \text{ m}$$

$$a_4=2 \text{ m}$$

$$b_4=2,5 \text{ m}$$

$$D_{eq8} = 2 \cdot \frac{2 \cdot 2,5}{2 + 2,5} = 2,2222m$$

$$hf_8 = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,0135 \cdot \frac{1}{2,2222} \cdot \frac{4,42^2}{2 \cdot 9,8} = 0,006m$$

$$hf_8 = 0,006m \cdot \frac{1.000mm}{1m} = 6mm.c.a.$$

1.3.2. Pérdidas de carga secundarias

Corresponden a 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.

Los coeficientes para Pérdidas Locales son valores adimensionales que responden a la relación de pérdidas de carga, (referidas a la presión total), respecto a la presión dinámica en la sección considerada, de donde:

$$hf = KP_d$$

De esta forma se calcularán las pérdidas de carga secundarias en función de sus características geométricas para los tramos:

- Tramo 2
- Tramo 5
- Tramo 9

1.3.2.1. Tramo 2

La pérdida de carga se calculará mediante gráfica que es función de la geometría del accesorio. De esta forma $hf = KP_d$, la presión dinámica es siempre

positiva en el sentido de avance del aire. Es una componente de energía debida a la velocidad del fluido.

Tomando como referencia la densidad del aire a 20°C se obtiene la siguiente expresión:

$$P_d = \frac{\rho V^2}{2} = \frac{1,2V^2}{2} = 0,6V^2$$

Expresado en “Pascales”, sabiendo que la conversión que la conversión de “Pascales” a “mm.c.a”

$$9,81Pa \approx 1mm.c.a$$

Se obtiene que:

$$P_d = \frac{0,6V^2}{9,81} = \frac{V^2}{16,3}$$

La presión dinámica se calcula a partir de la velocidad en el tramo:

$$V = \frac{79.663}{1 \cdot 2} = 39.831,5m/h \cdot \frac{1h}{3.600s} = 11,06m/s$$

$$P_d = \frac{11,06^2}{16,3} = 7,5mm.c.a$$

Mediante la grafica específica para este accesorio se calcula el coeficiente de perdida de carga “K”:

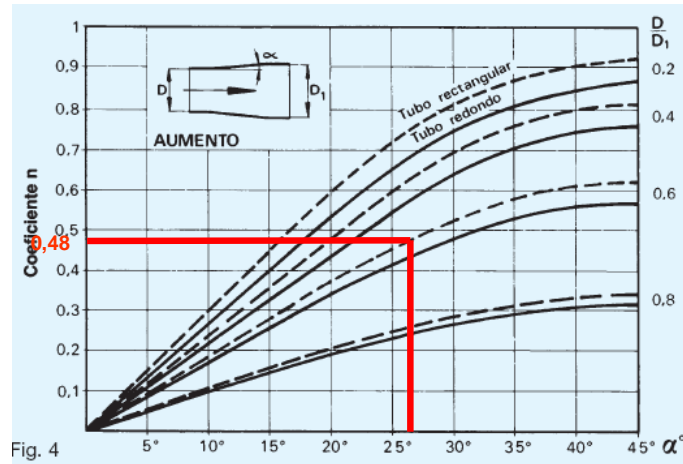


Fig. 4

Conociendo la relación de diámetros equivalentes y el ángulo α_1 se obtiene el coeficiente de pérdida de carga K.

$$\left. \begin{array}{l} D_1 = 2,222m \\ D = 1.333m \end{array} \right\} \frac{D}{D_1} = 0,6 \xrightarrow{\alpha = 26,56^\circ} K = 0,48$$

Por tanto la pérdida de carga del accesorio será:

$$hf_2 = K \cdot P_d = 0,48 \cdot 7.5 = 3,6mm.c.a$$

1.3.2.2. Tramo 5

Este accesorio es un codo con directrices, cuya misión es la de homogenizar el flujo de aire y evitar los torbellinos debidos al cambio de dirección en la conducción.

Conociendo la sección podemos calcular la P_d .

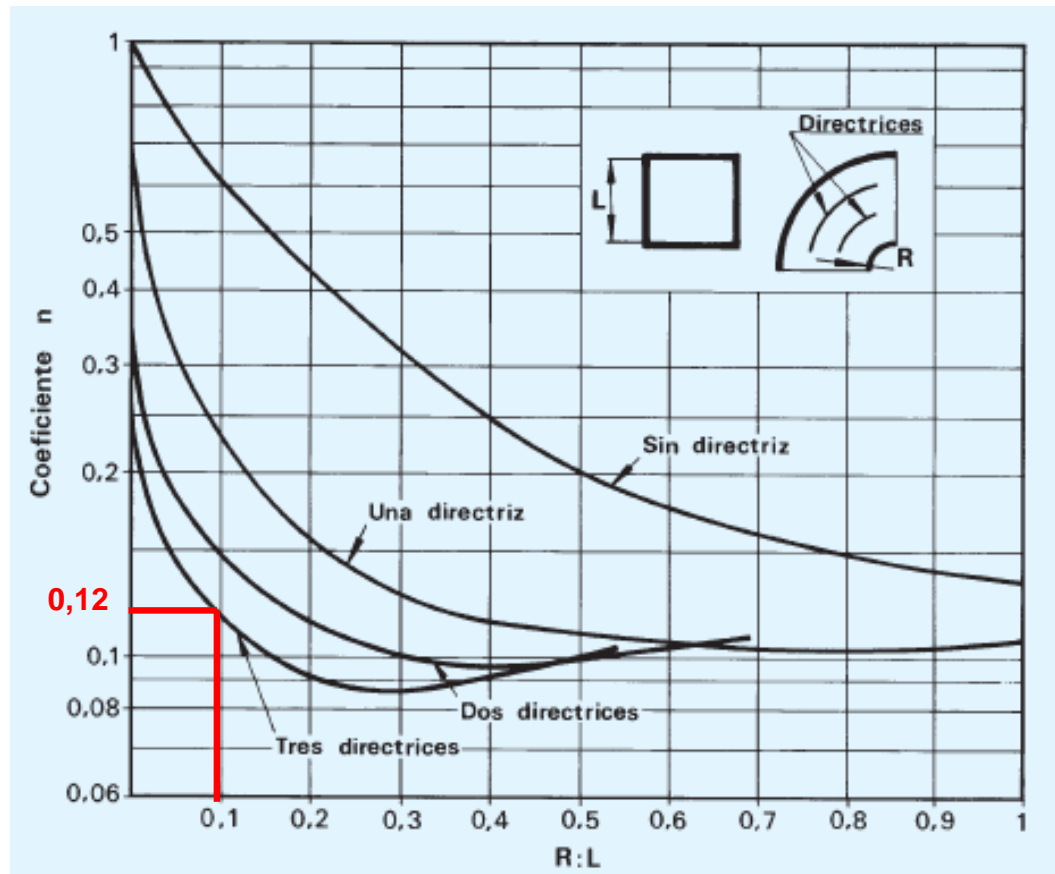
$$V = \frac{79.663}{2 \cdot 2,5} = 15.932,6m/h \cdot \frac{1h}{3.600s} = 4,42m/s$$

$$P_d = \frac{4,42^2}{16,3} = 1,198mm.c.a$$

Mediante la siguiente grafica se calcula el coeficiente de pérdida de carga en función de las características geométricas del accesorio.

$$\left. \begin{array}{l} L = 2m \\ R = 0,2m \end{array} \right\} \frac{R}{L} = \frac{0,2}{2} = 0,1$$

De donde



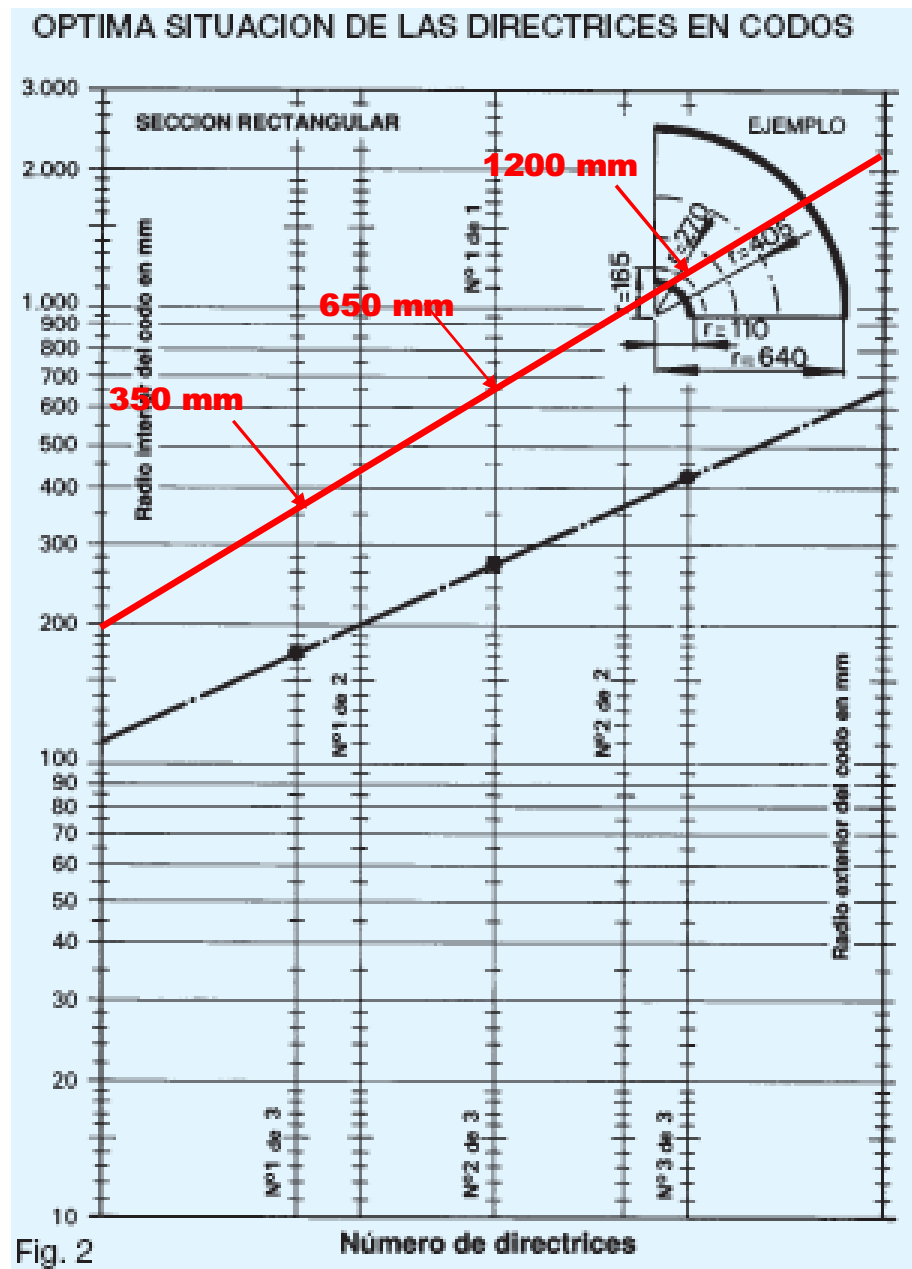
$$K = 0,12$$

Con la siguiente grafica se calcula el radio de cada una de las directrices que se haya optado por colocar, en este caso tres (a mayor numero de directrices menor pérdida de carga)

$$R_1 = 0,35m$$

$$R_2 = 0,65m$$

$$R_3 = 1,2m$$



Finalmente se calcula la pérdida de carga debida al accesorio como:

$$hf_2 = K \cdot P_d = 0,12 \cdot 1,198 = 0,143 \text{ mm.c.a}$$

1.3.2.3. Tramo 9

Este accesorio se calcula de la misma forma que el accesorio “2”.

Conociendo la relación entre los diámetros equivalentes, y el ángulo α_2

$$V = \frac{79.663}{2 \cdot 2,5} = 15.932,6 \text{ m/h} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 4,42 \text{ m/s}$$

$$P_d = \frac{4,42^2}{16,3} = 1,198 \text{ mm.c.a}$$

$$\left. \begin{array}{l} D_1 = 2,222 \text{ m} \\ D_2 = 3,697 \text{ m} \end{array} \right\} \frac{D_1}{D_2} = 0,6 \xrightarrow{\alpha = 28,07^\circ} K = 0,51$$

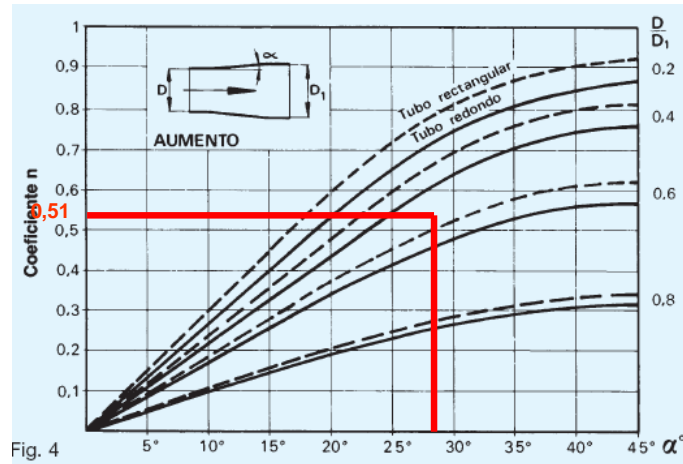


Fig. 4

$$hf_9 = K \cdot P_d = 0,51 \cdot 1,198 = 0,61 \text{ mm.c.a}$$

1.3.3. Pérdidas de carga totales

Una vez halladas las pérdidas de carga de cada uno de los tramos que componen el conducto de impulsión se suman obteniendo 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.

❖ Pérdidas de carga primarias

		T-1	T-3	T-4	T-6	T-7	T-8
Dimensiones (m)	L	0,3	3,68	0,3	0,3	0,3	1
	a	1	2	2	2	2	2
	b	2	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Deq (m)		1,33	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22
v (m/s)		11,06	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42
Re		10^6	$6,57 \cdot 10^5$	$6,57 \cdot 10^5$	$6,57 \cdot 10^5$	$6,57 \cdot 10^5$	$6,57 \cdot 10^5$
ε / D		0,00013	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006
(4f)		0,014	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135	0,0135
h_f (mm.c.a.)		19	22	1,81	1,81	1,81	3,6

❖ Pérdidas de carga secundarias

		T-2	T-5	T-9
Dimensiones (m)	a	1	2	2
	b	2	2,5	2,5
D1/D2 ó -R/L		0,6	0,1	0,6
α		26,56	-	28,07
v (m/s)		11,06	4,42	4,42
P_d (mm.c.a.)		7,56	1,2	1,2
K		0,48	0,12	0,51
hf (mm.c.a.)		3,6	0,14	0,61

❖ Pérdidas de carga totales

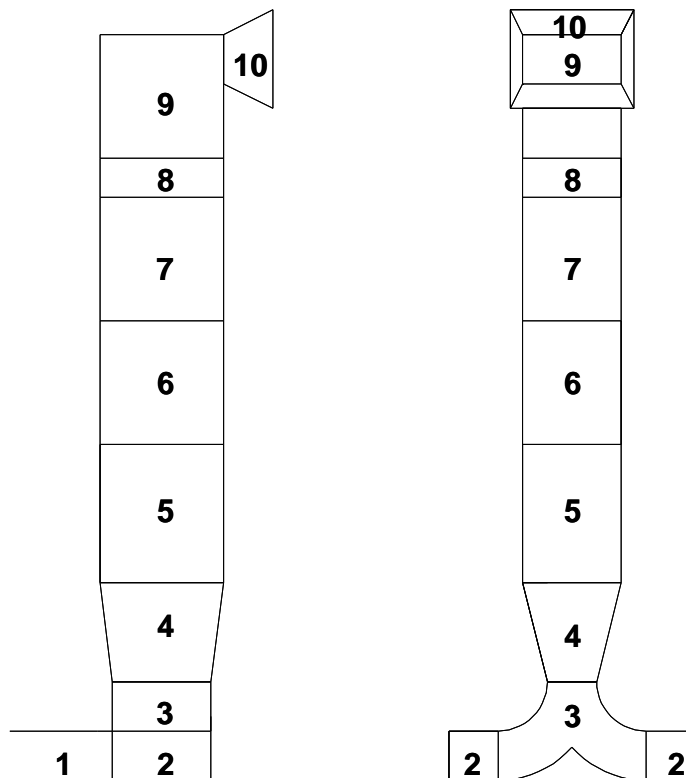
$$hf^{impulsión}_{TOTAL} = hf_1 + hf_2 + hf_3 + hf_4 + hf_5 + hf_6 + hf_7 + hf_8 + hf_9$$

$$hf^{impulsión}_{TOTAL} = 19 + 3,6 + 22 + 1,81 + 0,14 + 1,81 + 1,81 + 6 + 0,61$$

$hf^{impulsión}_{TOTAL} = 56,78mm.c.a$
--

2. Pérdida de cargas en conducto expulsión

Para el cálculo de las pérdidas de carga en el conducto de extracción se procederá de la misma forma que en el de impulsión. Para ello se adjunta esquema del conducto, en el que se pueden clasificar los tramos en dos grupos, uno el que se calculara mediante pérdidas de carga primarias, utilizando la ecuación de “Fanning” y el otro con pérdidas de carga secundarias, utilizando graficas para accesorios.



2.1. Pérdidas de carga primarias

Son las correspondientes a los siguientes tramos:

- Tramo 1
- Tramo 5
- Tramo 6
- Tramo 7
- Tramo 8
- Tramo 9

2.1.1. Tramo 1

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_1=1 \text{ m}$$

$$a_1=1 \text{ m}$$

$$b_1=13,88 \text{ m}$$

$$D_{eq1} = 2 \frac{1 \cdot 13,88}{1 + 13,88} = 1,865m$$

Conociendo el diámetro equivalente de la sección rectangular calculamos la velocidad de paso de aire a través de la conducción:

$$Q = s \cdot v$$

$$Q = \frac{79.663}{2} = 39.831,5m^3/h$$

Se divide el caudal de impulsión por la mitad ya que en el foso de aspiración hay dos ramales que se encargan de la expulsión del aire introducido en la cabina de pintura.

$$s = a \cdot b = 1 \cdot 13,88 = 13,88m^2$$

$$v = \frac{Q}{s} = \frac{39.851,5m^3/h}{13,88m^2} = 2.869,7m/h \cdot \frac{1h}{3.600s} = 0,797m/s$$

Debido a la gran dimensión del filtro de aspiración que se encuentra en el foso la velocidad de paso a través del conducto es pequeña en comparación con el resto de tramos.

A continuación calculamos el numero de Reynold suponiendo aire incompresible a 20°C, de donde se obtiene la viscosidad del aire es “ $\mu = 1,8 \cdot 10^{-5} Kg/m \cdot s$ “, por tanto obtenemos un valor de Reynold de:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{1,2Kg/m \cdot 0,797m/s \cdot 1,865m}{1,8 \cdot 10^{-5} Kg/m \cdot s} = 9,9 \cdot 10^4$$

$$\boxed{Re \approx 10^5}$$

Al mismo tiempo sabiendo el diámetro equivalente de la conducción y el material, mediante la siguiente gráfica se obtiene la rugosidad relativa, que será necesaria para calcular el factor de fricción.

$$D_{eq} = 1,865m = 73,425inch$$

El valor obtenido para la rugosidad relativa es

$$\frac{\varepsilon}{D} = 0,00008$$

Seguidamente teniendo el valor de la rugosidad relativa y el valor de Reynolds, podemos obtener el valor del coeficiente de fricción mediante la gráfica de Moody:

$$(4f) = 0,022$$

Finalmente se puede calcular el valor para la pérdida de carga en el “Tramo 1” mediante la ecuación de Fanning:

$$hf = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,022 \cdot \frac{1}{1,865} \cdot \frac{0,797^2}{2 \cdot 9,8} = 3,82 \cdot 10^{-4} m$$

$$hf_1 = 3,82 \cdot 10^{-4} m \cdot \frac{1.000mm}{1m} = 0,38mm.c.a.$$

El resultado anterior es para uno de los ramales de aspiración, luego la pérdida de carga total por este accesorio hay que multiplicarlo por 2.

Donde

$$hf_{TOTAL} = 0,38 \cdot 2 = 0,76mm.c.a$$

La pérdida de carga tiene un valor muy bajo, esto se debe a que dada la gran sección de aspiración, y por tanto, la baja velocidad del aire en el conducto, esta pérdida de carga se considerará despreciable frente a la producida por el filtro (calculada en el apartado de pérdidas de carga debidas a los filtros), que es la que se tendrá en cuenta en el tramo 1.

2.1.2. Tramo 5

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_5 = 2,8 \text{ m}$$

$$a_5 = 2,5 \text{ m}$$

$$b_5 = 2 \text{ m}$$

$$D_{eq5} = 2 \cdot \frac{2,5 \cdot 2}{2,5 + 2} = 2,22 \text{ m}$$

$$hf_5 = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,015 \cdot \frac{2,8}{2,22} \cdot \frac{4,42^2}{2 \cdot 9,8} = 0,019 \text{ m}$$

$$hf_5 = 0,019 \text{ m} \cdot \frac{1.000 \text{ mm}}{1 \text{ m}} = 19 \text{ mm.c.a}$$

2.1.3. Tramo 6

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_6 = 2,5 \text{ m}$$

$$a_6 = 2,5 \text{ m}$$

$$b_6 = 2 \text{ m}$$

$$D_{eq6} = 2 \cdot \frac{2,5 \cdot 2}{2,5 + 2} = 2,22m$$

$$hf_6 = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,015 \cdot \frac{2,5}{2,22} \cdot \frac{4,42^2}{2 \cdot 9,8} = 0,016m$$

$$hf_6 = 0,016m \cdot \frac{1.000mm}{1m} = 16mm.c.a$$

2.1.4. Tramo 7

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_7 = 2,5 \text{ m}$$

$$A_7 = 2,5 \text{ m}$$

$$B_7 = 2 \text{ m}$$

$$D_{eq7} = 2 \cdot \frac{2,5 \cdot 2}{2,5 + 2} = 2,22m$$

$$hf_7 = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,015 \cdot \frac{2,5}{2,22} \cdot \frac{4,42^2}{2 \cdot 9,8} = 0,016m$$

$$hf_7 = 0,016m \cdot \frac{1.000mm}{1m} = 16mm.c.a$$

2.1.5. Tramo 8

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_8=0,8 \text{ m}$$

$$a_8=2.5 \text{ m}$$

$$b_8=2 \text{ m}$$

$$D_{eq8} = 2 \cdot \frac{2,5 \cdot 2}{2,5 + 2} = 2,22m$$

$$hf_8 = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,015 \cdot \frac{0,8}{2,22} \cdot \frac{4,42^2}{2 \cdot 9,8} = 0,0053m$$

$$hf_8 = 0,0053m \cdot \frac{1.000mm}{1m} = 5,38mm.c.a$$

2.1.6. Tramo 9

Se trata de un tramo recto de sección rectangular con las siguientes dimensiones:

$$L_9=2,5 \text{ m}$$

$$a_9=2.5 \text{ m}$$

$$b_9=2 \text{ m}$$

$$D_{eq9} = 2 \cdot \frac{2,5 \cdot 2}{2,5 + 2} = 2,22m$$

$$hf_9 = (4f) \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} = 0,015 \cdot \frac{2,5}{2,22} \cdot \frac{4,42^2}{2 \cdot 9,8} = 0,016m$$

$$hf_9 = 0,016m \cdot \frac{1.000mm}{1m} = 16mm.c.a$$

2.2. Pérdidas de carga secundarias

A continuación se detallan los cálculos para las pérdidas secundarias en conducto de expulsión. Se hará de la misma forma que en el caso de conducto de impulsión, calculando los coeficientes de pérdida local y la presión dinámica en la sección considerada, de donde:

$$hf = KP_d$$

De esta forma se calcularán las pérdidas de carga secundarias en función de sus características geométricas para los tramos:

- Tramo 2
- Tramo 3
- Tramo 4
- Tramo 8

2.2.1. Tramo 2

Se trata de un accesorio de codo a bisel y sección rectangular. Donde se calcula el coeficiente de pérdida de carga, que es función de la geometría del accesorio y del número de Reynold.

$$K = K' \cdot K_{RE}$$

Para calcular el primero de los coeficientes:

$$K' = f\left(\frac{L}{b}; \theta\right)$$

En este caso, según las siguientes dimensiones y ángulo, se puede obtener K'

$$L = 2m$$

$$b = 1m$$

$$\theta = 90^\circ$$

$$\boxed{K' = 1,1}$$

$C = C' \cdot K_{Re}$

siendo:

VALORES DE C'											
a/b	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	8,0
θ°											
20	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
30	0,18	0,17	0,17	0,16	0,15	0,15	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
45	0,38	0,37	0,36	0,34	0,33	0,31	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24
60	0,60	0,59	0,57	0,55	0,52	0,49	0,46	0,43	0,41	0,39	0,38
75	0,89	0,87	0,84	0,81	0,77	0,73	0,67	0,63	0,61	0,58	0,57
90	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	0,98	0,92	0,89	0,85	0,83

VALORES DE K_{Re}								
$Re \cdot 10^{-4}$	1	2	3	4	6	8	10	≥ 14
K_{Re}	1,40	1,26	1,19	1,14	1,09	1,06	1,04	1,0

Para calcular el segundo de los coeficientes K_{RE} , se ha de calcular la velocidad del aire en el accesorio:

La sección de paso de aire es de 1 m^2 , de donde la velocidad es:

$$v = \frac{Q}{s} = \frac{39.851,5 \text{ m}^3 / \text{h}}{1 \text{ m}^2} = 39.851,5 \text{ m} / \text{h} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 11,06 \text{ m} / \text{s}$$

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu} = \frac{1,2 \text{ Kg} / \text{m} \cdot 11,06 \text{ m} / \text{s} \cdot 1 \text{ m}}{1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Kg} / \text{m} \cdot \text{s}} = 7,37 \cdot 10^5$$

$$Re \cdot 10^{-4} = 7,37 \cdot 10^5 \cdot 10^{-4} = 73,7 \geq 14$$

De ahí que, según la tabla anterior

$$K_{RE} = 1$$

Por ultimo se calcula la pérdida de carga en el accesorio como:

$$P_d = \frac{0,6V^2}{9,81} = \frac{V^2}{16,3} = \frac{11,06^2}{16,3} = 7,5mm.c.a$$

$$hf_2 = K \cdot P_d = K \cdot K_{RE} \cdot P_d = 1,1 \cdot 1 \cdot 7,5 = 8,25mm.c.a$$

El resultado anterior es para uno de los ramales de aspiración, luego la pérdida de carga total por este accesorio hay que multiplicarlo por 2.

Donde

$$hf_{2TOTAL} = 8,25 \cdot 2 = 16,5mm.c.a$$

2.2.2. Tramo 3

Para la unión de los dos ramales de aspiración del foso se ha dispuesto una “V” simétrica de sección rectangular”, con las siguientes características geométricas:

$$A_1 = 1 \cdot 2 = 2m^2$$

$$A_0 = 1 \cdot 2 = 2m^2$$

$$Q_1 = 39.831,5m^3/h$$

$$Q_0 = 79663m^3/h$$

Se calculan las dimensiones para que las condiciones geométricas marcadas por el accesorio se cumplan como sigue:

$$\frac{R}{b_0} = 1,5$$

$$Q_1 = \frac{Q_0}{2}$$

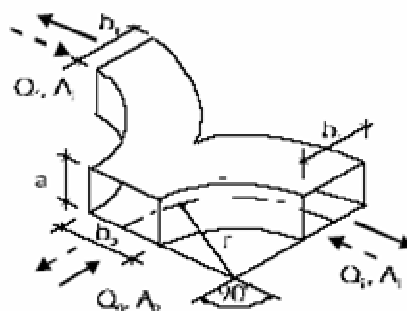
$$\frac{A_1}{A_0} = 1$$

Se trata de un flujo convergente, por tanto el coeficiente de pérdida de carga es el siguiente:

$$K = 0,07$$

De donde la pérdida de carga será, una vez conocida la P_d :

NOTA: sólo para
 $r/b_0 = 1,5$
 $Q_1 = Q_0/2$



VALORES DE C

	$\frac{A_1}{A_0}$	0,5	1
FLUIDO			
CONVERGENTE		0,29	0,07
DIVERGENTE		0,3	0,25

$$v = \frac{Q_1}{s} = \frac{39.851,5m^3/h}{2m^2} = 19.925,75m/h \cdot \frac{1h}{3.600s} = 5,53m/s$$

$$P_d = \frac{0,6V^2}{9,81} = \frac{V^2}{16,3} = \frac{5,53^2}{16,3} = 1,87mm.c.a$$

$$hf_3 = K \cdot P_d = 0,07 \cdot 1,87 = 0,131mm.c.a$$

2.2.3. Tramo 4

La pérdida de carga se calculara mediante grafica que es función de la geometría del accesorio.

Tomando como referencia la densidad del aire a 20°C se obtiene la siguiente expresión:

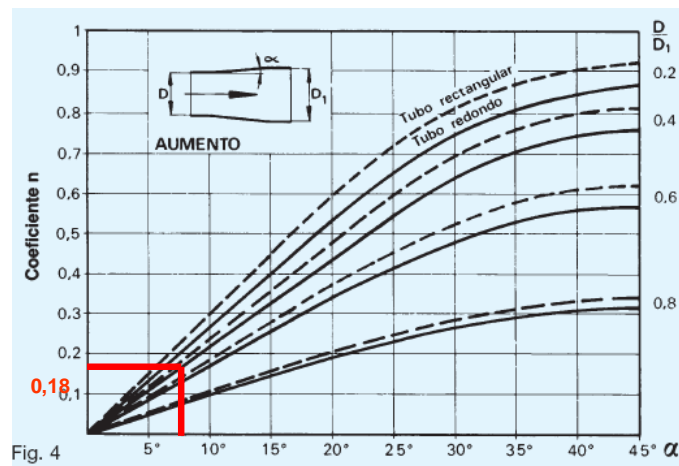
$$P_d = \frac{0,6V^2}{9,81} = \frac{V^2}{16,3}$$

La presión dinámica se calcula a partir de la velocidad en el tramo:

$$V = \frac{79.663}{2 \cdot 1} = 39.831,5m/h \cdot \frac{1h}{3.600s} = 11,06m/s$$

$$P_d = \frac{11,06^2}{16,3} = 7,5mm.c.a$$

Mediante la grafica específica para este accesorio se calcula el coeficiente de pérdida de carga “K”:



Conociendo la relación de diámetros equivalentes y el ángulo α_1 se obtiene el coeficiente de pérdida de carga K.

$$\left. \begin{array}{l} D_1 = 2,22m \\ D = 1,33m \end{array} \right\} \frac{D}{D_1} = 0,6 \xrightarrow{\alpha = 7,12^\circ} K = 0,18$$

Por tanto la pérdida de carga del accesorio será:

$$hf_4 = K \cdot P_d = 0,18 \cdot 7,5 = 1,35mm.c.a$$

2.2.4. Tramo 10

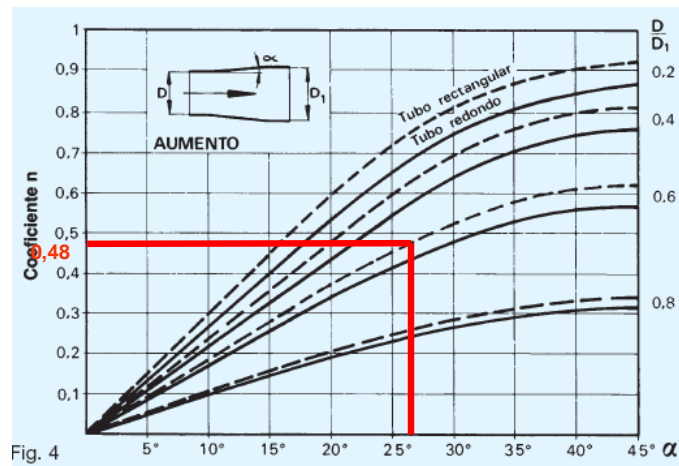
Se calcula de la misma forma que la pérdida de carga del “tramo 4”.

Conociendo las secciones, antes y después del ensanchamiento, se calcula la presión dinámica en función de la velocidad en el tramo:

$$V = \frac{79.663}{1 \cdot 2} = 39.831,5m/h \cdot \frac{1h}{3.600s} = 11,06m/s$$

$$P_d = \frac{11,06^2}{16,3} = 7,51mm.c.a$$

Mediante la grafica específica para este accesorio se calcula el coeficiente de pérdida de carga “K”:



Conociendo la relación de diámetros equivalentes y el ángulo α_1 se obtiene el coeficiente de pérdida de carga K.

$$\left. \begin{array}{l} D_2 = 2,222m \\ D_1 = 1,333m \end{array} \right\} \frac{D_1}{D_2} = 0,6 \xrightarrow{\alpha = 26,56^\circ} K = 0,48$$

Por tanto la pérdida de carga del accesorio será:

$$hf_{10} = K \cdot P_d = 0,48 \cdot 7,5 = 3,6 \text{ mm.c.a}$$

2.3. Pérdidas de carga totales

Una vez halladas las pérdidas de carga de cada uno de los tramos que componen el conducto de impulsión se suman obteniendo 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.

❖ Pérdidas de carga primarias

		T-1	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9
Dimensiones (m)	L	1	2,8	2,5	2,5	0,8	2,5
	a	1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	b	13,68	2	2	2	2	2
Deq (m)		1,865	2,22	2,22	2,22	2,22	2,22
v (m/s)		0,8	4,42	4,42	4,42	4,42	4,42
Re		10^5	$6,54 \cdot 10^5$	$6,54 \cdot 10^5$	$6,54 \cdot 10^5$	$6,54 \cdot 10^5$	$6,54 \cdot 10^5$
ε / D		0,00008	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007
(4f)		0,022	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
hf (mm.c.a.)		0,76	19	16	16	5,38	16

❖ Pérdidas de carga secundarias

		T-2	T-3	T-4	T-10
Dimensiones (m)	a	1	1	2	1
	b	2	2	1	2
D1/D2 ó -R/Bo		-	1,5	0,6	0,6
α		-	-	7,12	26,56
v (m/s)		11,06	5,55	11,06	11,06
P_d (mm.c.a.)		7,56	1,9	7,5	7,5
K		1,1	0,07	0,18	0,48
hf (mm.c.a.)		16,5	0,135	1,35	3,6

❖ Pérdidas de carga totales

$$hf^{extracción}_{TOTAL} = hf_1 + hf_2 + hf_3 + hf_4 + hf_5 + hf_6 + hf_7 + hf_8 + hf_9 + hf_{10}$$

$$hf^{extracción}_{TOTAL} = 0,76 + 16,5 + 0,135 + 1,35 + 19 + 16 + 16 + 5,38 + 16 + 3,6$$

$$hf^{extracción}_{TOTAL} = 94,725 \text{ mm.c.a}$$

3. Cálculo de pérdidas de carga en filtros:

3.1. Clasificación de filtros

Para limpiar el aire de las impurezas que pueda transportar, se hace necesaria la utilización de elementos filtrantes, estudiados específicamente para cada aplicación. Para garantizar las necesidades normales de pureza del aire, en la cabina de pintura y el aire acondicionado en general. Se utilizarán medios filtrantes de diferentes formas y espesores en las que se combinan una baja pérdida de carga y una elevada retención de polvo. Por lo que se instalará un filtro de premarco con superficie plegada (filtro media eficacia) seguido de un filtro de bolsa (filtro de alta eficacia). De esta forma garantizaremos la retención de partículas deseada a la entrada del equipo de impulsión.

● Filtros media eficacia

Son los adecuados para garantizar las necesidades normales de pureza del aire, en instalaciones de ventilación y aire acondicionado en general. Suelen consistir en una media filtrante de diferentes formas y espesores en las que se combinan una baja pérdida de carga y una elevada retención de polvo.

● Filtros de alta eficacia

Son filtros adecuados para retener partículas de tamaño inferior al de una a tres micras. Estas partículas constituyen aproximadamente el 10% en peso de una muestra de polvo atmosférico. Esta fracción de polvo puede resultar peligrosa en zonas críticas como salas de ordenadores, talleres de fabricación de componentes electrónicos, etc.

3.2. Cálculo de pérdidas carga en filtros

La superficie filtrante de entrada al equipo de impulsión son 8,64 m² y sus dimensiones son las siguientes:

Dimensiones (m)	
Longitud	Altura
3,6	2,4

De esta forma se divide la superficie filtrante en 24 filtros de 592 x 592 mm (dimensiones comerciales estándar), con una separación entre filtros de 10 mm.

Sabiendo que el caudal de impulsión son 79.663 m³/h aproximadamente, sabemos que el caudal de aire unitario por filtro es:

$$Q_{\text{unitario}} = \frac{Q_{\text{TOTAL}}}{\text{Numero}_{\text{filtros}}}$$

$$Q_{\text{unitario}} = \frac{79.663}{24} = 3.319,29 \text{ m}^3 / \text{h}$$

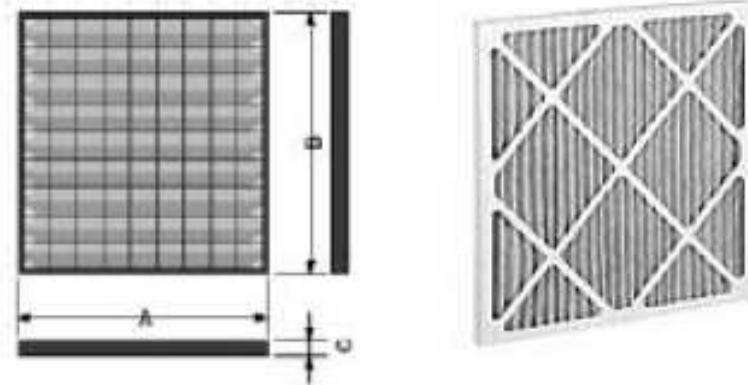
Para la filtración del aire que se introduce en el equipo de aporte se ha colocado un filtro de media eficacia, filtro de superficie plegada, y a continuación un filtro de alta eficacia, filtros de bolsa. En ambos casos las dimensiones del marco portante de los filtros es de 592 x 592 mm.

Para el cálculo de las pérdidas de carga provocadas por estos filtros se han utilizado tablas comerciales de filtros estándar. En función de las

dimensiones de los filtros, la eficacia deseada según clasificación DIN-EN779, y el caudal unitario de aire a través del filtro (m^3/h).

3.2.1. Pérdida de carga para filtro de superficie plegada

Se trata de un filtro de media eficacia, clasificación EUROVENT EU4, específico para partículas superiores a $10\ \mu\text{m}$, comúnmente utilizado en filtros de succión para cabinas de pintado



Según catalogo comercial:

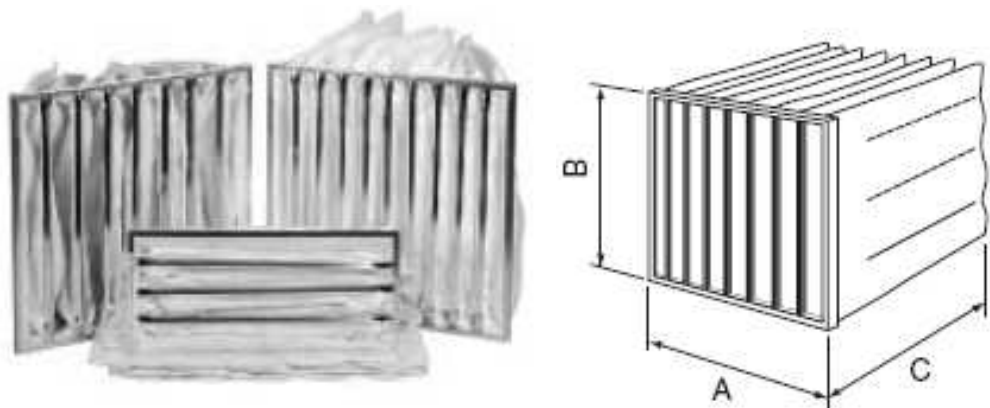
Código	Dimensiones	Eficacia	Caudal (m ³ /h)	Pérdida carga inicial (mm.c.a.)
PLEGAFIL				
CF 09 166	287x592x48	G4	1.400	7,5
CF 09 169	490x490x48	G4	2.100	7,5
CF 09 171	592x592x48	G4	3.000	7,5
CF 09 172	287x592x98	G4	2.000	10
CF 09 175	490x490x98	G4	2.900	10
CF 09 177	592x592x98	G4	4.200	10
PLEGACARD				
CF 09 191	287x592x48	G4	1.700	8
CF 09 192	490x490x48	G4	2.350	8
CF 09 193	592x592x48	G4	3.400	8
CF 09 194	287x592x98	G4	1.700	6,5
CF 09 195	490x490x98	G4	2.350	6,5
CF 09 196	592x592x98	G4	3.400	6,5

hf=6,5 mm.c.a, para los filtros de superficie plegada. Se considera que las pérdidas de carga para 3.400 m³/h son validas para el caudal unitario de 3.319 m³/h, ya que en principio se esperan menores pérdidas de carga para menores caudales.

3.2.2. Pérdida de carga para filtros de bolsa

Los filtros de bolsa son filtros de alta eficacia, clasificación EUROVENT EU5, específico para partículas finas de 1 a 10 μm .

Los filtros de bolsa están contruidos con manta de fibra de vidrio micronizada y enmarcadas en un marco de acero galvanizado de doble pestaña. Este modelo de filtro se caracteriza por la combinación de alta eficacia, baja pérdida de carga y una alta capacidad de retención de polvo. Las bolsas están ensambladas entre si para ofrecer una mayor seguridad.



Según catalogo comercial.

Las pérdidas de carga son de $h_f=7,5$ mm.c.a, para los filtros de bolsa, siendo el caudal unitario de 3.319 m³/h, el desarrollo de las bolsa 535 mm y 8 bolsas por filtro.

Se considera que las perdidas de carga para 3.400 m³/h son validas para el caudal unitario de 3.319 m³/h, ya que en principio se esperan menores pérdidas de carga para menores caudales.

Código	Modelo	Nº bolsas	Dimensiones AxBxC	Eficacia	Caudal nominal (m³/h)	Pérdida carga inicial (mm.c.a.)
CF 04 301	3BVF5/535	3	287x592x535	F5	1.700	9
CF 04 302	4BVF5/535	4	287x592x535	F5	1.700	7,5
CF 04 303	3BVF5/635	3	287x592x635	F5	2.125	11,5
CF 04 304	4BVF5/635	4	287x592x635	F5	2.125	9,5
CF 04 305	3BVF5/735	3	287x592x735	F5	2.125	12
CF 04 306	4BVF5/735	4	287x592x735	F5	2.125	9,5
CF 04 307	3BVF5/915	3	287x592x915	F5	2.520	12,5
CF 04 308	4BVF5/915	4	287x592x915	F5	2.520	10
CF 04 309	6BVF5/535	6	592x592x535	F5	3.400	9
CF 04 310	8BVF5/535	8	592x592x535	F5	3.400	7,5
CF 04 311	6BVF5/635	6	592x592x635	F5	4.250	11,5
CF 04 312	8BVF5/635	8	592x592x635	F5	4.250	9,5
CF 04 313	6BVF5/735	6	592x592x735	F5	4.250	12
CF 04 314	8BVF5/735	8	592x592x735	F5	4.250	9,5
CF 04 315	6BVF5/915	6	592x592x915	F5	5.100	12,5
CF 04 316	8BVF5/915	8	592x592x915	F5	5.100	10
CF 04 326	3BVF6/535	3	287x592x535	F6	1.700	9
CF 04 327	4BVF6/535	4	287x592x535	F6	1.700	7,5
CF 04 328	3BVF6/635	3	287x592x635	F6	2.125	11,5
CF 04 329	4BVF6/635	4	287x592x635	F6	2.125	9,5
CF 04 330	3BVF6/735	3	287x592x735	F6	2.125	12
CF 04 331	4BVF6/735	4	287x592x735	F6	2.125	9,5
CF 04 332	3BVF6/915	3	287x592x915	F6	2.520	12,5
CF 04 333	4BVF6/915	4	287x592x915	F6	2.520	10
CF 04 334	6BVF6/535	6	592x592x535	F6	3.400	9
CF 04 335	8BVF6/535	8	592x592x535	F6	3.400	7,5
CF 04 336	6BVF6/635	6	592x592x635	F6	4.250	11,5
CF 04 337	8BVF6/635	8	592x592x635	F6	4.250	9,5
CF 04 338	6BVF6/735	6	592x592x735	F6	4.250	12
CF 04 339	8BVF6/735	8	592x592x735	F6	4.250	9,5
CF 04 340	6BVF6/915	6	592x592x915	F6	5.100	12,5
CF 04 341	8BVF6/915	8	592x592x915	F6	5.100	10

3.2.3. Pérdidas de carga para manta filtrante

Una vez que el aire ha pasado por los conductos de impulsión es introducido en la el plenum de impulsión, donde el aire se homogeniza y se introduce en la cabina de pintura.

En este plenum de impulsión se coloca un filtro de alta eficacia, en forma de manta filtrante. Los filtros de manta son filtros de alta eficacia, clasificación EUROVENT EU5, específico para partículas finas de 1 a 10 μm . Están fabricados con fibras sintéticas reforzadas con aglomerante plástico. Su estructura especial garantiza una capacidad de acumulación de polvo con poco aumento de la pérdida de carga.

Sus características técnicas son las siguientes:

- ♦ *Peso:* 200 g \pm 7,5 g
- ♦ *Grosor:* 20 \pm 3 mm
- ♦ *Perdida de carga inicial:* 4,5 mm.c.a
- ♦ *Pérdida de carga final:* 25 mm.c.a
- ♦ *Rendimiento gravimétrico:* 96,5 %
- ♦ *Clase de filtro según:* EN779 F5
- ♦ *Capacidad de retención:* 487 g/m²
- ♦ *Comportamiento ante el fuego según DIN 53438:* F1
- ♦ *Color:* blanco
- ♦ *Formato:* 2 x 20 m

Según catalogo comercial. $hf=4,5$ mm.c.a, para los filtros de manta.

La superficie de plenum de impulsión es de 49 m^2 , con lo que se necesitaran dos rollos en cada sustitución de los filtros.



3.2.4. Pérdida de carga para filtros de papel tipo “Kraft”

Se trata de un filtro de media eficacia, clasificación EUROVENT EU4, específico para partículas superiores a $10 \mu\text{m}$. En este caso es utilizado para la retención de partículas de pintura que son arrastradas por la corriente de aire en lugar de ser recogidas por la cortina de agua.



Código	Modelo	Rollo	Cap. retención (Kg/m ²)	Caudalxm ² m ³ /h	Pérdida carga inicial (mm.c.a.)
CF 07 026	PAINT-STOP – Fibra de vidrio	1 x 20 m	4,5	4.320	1,8
CF 07 031	KOLOSSUS 12/800 – 8 Capas papel kraft	0,8 x 12 m	15	4.320	1,1
CF 07 032	KOLOSSUS 12/1000 – 8 Capas papel kraft	1 x 12 m	15	4.320	1,1
FILTRO CARTÓN PLISADO					
		Placa	Eficiencia		
CF 07 041	ECOLOGIC 100	10 x 1 m	93 %	2.700	3
CF 07 042	SATEN 100	10 x 1 m	93 %	2.700	3
CF 07 043	SATEN 90	11 x 0,9 m	93 %	2.700	3
CF 07 044	SATEN 50	10 x 0,5 m	93 %	2.700	3
CF 07 045	SATEN PLUS 100	8 x 1 m	98 %	2.700	3,5

Según catálogo comercial. hf=1,1 mm.c.a, para los filtros de papel tipo “Kraft”, siendo el caudal unitario de aire de 2.845 m³/h. Se considera que las pérdidas de carga para 4.320 m³/h son validas para el caudal unitario de 2.845 m³/h, ya que en principio se esperan menores pérdidas de carga para menores caudales.

$$Q_{\text{unitariofiltrpapel}} = \frac{Q_{\text{ASPIRACION}}}{\text{Numero}_{\text{filtros}}}$$

$$Q_{\text{unitario}} = \frac{79.663/2}{14} = 2.845,1m^3 / h$$

Resumiendo, las pérdidas de carga parciales y totales debidas a los filtros en la cabina de pintura son las mostradas en la siguiente tabla.

Tipo de filtro	Perdida de carga hf (mm.c.a)
Superficie plegada	6,5
Filtro de bolsa	7,5
Filtro de manta	4,5
Papel Kraft	1,1

La pérdida de carga total se calcula como la suma de cada una de las pérdidas de carga de cada uno de los filtros.

$$hf_{TOTAL} = hf_1 + hf_2 + hf_3 + hf_4$$

$$hf_{TOTALFILTROS} = 6,5 + 7,5 + 4,5 + 1,1 = 19,6mm.c.a$$

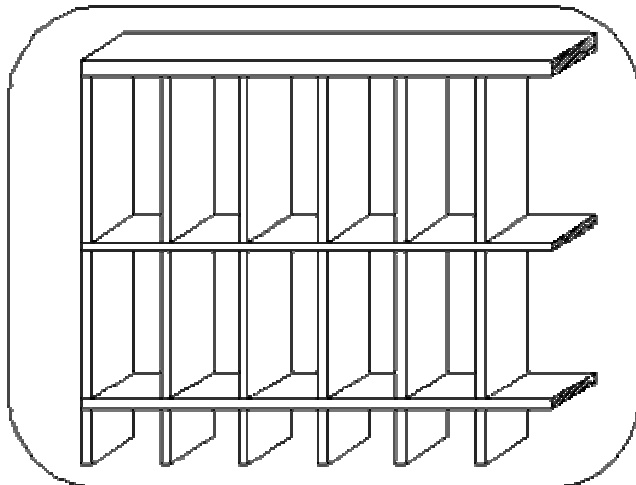
ANEXO 5: CÁLCULO DE REJILLAS

1. Rejillas del plenum

Las características de la rejilla son:

- ♦ Dimensiones de cada rejilla: 1750 x 2320 mm
- ♦ Malla de 60 x 60 mm
- ♦ Pletina portante de 20 x 2 mm
- ♦ Material: Aluminio

Se trata de una rejilla accesible frontalmente sin herramientas mediante cierre “push” desde el carro de traslación del plenum.



Calculamos el peso de forma similar al peso calculado para las rejillas del foso de aspiración:

$$V_{horizontal} = 232 \cdot 2 \cdot 0,2 = 92,8cm^3$$

$$V_{vertical} = 175 \cdot 2 \cdot 0,3 = 70cm^3$$

$$V_{TOTAL} = n_{horizontal} \cdot V_{horizontal} + n_{vertical} \cdot V_{vertical}$$

Siendo el 29 el número de pletinas horizontales y 38 el número de pletinas verticales:

$$V_{TOTAL} = 5351cm^3$$

Y por tanto:

$$Peso_{rejilla} = 14,45Kg$$

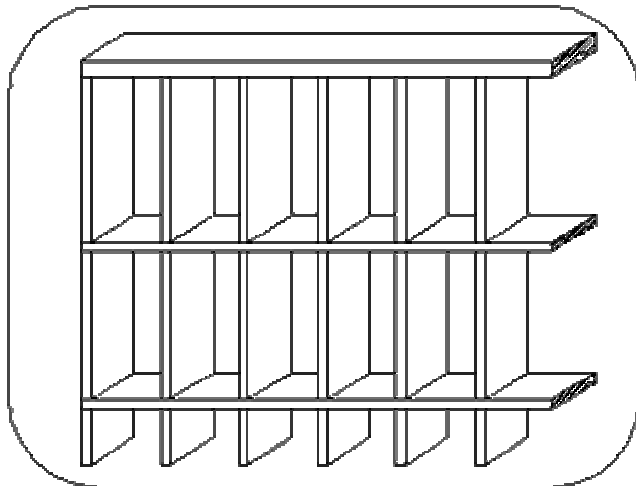
Si las dimensiones del plenum son 3,5 x 14 m, se tendrán 12 rejillas y el peso total de las rejillas es de **173,37 Kg**.

2. Rejillas del-foso de aspiración

El suelo esta formado por rejillas de tipo “Tramex” (Figura 1) o similar, básicamente, está compuesta por pletinas paralelas entre sí con una distancia uniforme y dispuestas al canto, las cuales llevan electrosoldadas perpendicularmente unas varillas formando un enrejado uniforme con las pletinas. La pletina o fleje se denomina portante, y la varilla como transversal se denomina separadora.

Las características son de la rejilla son:

- ♦ Dimensiones: 924 x 539 mm
- ♦ Malla de 60 x 30 mm
- ♦ Pletina portante de 30 x 3 mm
- ♦ Electrosoldada (galvanizada)
- ♦ Material: Acero



Para conocer el peso de la rejilla es necesario saber que la densidad del acero es de 7,8 g/cm³ y se aplica la fórmula:

$$Peso = \rho_{acero} \cdot V$$

El volumen se va a calcular como la suma del volumen de de las pletinas verticales y horizontales que componen la rejilla:

$$V_{horizontal} = 92,4 \cdot 0,3 \cdot 3 = 83,16cm^3$$

$$V_{vertical} = 53,9 \cdot 0,3 \cdot 3 = 48,51cm^3$$

$$V_{TOTAL} = n_{horizontal} \cdot V_{horizontal} + n_{vertical} \cdot V_{vertical}$$

Siendo el 9 el número de pletinas horizontales y 31 el número de pletinas verticales:

$$V_{TOTAL} = 2252cm^3$$

Y por tanto:

$$Peso_{rejilla} = 17,57Kg$$

Si las dimensiones del foso de aspiración son de 5 x 14 m, se tendrán 156 rejillas y el peso total de las rejillas es de **2740,53 Kg**.

La rejilla tendra dimensiones exteriores de 924 x 539 mm, con apertura de malla 60 x 30 mm, pletina portante de 30 x 3 mm y dimensionada para

soportar las operaciones de pintado a realizar en su interior. La resistencia de este suelo de rejilla será de 1980 Kg/m².

		TABLA DE CARGAS DE REJILLAS ELECTROFUNDIDO												
		Distancia en mm. entre apoyos												
Portante		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
20x2	U				1900	1320	970	742						
	fu				1.56	2.25	3.06	4.00						
	C				155	125	104	89						
	fc				1.5	2.16	2.86	3.66						
20x3	U				2851	1980	1454	1113	880	712				
	fu				1.56	2.25	4.00	5.06	6.25	7.5				
	C				234	186	155	133	117	104				
	fc				1.56	2.16	2.86	3.66	4.56	5.56				
25x2	U				2970	2062	1514	1160	916	742	613			
	fu				1.25	1.80	2.45	3.2	4.05	5.0	6.05			
	C				243	194	162	138	121	107	97			
	fc				1.25	1.73	2.29	2.93	3.64	4.44	5.32			
25x3	U				4454	3093	2272	1740	1374	1113	920	773	658	568
	fu				1.25	1.80	2.45	3.20	4.06	5.00	6.05	7.20	8.45	9.80
	C				365	292	243	208	182	162	146	132	121	112
	fc				1.25	1.73	2.29	2.93	3.64	4.44	5.32	6.28	7.32	8.44
30x2	U				4275	2969	2181	1670	1320	1069	883	742	632	545
	fu				1.04	1.5	2.04	2.67	3.38	4.17	5.04	6.00	7.04	8.17
	C				350	280	234	200	175	155	140	127	117	107
	fc				1.04	1.44	1.91	2.44	3.04	3.70	4.44	5.24	6.10	7.04
30x3	U				6414	4454	3272	2505	1980	1603	1324	1113	948	817
	fu				1.04	1.50	2.04	2.67	3.38	4.17	5.04	6.00	7.04	8.17
	C				526	421	350	300	236	234	209	191	175	162
	fc				1.04	1.44	1.91	2.44	3.04	3.70	4.44	5.24	6.10	7.04
30x5	U				11520	8000	5878	4500	3556	2880	2380	2000	1704	1460
	fu				1.3	1.9	2.6	3.4	4.3	5.3	6.4	7.6	8.9	10.2

ANEXO 6: DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

1. Sicrometría

Es una parte de la Física que estudia las propiedades térmicas del aire húmedo, su regulación, medición y el efecto que la humedad produce en los materiales y confort de las personas.

La humedad contenida en el aire modifica en gran manera las propiedades físicas del mismo e influye enormemente en las sensaciones físicas del hombre. Es necesario tener claros los siguientes conceptos:

❖ Humedad del Aire

El aire se llama saturado cuando se mantiene en equilibrio en presencia de agua líquida sin que haya traspase de uno al otro. La presión parcial del vapor de agua contenido en este aire se llama presión de saturación p_s y a cada temperatura le corresponde una diferente.

❖ Humedad absoluta

Es el peso de vapor contenido por unidad de volumen de aire, kg/m^3 , o también el peso de vapor por unidad de peso de aire seco. Ambas magnitudes tienen un escaso interés técnico.

❖ Humedad relativa

Es el cociente entre el peso del vapor de agua contenido en un volumen de aire y el peso del vapor saturado del mismo volumen.

$$Z(\%) = \frac{\text{PesoVapor}}{\text{PesoVaporSaturado}} 100$$

Esta expresión es la usada en meteorología y corresponde al concepto de humedad en acondicionamiento.

❖ Punto de rocío

Se llama así a la temperatura a la que el vapor de agua contenido en una masa de aire se convierte en vapor saturado por descenso de la temperatura. Aparecen las primeras gotas de agua condensada que, si se produce sobre la tierra se le llama rocío y si para saturarse es necesario bajar de cero grados, se produce la conocida como escarcha.

1.1. *Sicrómetro*

Es un aparato que mide la humedad relativa del aire. Consta de dos termómetros iguales, uno con el depósito seco y el otro envuelto en una muselina empapada de agua.

El termómetro seco marca la temperatura del aire y el húmedo, enfriado por la evaporación del agua que le rodea, marca una temperatura inferior.

Por medio de una tabla anexa al sicrómetro, cuyos valores se han calculado por medio de una ecuación que relaciona la entalpía del aire y la de un punto húmedo, se conoce el grado de humedad relativa del aire.

1.2. *Diagramas psicrométricos*

El estudio del estado de una masa de aire se basa en funciones matemáticas, algunas de naturaleza experimental, que no permiten cálculos sencillos, pero si puede realizarse cómodamente por métodos gráficos basados en lo siguiente:

$$CALOR = CALOR SENSIBLE + CALOR LATENTE$$

Donde

- Calor sensible = $0,242 t + 0,451 tx$
- Calor latente = $So x$
- x = kg de vapor
- So = Calor total vapor a cero grados
- t = Temperatura

En esta fórmula dos parámetros el calor total y el vapor x son función de la temperatura húmeda y la de rocío. Así pues, con la temperatura seca t tenemos relacionadas las tres y fijadas dos, puede determinarse la tercera. Basado en esta fórmula se ha construido el diagrama psicrométrico (diagrama 3) cuya estructura se representa y explica así:

1° Una serie de curvas indican el porcentaje de humedad Z %.

2° Una serie de rectas horizontales que corresponden a las temperaturas de rocío tl .

3° Una serie de rectas casi verticales representan temperaturas secas t .

4° Una serie de rectas inclinadas que marcan las temperaturas húmedas tll . Cada punto del diagrama definirá un estado de aire por las rectas y curvas que pasen por el mismo, gozando de las propiedades que se indican en el esquema. Una variante del diagrama psicrométrico es el indicado en el diagrama 2 que con una serie de rectas dan el volumen de la unidad de aire, esto es, por kilo de aire seco. Ello es importante ya que los ventiladores son aparatos que manejan volúmenes de aire que varían con la densidad en función de la temperatura y la humedad, necesitando más o menos potencia de acuerdo con esta variación.

En el siguiente diagrama se observa cuál es la estructura de un diagrama sicrométrico:

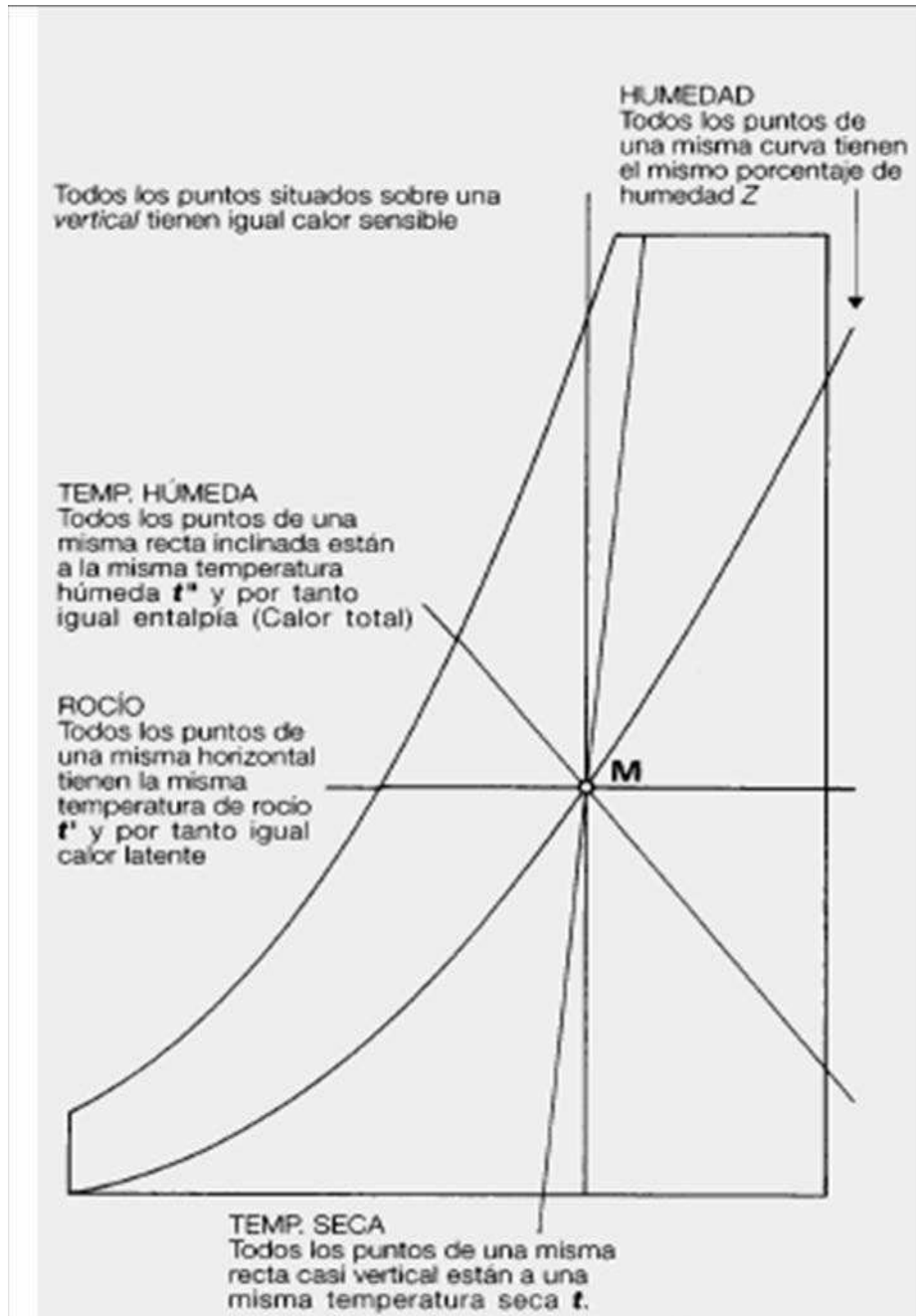


Diagrama 1

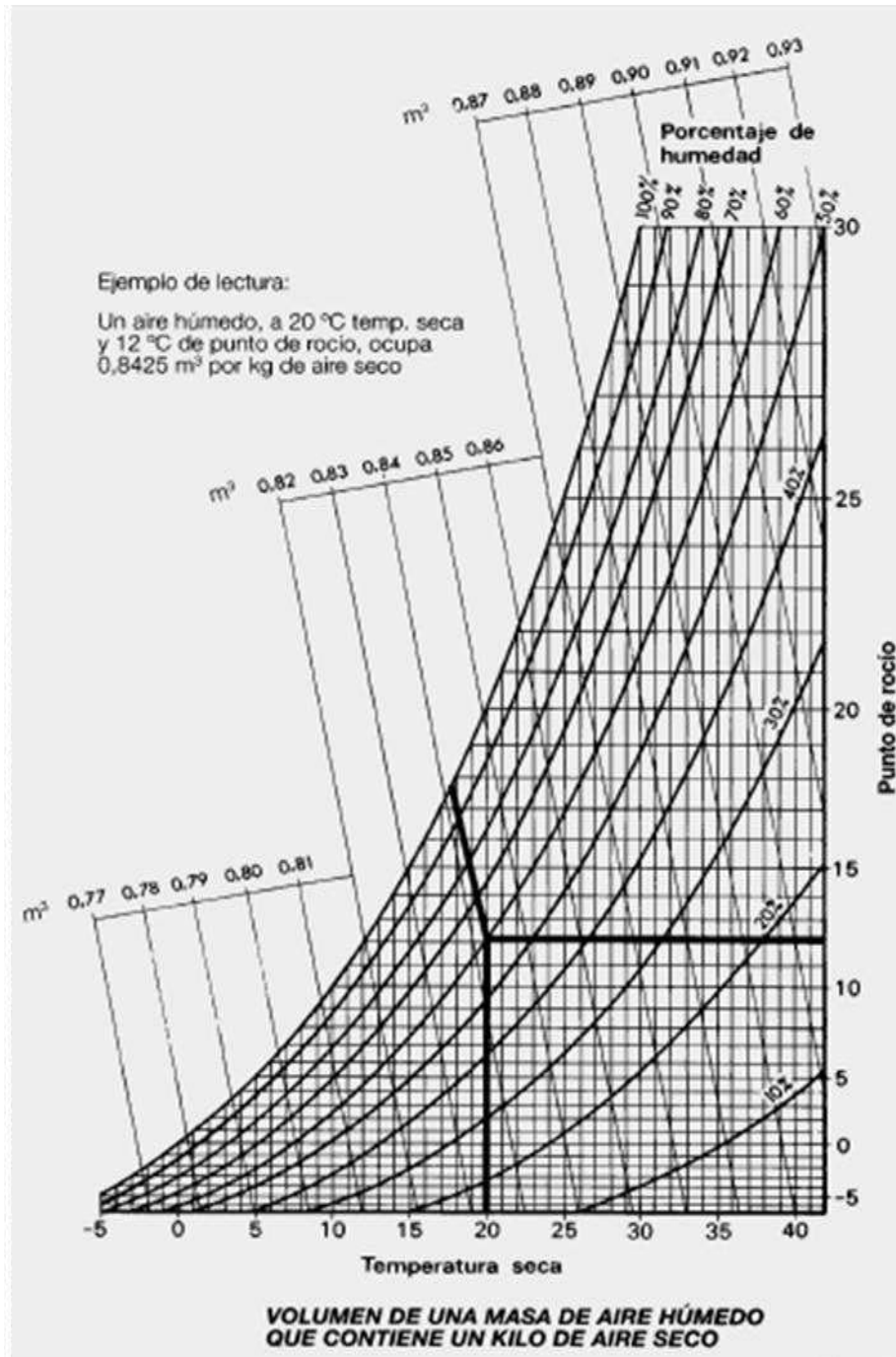


Diagrama 2

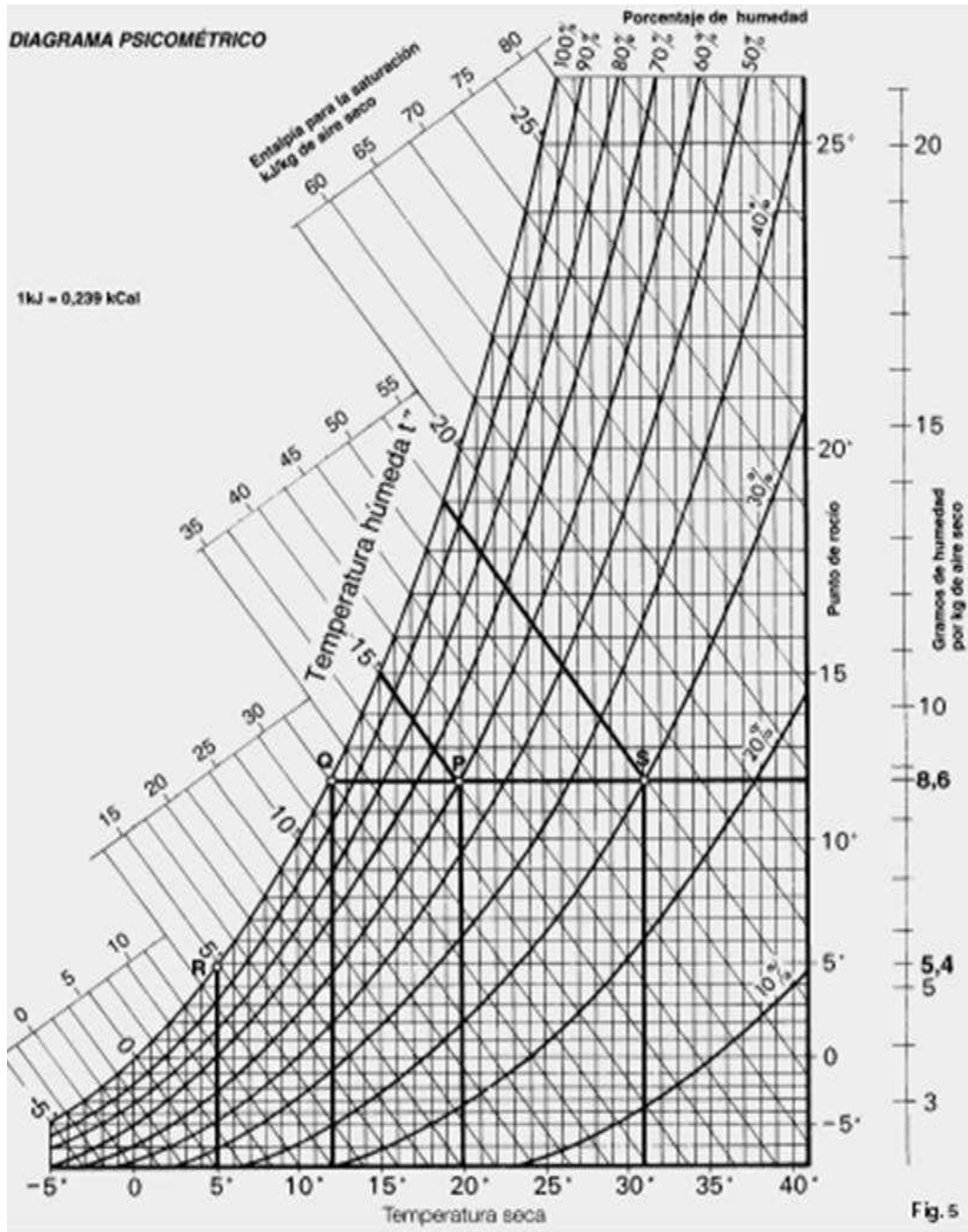


Diagrama 3

ANEXO 7: ESTRUCTURA DE LA CABINA DE PINTURA

1. Métodos de comprobación de barras de acero

En este apartado se describen los métodos de comprobación de las barras de acero para justificar el cumplimiento de la normativa.

El método de cálculo está basado en la Norma Básica de la Edificación EA-95: Estructuras de acero en la edificación.

El cálculo de esfuerzos y desplazamientos se ha realizado utilizando métodos matriciales basados en la matriz de rigidez, construida y resuelta para la totalidad de la estructura tridimensional.

A partir de los resultados obtenidos con el cálculo anterior, y en base a las combinaciones de hipótesis reglamentarias, se calculan las leyes de esfuerzos en cada sección de la barra. Utilizando estos valores se realizan las comprobaciones oportunas para verificar la validez de la sección. A continuación se detallan las operaciones realizadas para comprobar la validez del perfil empleado en una barra.

2. Comprobaciones en el estado límite de servicio

A continuación se detallan las comprobaciones que se realizan para las combinaciones de hipótesis del estado límite de servicio (ELS).

2.1. **Deformaciones incluidos los desplazamientos en los nudos**

La comprobación consiste en verificar que la máxima deformación vertical total, incluidos los desplazamientos de los nudos extremos, en cualquier punto de una viga (incluidos sus nudos) debe ser inferior a un valor de comprobación obtenido de dividir la luz total por un coeficiente que depende del uso de la viga:

$$\delta_{\max} = \delta_z \leq \frac{L}{f_3}$$

Siendo:

δ_z	Desplazamiento total vertical en el punto de máxima deformación (m).
L	Luz o longitud del conjunto de barras entre dos soportes (m).
f_3	Limitación impuesta a la flecha según el uso de la viga (ver tabla siguiente).

Limitación de flecha (NBE-EA-95 Artículo 3.4.4.2.)	f_3
Vigas y viguetas de cubierta	250
Vigas hasta 5 m de luz y viguetas de forjado que no soporten muros de fábrica	300
Vigas de más de 5 m de luz que no soporten muros de fábrica	400
Vigas y viguetas de forjado que soporten muros de fábrica	500
Ménsulas con la flecha medida en el extremo libre	300
Cualquier otro elemento cuya deformación afecte al buen servicio o aspecto de la estructura	500

2.2. Deformaciones locales sin tener en cuenta los desplazamientos en los nudos

La comprobación consiste en que la máxima deformación total producida en la barra sin tener en cuenta los desplazamientos de los nudos extremos, debe ser inferior a un valor de comprobación obtenido de dividir la longitud total por un coeficiente que depende del uso de la viga:

$$\delta_{\max} = \sqrt{\delta_{x'}^2 + \delta_{y'}^2 + \delta_{z'}^2} \leq \frac{L}{f_3}$$

Siendo:

$\delta_{x'}, \delta_{y'}, \delta_{z'}$	Deformación máxima según los ejes locales x' , y' y z' de la barra (m).
L	Luz o longitud de la barra aislada (m).
f_3	Limitación impuesta a la flecha según el uso de la viga. (Ver tabla apartado anterior).

2.3. Desplazamientos horizontales totales

Esta validación consiste en asegurar que los desplazamientos horizontales de cualquier nudo de la estructura estén acotados. El valor límite de las deformaciones depende de la altura del nudo y del tipo de edificio:

$$\delta_{\max} = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \leq \frac{C_z}{f_1}$$

Siendo:

δ_x	Desplazamiento en el eje global horizontal X (m).
δ_y	Desplazamiento en el eje global horizontal Y (m).

C_z	Altura absoluta del nudo (medida desde la base o nudo de inferior cota en metros).
f_1	Limitación impuesta a la flecha. Los valores típicos se muestran en la tabla siguiente:

Edificios	f_1	f_2
Varias alturas	500	300
Una altura con puente grúa	300	300
Una altura sin puente grúa	150	150

2.4. Desplazamientos horizontales por planta

En el nudo superior de la barra se comprobará que la deformación horizontal que se produce exclusivamente en esa planta no supere un valor que depende de la longitud del pilar y del tipo de edificio:

$$\delta_{\max} = \sqrt{(\delta_{xi}^2 + \delta_{yi}^2) + (\delta_{xj}^2 + \delta_{yj}^2)} \leq \frac{L}{f_2}$$

Siendo:

δ_{xi}, δ_{xj}	Desplazamiento según el eje global horizontal X del nudo i y del nudo j (m).
δ_{yi}, δ_{yj}	Desplazamiento según el eje global horizontal Y del nudo i y del nudo j (m).
L	Altura de la planta (m). Distancia entre el nudo i y el nudo j.
f_2	Limitación impuesta a la flecha según el tipo de edificio (ver tabla anterior).

3. Comprobaciones en el estado límite último

A continuación se detallan las comprobaciones que se realizan para las combinaciones de hipótesis del estado límite último (ELU).

3.1. **Agotamiento de secciones por plastificación**

Las siguientes ecuaciones se aplican para todas las combinaciones de hipótesis activas, a cada sección de la barra (según el número de divisiones establecido) y en determinados puntos de la sección considerados críticos, según la forma de la sección. La norma NBE-EA-95 refleja estas ecuaciones en su *Anexo 3.A2. Cálculo de tensiones en piezas de directriz recta.*

3.1.1. Tensión normal

$$\sigma = \frac{N^*}{A} + \frac{M_{y'}^* \cdot (x' \cdot I_{x'} - y' \cdot I_{x'y'}) + M_{x'}^* \cdot (y' \cdot I_{y'} - x' \cdot I_{x'y'})}{I_{x'} \cdot I_{y'} - I_{x'y'}^2}$$

Siendo:

σ^*	Tensión normal ponderada que se alcanza en el punto de la sección (x',y') en kg/cm ² .
x', y'	Coordenadas del punto referidas a los ejes principales de inercia (origen en el c.d.g.)
N*	Esfuerzo axial ponderado en kg.
A	Área neta de la sección (descontando agujeros) en cm ² .
M [*] _{x'}	Momento flector ponderado respecto del eje local x' de la sección en kg·cm.
M [*] _{y'}	Momento flector ponderado respecto del eje local y' de la sección en kg·cm.

$I_{x'}$	Momento de inercia respecto del eje local x' de la sección en cm^4 .
$I_{y'}$	Momento de inercia respecto del eje local y' de la sección en cm^4 .
$I_{x'y'}$	Producto de inercia respecto de los ejes locales x' , y' de la sección en cm^4 .

3.1.2. Tensión tangencial

$$\tau^* = \frac{1}{(I_{x'} \cdot I_{y'} - I_{x'y'}^2)} \cdot \left(-Q_{y'}^* \cdot (I_{y'} \cdot S_{x'}(y') - I_{x'y'} \cdot S_{y'}(x')) - Q_{x'}^* \cdot (I_{x'y'} \cdot S_{x'}(y') - I_{x'} \cdot S_{y'}(x')) \right)$$

Siendo:

τ^*	Tensión tangencial ponderada que se alcanza en el punto de la sección (x' , y') en kg/cm^2 .
$Q_{x'}^*$	Esfuerzo cortante ponderado respecto del eje local x' de la sección en kg.
$Q_{y'}^*$	Esfuerzo cortante ponderado respecto del eje local y' de la sección en kg.
t	Espesor de la sección en cada punto en cm.
$I_{x'}$	Momento de inercia respecto del eje local x' de la sección en cm^4 .
$I_{y'}$	Momento de inercia respecto del eje local y' de la sección en cm^4 .
$I_{x'y'}$	Producto de inercia respecto de los ejes locales x' , y' de la sección en cm^4 .
$S_{x'}$	Momento estático respecto del eje local x' desde el punto (x' , y') al extremo de la sección en cm^3 .
$S_{y'}$	Momento estático respecto del eje local y' desde el punto (x' , y') al extremo de la sección en cm^3 .

3.1.3. Tensión de Von Mises

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma^{*2} + 3 \cdot \tau^{*2}} \leq \sigma_u$$

Siendo σ_u la resistencia de cálculo del acero.

3.2. Resistencia a tracción simple

Esta ecuación se aplica a todas las combinaciones de hipótesis activas y a cada sección de la barra (según el número de divisiones establecido) siempre que el esfuerzo axial sea de tracción. Según el apartado 3.3.4. de la NBE-AE-95 A:

$$\sigma = \frac{N^*}{A} \leq \sigma_u$$

Siendo:

σ^*	Tensión normal ponderada kg/cm ² .
N^*	Esfuerzo axial ponderado en kg.
A	Área neta de la sección (descontando agujeros) en cm ² .
σ_u	Resistencia de cálculo del acero kg/cm ² .

3.3. Esbeltez máxima

En esta comprobación se verifica que la esbeltez mecánica de la barra no supere el valor dado por el usuario. La norma NBE-EA-95 en su artículo 3.2.5.6 limita este valor a 200 en elementos principales y a 250 en elementos secundarios o arriostramientos.

El cálculo de la esbeltez mecánica de piezas simples de sección constante se ha realizado utilizando las siguientes ecuaciones:

$l_k = l \cdot \beta$	$\lambda = \frac{l_k}{i}$
-----------------------	---------------------------

Siendo:

l	Longitud real de la pieza.
β	Coficiente de esbeltez.
l_k	Longitud de pandeo en el plano considerado.
i	Radio de giro de la sección bruta de la pieza respecto al eje de inercia considerado.
λ	Esbeltez mecánica de la pieza.

El cálculo del coeficiente de esbeltez β se puede realizar por dos métodos:

1. Método de Julián y Laurence, descrito en el apartado 3.2.4.4 de la norma NBE-EA-95
2. Método asimétrico. Apropiado para construcciones de baja altura con pilares articulados en sus bases.

Ambos métodos son aplicables a edificios translacionales e intraslacionales.

3.4. Pandeo por flexión y tracción

La comprobación realizada depende del grado de simetría de la pieza.

3.4.1. Piezas de doble simetría o simetría puntual:

$$\sigma^* = \omega \cdot \frac{N^*}{A} + \frac{M_x^*}{W_x} + \frac{M_y^*}{W_y} \leq \sigma_u$$

3.4.2. Piezas con simetría simple o sin simetría:

$$\sigma^* = \omega \cdot \frac{N^*}{A} + \frac{M^*}{W_c} \leq \sigma_u$$

Si el centro de gravedad está más próximo al borde comprimido que al traccionado, se verificará que:

$$\sigma^* = \omega \cdot \frac{N^*}{A} + \frac{300 + 2 \cdot \lambda}{1000} \frac{M^*}{W_t} \leq \sigma_u$$

Siendo:

A	Área de la sección.
λ	Esbeltez mecánica en el plano del momento.
ω	Coefficiente de pandeo correspondiente a la esbeltez máxima en el plano de la sección.
W_c y W_t	Módulos elásticos resistentes a flexión de la sección, relativos a los bordes de compresión y tracción, respectivamente.
M^*	Momento flector máximo ponderado en la pieza en valor absoluto.
N^*	Esfuerzo normal ponderado en valor absoluto.

σu	Resistencia de cálculo del acero kg/cm ² .
----	---

3.5. Pandeo lateral o vuelco lateral de vigas

Esta comprobación se realiza en barras de sección simétrica respecto del eje x' o bien con simetría puntual, y en aquellos perfiles para los que se conoce tanto el módulo de torsión como el de alabeo.

Es necesario indicar el número de fijaciones intermedias si las hay, es decir, el número de puntos aislados e inmovilizados en sentido transversal. EAwin considera estos arriostramientos repartidos uniformemente en el interior del elemento constructivo.

La comprobación corresponde a la descrita por la norma EA-95 en su apartado 3.4.5., pero sin tener en cuenta algunas simplificaciones que están del lado de la seguridad y que la norma aplica. Consiste en verificar que el máximo momento flector ponderado que actúa sobre la viga o tramo considerado se mantenga por debajo del momento crítico de pandeo lateral, expresado de la forma:

$$M_{\max}^* \leq M_{cy} = \frac{K_1 \cdot K_2 \cdot \pi}{l} \cdot \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot I_T} \cdot \sqrt{1 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_A}{l^2 \cdot G \cdot I_T}}$$

Siendo:

I _y	Momento de inercia de la sección total de la viga respecto al eje contenido en el plano de flexión. E Módulo de elasticidad del acero.
G	Módulo de rigidez del acero.
I _T	Módulo de torsión de la sección total de la viga.
I _A	Módulo de alabeo de la sección total de la viga.

1	Distancia entre apoyos o distancia parcial entre puntos en los cuales está impedido el giro y desplazamiento horizontal.
K ₁	Coefficiente que es función de la distribución de cargas a lo largo del eje longitudinal de la viga.
K ₂	Depende de la cota de aplicación de las cargas. El programa supone que siempre se aplican en el ala superior, lo que corresponde al caso más desfavorable.

Si la tensión crítica ideal, resultante del momento crítico calculado anteriormente es superior al límite plástico, el programa aplica automáticamente el coeficiente de reducción inelástica.

3.6. Pandeo local y abolladura del alma de vigas llenas

La comprobación realizada aparece descrita en el apartado 3.4.6 de la EA-95. El número de rigidizadores ultrarrígidos situados en el interior del elemento constructivo hay que especificarlo, aunque EAwin supondrá que siempre hay dos rigidizadores en los extremos y el número dado anteriormente se reparte uniformemente a lo largo de su longitud.

La validación consiste en el cálculo de las tensiones críticas ideales: $\sigma_{cr,F} = k_1 \cdot \sigma_E$ y $\tau_{cr,F} = k_2 \cdot \sigma_E$ donde los coeficientes k_1 y k_2 dependen de la relación entre lados de cada recuadro y las tensiones normales y tangenciales que se alcanzan en su interior, y σ_E es la tensión crítica de Euler que viene dada por la expresión:

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 \cdot E}{12 \cdot (1 - \nu)} \cdot \left(\frac{e}{h_e} \right)^2$$

Siendo:

E	Módulo de elasticidad en kg/cm ² .
ν	Módulo de Poisson.

Conocidos los valores de la tensión normal y tangencial máximas: σ_1^* y τ^* se obtiene la tensión de comprobación ideal.

$$\sigma_{co,i} = \frac{\sqrt{\sigma_1^{*2} + 3 \cdot \tau^{*2}}}{\frac{1+\psi}{4} \cdot \frac{|\sigma_1^*|}{\sigma_{cr,i}} + \sqrt{\left(\frac{3-\psi}{4} \cdot \frac{\sigma_1^*}{\sigma_{cr,i}}\right)^2 + \left(\frac{\tau^*}{\tau_{cr,i}}\right)^2}}$$

Si la tensión de comprobación ideal resultante es superior al límite plástico, el programa aplica automáticamente el coeficiente de reducción anelástica Kr , comprobando que:

$$\sigma_{co,r} = \sqrt{Kr} \cdot \sigma_{co,i} \geq \sqrt{\sigma_1^{*2} + 3 \cdot \tau^{*2}}$$

Para finalizar, EAwin calcula el espesor mínimo de los rigidizadores para que se puedan considerar ultrarrígidos.

3.7. Comprobación de perfiles conformados en frío

Estos perfiles tienen un tratamiento especial tal como aparece reflejado en la norma EA-95 parte 4.

La comprobación de agotamiento ya incluye los efectos de combadura y abolladura, por lo que no es necesario activar estas opciones.

De forma abreviada, el cálculo se basa en considerar que sólo una parte de la sección contribuye a resistir los esfuerzos de compresión, esta sección

efectiva se calcula por procedimientos iterativos y se usa para obtener las tensiones normales y tangenciales reales que intervienen en las ecuaciones de comprobación.

Esta versión del producto no realiza cálculos especiales para elementos sometidos a cargas concentradas o de pandeo en piezas sometidas a compresión compuesta y con torsión.

4. Método de comprobación para barras de hormigón

Una vez realizado el cálculo matricial de la estructura y obtenidas las leyes de esfuerzos y deformaciones para todos los efectos generados a partir de las hipótesis de cálculo, de acuerdo con el artículo 13º de la EHE “Combinación de acciones”. Se comienza la fase de comprobación y dimensionamiento de las barras de hormigón; para ello se agrupan las barras en elementos constructivos (vigas, pilares, o tirantes). Un elemento constructivo es un grupo de barras unidas geoméricamente, de comportamiento y características (tipo de material) similares, que constituye el elemento básico para el cálculo y comprobación de la armadura (por ejemplo: un dintel de un edificio).

Una vez estén agrupadas las barras en elementos constructivos; comienza el cálculo y comprobación del mismo; para ello se discretiza el elemento constructivo en un número adecuado de secciones, sobre las que efectuará las comprobaciones que marca la normativa de Hormigón Estructural EHE; en cuanto a estado límite último y estado límite de servicio.

Sobre cada sección del elemento constructivo se realizan los siguientes cálculos y comprobaciones para cada uno de los efectos provenientes de las hipótesis de cálculo:

1. Determina la armadura necesaria en función de los esfuerzos que solicitan la sección (flexión simple o compuesta, compresión simple o compuesta, tracción simple o compuesta, flexión esviada simétrica o asimétrica) y el tipo de elemento al que pertenezca la sección (pilar, viga, o tirante). Para ello utiliza las fórmulas del Anejo 8 de la EHE “Cálculo simplificado de secciones en Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales”, y otros métodos obtenidos de diversa bibliografía técnica. Además se tiene en cuenta la inestabilidad a pandeo del elemento de acuerdo con el método aproximado expuesto en el artículo 43º de la EHE “Estado límite de inestabilidad”.
2. Determina los dominios de deformación de la sección, y calcula y comprueba las tensiones y deformaciones sobre el material, con vistas a establecer la validez de la armadura y determinar el tipo de cuantía mínima mecánica a aplicar en la sección (artículo 42º de la EHE “Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales”).
3. Establece la cuantía mínima geométrica a aplicar en función del elemento constructivo que sea (pilar o viga) (Art. 42º de la EHE “Estado límite de agotamiento frente a solicitaciones normales”).
4. Calcula la armadura necesaria transversal en función de los cortantes que solicitan la sección y del momento torsor; de acuerdo con el artículo 44º “Estado límite de agotamiento frente a cortante” y 45º “Estado límite de agotamiento por torsión en elementos lineales” de la EHE. Para ello compara los cortantes solicitantes con los cortantes de agotamiento de la sección; y el torsor solicitante con los de agotamiento de la sección.
5. Comprueba la interacción torsión combinada con flexión y axil; determinando la armadura longitudinal de refuerzo debida a torsión. (Art. 45.3.2.1 de la EHE). Y comprueba la interacción torsión combinada con

- cortante para evitar compresiones excesivas en el hormigón (Art. 45.3.2.2. de la EHE).
6. Establece las disposiciones relativas a las armaduras (Art. 42.3.1 , 44.2.3.4 y 45.2.3. de la EHE); en cuanto a separación máxima y cuantía mínima de la armadura transversal, diámetro mínimo de la armadura transversal y decolaje de la ley de momentos para soportar el incremento de tracción debida al cortante.
 7. Se comprueba que la profundidad de la fibra neutra de la sección sea inferior al 45% del canto útil de la misma; siempre que se esté trabajando con esfuerzos redistribuidos en el elemento (análisis lineal con redistribución limitada), en lugar de los esfuerzos obtenidos del cálculo lineal. (Art. 21.4 de la EHE). (El trabajar con esfuerzos redistribuidos o no es configurable por el usuario).
 8. Se comprueba la fisuración de la sección en estado límite de servicio y para las hipótesis cuyo carácter (cuasipermanente, frecuente o poco probable) defina el usuario. Se comprueba tanto la aparición de fisuras por compresión (limitando la tensión sobre el hormigón), como la aparición de fisuras por tracción (limitando la abertura máxima de fisura) (Art.49.2 de la EHE).
 9. Se establecen limitaciones relativas a la separación de las armaduras transversales, para controlar así la fisuración por torsión y esfuerzos cortantes. (Art. 49.3 y 49.4 de la EHE).
 10. Se comprueba el estado límite de deformación controlando tanto la flecha total, como la flecha activa, (obtenidas como suma de la flecha instantánea y diferida). El cálculo se realiza en base al historial de cargas introducido; haciéndose un análisis temporal de la deformación de la pieza; teniendo en cuenta la variación con el tiempo de las

características del hormigón y la inercia fisurada de la sección, (obtenida con la fórmula de Branson). (Art. 50º de la EHE)

11. En el caso de estar la sección sometida a compresión simple o compuesta, se comprueba que no se rebase la cuantía máxima de armadura longitudinal establecida en el artículo 42.3.3 de la EHE.

Una vez calculada y comprobada la armadura de cada una de las secciones del elemento constructivo; se distribuye a lo largo de este, determinando las longitudes de anclaje, empalme y doblado necesarias para el correcto funcionamiento de la armadura. Todo ello calculado a partir de lo prescrito en el artículo 66º de la EHE “Elaboración de ferralla y colocación de las armaduras pasivas”.

5. Método de cálculo matricial de la matriz de rigidez

El cálculo de esfuerzos y desplazamientos en los nudos se ha realizado mediante un análisis matricial de la estructura, en el que se ha supuesto que las barras son rectas, de sección constante y se comportan según la teoría elástica de primer orden.

El tratamiento de barras de sección variable se realiza fraccionando el elemento en al menos cuatro partes en las cuales se considera la sección fija e igual al valor medio de la sección en los dos extremos.

Las barras se consideran unidas rígidamente entre sí por medio de unos puntos denominados *nudos*, los cuales poseen seis grados de libertad (tres en desplazamientos y tres en giros). Se supone en todo el cálculo matricial que las deformaciones son pequeñas ya que las condiciones de equilibrio y de compatibilidad se refieren a la geometría de la estructura previa a la deformación (teoría elástica de primer orden).

Denominamos *Apoyos* a los nudos de la estructura en los que algunos de los posibles grados de libertad están coartados. Esta coacción puede ser rígida si los movimientos están totalmente impedidos, o bien elástica, si los movimientos son proporcionales a las acciones que los provocan.

La estructura estará sometida a *acciones* (fuerzas o momentos) aplicadas en los nudos, y cargas puntuales o uniformemente repartidas en las barras. Se supone que estas acciones son estáticas.

Las relaciones que ligan las cargas aplicadas en los nudos extremos de una barra con los recorridos de éstos son lineales y pueden representarse en forma matricial según la expresión:

$$[f] = [r] \cdot [\delta]$$

Siendo:

n	Número de grados de libertad de cada nudo (en nuestro caso n = 6).
[f]	Vector de 2n componentes representativo de las cargas aplicadas en los extremos de la barra y referido a ejes propios de la misma.
[r]	Matriz cuadrada 2n x 2n elementos denominada Matriz de Rigidez de la barra en ejes propios de la misma.
[δ]	Vector de 2n componentes que representa los desplazamientos y giros de los nudos referidos a ejes propios de la barra.

Por otra parte hay que tener en cuenta que los movimientos de los extremos de las barras tienen que coincidir con los movimientos de los nudos a los que están unidas. La representación matricial de esta condición toma la forma siguiente:

$$[\delta] = [\alpha] \cdot [\Delta]$$

Siendo:

N	Número de nudos de la estructura.
$[\delta]$	Vector de $2n$ componentes que representa los desplazamientos y giros de los nudos extremos de la barra referidos a sus ejes propios.
$[\alpha]$	Matriz de cambio de los ejes globales de la estructura a los ejes locales de la barra.
$[\Delta]$	Vector de $n \times N$ componentes que representa los movimientos y giros de los nudos respecto de los ejes globales de la estructura.

Por último es necesario plantear las condiciones de equilibrio de la estructura; para lo cuál tenemos que convertir las cargas actuando en los extremos de las barras y referidas a sus ejes propios, a ejes globales de la estructura; de tal forma que en cada nudo la condición de equilibrio que se establece es que las cargas exteriores aplicadas en los nudos sean iguales a la suma de los esfuerzos que transmiten los extremos de las barras que en él concurren. Esta condición se puede expresar de modo matricial del siguiente modo:

$$[F] = [\alpha^T] \cdot [f]$$

Siendo:

$[F]$	Vector de $n \times N$ componentes que representan a las fuerzas y momentos aplicadas en los nudos en ejes globales de la estructura.
$[\alpha^T]$	Matriz de cambio de los ejes locales de la barra a los ejes globales de la estructura. Es la traspuesta de la matriz $[\alpha]$.
$[f]$	Vector de $2n$ componentes representativo de las cargas aplicadas en los extremos de la barra y referido a los ejes propios de la misma.

Sustituyendo las expresiones anteriores y eliminando los vectores $[f]$ y $[\delta]$ obtenemos una ecuación matricial que expresa el equilibrio de la estructura, y que relaciona los desplazamientos y giros en los nudos con las fuerzas y momentos exteriores aplicadas en los mismos.

$$[F] = [R] \cdot [\Delta]$$

Siendo $[R] = [\alpha^T] \cdot [r] \cdot [\alpha]$ una matriz cuadrada de $n \times N$ filas y columnas denominada Matriz de Rigidez de la Estructura.

Una vez resuelto el sistema de ecuaciones y obtenidos los desplazamientos en los nudos de la estructura es posible obtener los esfuerzos resultantes en los extremos de las barras según la expresión:

$$[f] = [r] \cdot [\alpha] \cdot [\Delta]$$

Combinando las acciones obtenidas en los extremos de cada barra con las fuerzas y momentos externos que actúan sobre ellas es posible obtener las leyes de esfuerzos y deformaciones que se utilizarán para realizar los procesos de dimensionado y comprobación de los elementos de la estructura.

6. Métodos de comprobación de barras de madera

En este apartado se describen los métodos de comprobación de las barras de madera para justificar el cumplimiento de la normativa.

El método de cálculo está basado en las normas UNE ENV 1995 1-1 Eurocódigo 5: “Proyecto de Estructuras de Madera. Reglas Generales y Reglas para Edificación” y UNE ENV 1995 1-2 Eurocódigo 5: “Proyecto de Estructuras de Madera. Reglas Generales Proyecto de Estructuras Sometidas al Fuego”.

El cálculo de esfuerzos y desplazamientos se ha realizado utilizando métodos matriciales basados en la matriz de rigidez, construida y resuelta para la totalidad de la estructura tridimensional.

A partir de los resultados obtenidos con el cálculo anterior, y en base a las combinaciones de hipótesis reglamentarias, se calculan las leyes de esfuerzos en cada sección de la barra. Utilizando estos valores se realizan las comprobaciones oportunas para verificar la validez de la sección. A continuación se detallan las operaciones realizadas para comprobar la validez de la sección empleada en una barra.

6.1. Comprobaciones en el estado límite de servicio

A continuación se detallan las comprobaciones que se realizan para las combinaciones de hipótesis del estado límite de servicio (ELS).

6.1.1. Deformaciones instantáneas incluidos los desplazamientos en los nudos

La comprobación consiste en verificar que por cada una de las combinaciones de hipótesis estudiada, la máxima deformación vertical instantánea en cualquier punto de una viga (incluidos sus nudos extremos) producida por las cargas variables de dicha combinación, debe ser inferior a un valor de comprobación obtenido de dividir la luz total por un coeficiente que depende del uso de la viga:

$$\delta_{\max} = \delta_z \leq \frac{L}{f_3}$$

Siendo:

δz	Desplazamiento total vertical en el punto de máxima deformación (m).
L	Luz o longitud del conjunto de barras entre dos soportes (m).
f_3	Limitación impuesta a la flecha instantánea según el uso de la viga (ver tabla siguiente).

Limitación de flecha (Eurocódigo 5 Artículo 4.3)	f_3
Vigas en voladizo y ménsulas con la flecha medida en el extremo libre	150
Vigas y viguetas que no soporten forjados o no estén sujetas a vibraciones	300
Vigas y viguetas de forjado en los que interese limitar las vibraciones	360
Cualquier elemento cuya deformación afecte al buen servicio o aspecto de la estructura	300

6.2. **Deformaciones totales los desplazamientos en los nudos**

La comprobación consiste en verificar que por cada una de las combinaciones de hipótesis estudiada la máxima deformación vertical total, producida por todas las acciones de la combinación y considerando las deformaciones diferidas por fenómenos reológicos del material, en cualquier punto de una viga (incluidos sus nudos) debe ser inferior a un valor de comprobación obtenido de dividir la luz total por un coeficiente que depende del uso de la viga:

$$\delta_{\max} = \delta_z \leq \frac{L}{f_3}$$

Siendo:

δz	Desplazamiento total vertical en el punto de máxima deformación (m).
L	Luz o longitud del conjunto de barras entre dos soportes (m).
f_3	Limitación impuesta a la flecha total según el uso de la viga (ver tabla siguiente).

Limitación de flecha (Eurocódigo 5 Artículo 4.3)	f_3
Vigas en voladizo y ménsulas con la flecha medida en el extremo libre	100
Vigas y viguetas que no soporten forjados o no estén sujetas a vibraciones	200
Vigas y viguetas de forjado en los que interese limitar las vibraciones	200
Cualquier elemento cuya deformación afecte al buen servicio o aspecto de la estructura	200

6.3. Deformaciones instantáneas locales (sin tener en cuenta los desplazamientos en los nudos)

La comprobación consiste en que la máxima deformación total producida en la barra por las cargas variables de cada una de las combinaciones de hipótesis estudiada, sin tener en cuenta los desplazamientos de los nudos extremos, debe ser inferior a un valor de comprobación obtenido de dividir la longitud total por un coeficiente que depende del uso de la viga:

$$\delta_{\max} = \sqrt{\delta_{x'}^2 + \delta_{y'}^2 + \delta_{z'}^2} \leq \frac{L}{f_3}$$

Siendo:

$\delta x', \delta y', \delta z'$	Deformación máxima según los ejes locales x', y' y z' de la barra (m).
-----------------------------------	--

L	Luz o longitud de la barra aislada (m).
f_3	Limitación impuesta a la flecha instantánea según el uso de la viga. (Ver tabla apartado anterior).

6.4. Deformaciones locales totales (sin tener en cuenta los desplazamientos en los nudos)

La comprobación consiste en que la máxima deformación total producida en la barra por las acciones de cada una de las combinaciones de hipótesis estudiada, sin tener en cuenta los desplazamientos de los nudos extremos y considerando las deformaciones diferidas, debe ser inferior a un valor de comprobación obtenido de dividir la longitud total por un coeficiente que depende del uso de la viga:

$$\delta_{\max} = \sqrt{\delta_{x'}^2 + \delta_{y'}^2 + \delta_{z'}^2} \leq \frac{L}{f_3}$$

Siendo:

$\delta_{x'}, \delta_{y'}, \delta_{z'}$	Deformación máxima según los ejes locales x' , y' y z' de la barra (m).
L	Luz o longitud de la barra aislada (m).
f_3	Limitación impuesta a la flecha total según el uso de la viga. (Ver tabla apartado anterior).

6.5. Desplazamientos horizontales totales

Esta validación consiste en asegurar que los desplazamientos horizontales, incluyendo aquellos producidos por deformaciones diferidas, de

cualquier nudo de la estructura estén acotados. El valor límite de las deformaciones depende de la altura del nudo y del tipo de edificio:

$$\delta_{\max} = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2} \leq \frac{C_z}{f_1}$$

Siendo:

δ_x	Desplazamiento en el eje global horizontal X (m).
δ_y	Desplazamiento en el eje global horizontal Y (m).
C_z	Altura absoluta del nudo (medida desde la base o nudo de inferior cota en metros).
f_1	Limitación impuesta a la flecha. Los valores típicos se muestran en la tabla siguiente:

Edificios	f_1	f_2
Varias alturas	150	200
Una altura con puente grúa	300	300
Una altura sin puente grúa	150	150

6.6. Desplazamientos horizontales por planta

En el nudo superior de la barra se comprobará que la deformación horizontal que se produce exclusivamente en esa planta no supere un valor que depende de la longitud del pilar y del tipo de edificio:

$$\delta_{\max} = \sqrt{(\delta_{xi}^2 + \delta_{yi}^2) - (\delta_{xj}^2 + \delta_{yj}^2)} \leq \frac{L}{f_2}$$

Siendo:

$\delta x_i, \delta x_j$	Desplazamiento según el eje global horizontal X del nudo i y del nudo j (m).
$\delta y_i, \delta y_j$	Desplazamiento según el eje global horizontal Y del nudo i y del nudo j (m).
L	Altura de la planta (m). Distancia entre el nudo i y el nudo j.
f_2	Limitación impuesta a la flecha según el tipo de edificio (ver tabla anterior).

6.7. Comprobaciones en el estado límite último

A continuación se detallan las comprobaciones que se realizan para las combinaciones de hipótesis del estado límite último (ELU).

6.7.1. Agotamiento de secciones

Las siguientes ecuaciones se aplican para todas las combinaciones de hipótesis activas, a cada sección de la barra (según el número de divisiones establecido) y en determinados puntos de la sección considerados críticos, según la forma de la sección. La norma Eurocódigo 5 justifica el planteamiento de estas ecuaciones en su *Capítulo 5. Estados Límites Últimos*.

6.7.2. Índice de Utilización por Tensiones Normales

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad \text{ó}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1 \quad \text{Ó}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Siendo:

σ_{td}	Tensión de tracción ponderada que se alcanza en el punto crítico analizado de la sección en kg/cm ² .
σ_{cd}	Tensión de compresión ponderada que se alcanza en el punto crítico analizado de la sección en kg/cm ² .
σ_{mxd}	Tensión ponderada de flexión alrededor del eje x' local que se alcanza en el punto crítico analizado de la sección en kg/cm ² .
σ_{myd}	Tensión ponderada de flexión alrededor del eje y' local que se alcanza en el punto crítico analizado de la sección en kg/cm ² .
k_m	Coficiente corrector por la forma de la sección.
f_{td}	Resistencia de cálculo a tracción paralela del material en kg/cm ² .
f_{cd}	Resistencia de cálculo a compresión paralela del material en kg/cm ² .
f_{md}	Resistencia de cálculo a flexión del material en kg/cm ² .

6.7.3. Índice de Utilización por Tensiones tangenciales

$$\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} + \left(\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \right)^2 \leq 1$$

Siendo:

τ_d	Tensión tangencial ponderada por esfuerzos cortantes que se alcanza en el punto crítico analizado de la sección en kg/cm ² .
τ_{tor}	Tensión tangencial ponderada por esfuerzos torsores que se alcanza en el punto crítico analizado de la sección en kg/cm ² .
k_{forma}	Coefficiente corrector por la forma de la sección.
$f_{v,d}$	Resistencia de cálculo a cortante del material en kg/cm ² .

6.8. Resistencia a tracción simple

Esta ecuación se aplica a todas las combinaciones de hipótesis activas y a cada sección de la barra (según el número de divisiones establecido) siempre que el esfuerzo axial sea de tracción. Según el apartado 5.1.2. del Eurocódigo 5:

$$\sigma = \frac{N^*}{A} \leq \sigma_u$$

Siendo:

σ^*	Tensión normal ponderada kg/cm ² .
N^*	Esfuerzo axial ponderado en kg.
A	Área neta de la sección en cm ² .
σ_u	Resistencia de cálculo a tracción del material en kg/cm ² .

6.9. Pandeo por compresión y flexión

La comprobación realizada depende del grado de simetría y de la esbeltez mecánica relativa de la pieza.

El cálculo de la esbeltez mecánica de piezas simples de sección constante se ha realizado utilizando las siguientes ecuaciones:

$$l_k = l \cdot \beta \qquad \lambda = \frac{l_k}{i}$$

Siendo:

l	Longitud real de la pieza.
β	Coficiente de esbeltez.
l_k	Longitud de pandeo en el plano considerado.
i	Radio de giro de la sección bruta de la pieza respecto al eje de inercia considerado.
λ	Esbeltez mecánica de la pieza en el plano considerado.

El cálculo del coeficiente de esbeltez β se puede realizar por dos métodos:

1. Método de Julián y Lawrence.
2. Método asimétrico. Apropiado para construcciones de baja altura con pilares articulados en sus bases.

Ambos métodos son aplicables a edificios translacionales e intraslacionales.

El cálculo de la esbeltez mecánica relativa se ha realizado utilizando la siguiente ecuación:

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Siendo:

□	Esbeltez mecánica de la pieza en el plano considerado.
f_{ck}	Resistencia característica a compresión paralela del material en kg/cm ² .
$E_{0,k}$	Valor característico del módulo de elasticidad lineal del material en kg/cm ²
λ_{rel}	Esbeltez mecánica relativa de la pieza en el plano considerado.

6.9.1. Piezas de doble simetría o simetría puntual:

Los índices de utilización en esta comprobación deberán cumplir las siguientes condiciones:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} \leq 1$$

Siendo:

$\sigma_{\zeta d}$	Máxima tensión ponderada de compresión que se alcanza en la sección en kg/cm ² .
σ_{mxd}	Máxima tensión ponderada de flexión alrededor del eje x' local que se alcanza en la sección en kg/cm ² .
σ_{myd}	Máxima tensión ponderada de flexión alrededor del eje y' local que se alcanza en la sección en kg/cm ² .
$k_{c,x}$ y $k_{c,y}$	Coefficientes de pandeo correspondientes a la esbeltez relativa según los ejes x' e y' locales de la sección.
k_m	Coefficiente corrector por la forma de la sección.
$f_{\zeta d}$	Resistencia de cálculo a compresión paralela del material en kg/cm ² .
f_{md}	Resistencia de cálculo a flexión del material en kg/cm ² .

6.10. Pandeo lateral o vuelco lateral de vigas

Esta comprobación se realiza en barras de sección simétrica respecto del eje x' o bien con simetría puntual, y en aquellas secciones para las que se conoce tanto el módulo de torsión como el de alabeo.

Es necesario indicar el número de fijaciones intermedias si las hay, es decir, el número de puntos aislados e inmovilizados en sentido transversal. EMwin considera estos arriostramientos repartidos uniformemente en el interior del elemento constructivo.

La comprobación corresponde a la descrita por la norma Eurocódigo 5 en su apartado 5.2.2. Consiste en verificar que el máximo momento flector ponderado que actúa sobre la viga o tramo considerado se mantenga por debajo del momento crítico de pandeo lateral, expresado de la forma:

$$M_{\max}^* \leq M_{\text{cri}} = \frac{\pi}{l_{\text{ef}}} \cdot \sqrt{\frac{E_{0,k} \cdot I_y \cdot G \cdot I_T}{1 - \frac{I_y}{I_x}}}$$

Siendo:

I_y	Momento de inercia de la sección total de la viga respecto al eje contenido en el plano de flexión.
I_x	Momento de inercia de la sección total de la viga respecto al eje perpendicular al plano de flexión.
$E_{0,k}$	Valor característico del módulo de elasticidad lineal del material en kg/cm^2
G	Módulo de elasticidad transversal del material en kg/cm^2 .
I_T	Módulo de torsión de la sección total de la viga.
l_{ef}	Longitud efectiva de vuelco entre apoyos o entre puntos en los cuales está impedido el giro y desplazamiento horizontal.

6.11. Resistencia en situación de incendio

La comprobación de los requisitos de resistencia en situación de incendio se realiza para las combinaciones de hipótesis de estados límites últimos analizando individualmente los elementos constructivos según el método de la sección reducida. Esta comprobación se realiza conforme a lo especificado en el apartado 4.1. del Eurocódigo 5.

El cálculo de los valores estáticos de la sección eficaz se ha realizado con una reducción en todas las superficies expuestas de la sección transversal inicial según la profundidad eficaz de carbonización calculada por la expresión:

$$d_{ef} = \beta_0 \cdot t + k_0 \cdot 7mm$$

Siendo

β_0	Velocidad de carbonización del material en mm/min.
t	Tiempo de resistencia al fuego normalizado exigido a la pieza en min.
k_0	Factor corrector según el tipo de recubrimiento superficial
d_{ef}	Profundidad de carbonización eficaz en mm.

Obtenidos los valores estáticos de la sección eficaz, se realizan las comprobaciones para los estados límites últimos utilizando las expresiones de cálculo de los índices de utilización definidas anteriormente y teniendo en cuenta los siguientes planteamientos:

Los valores de cálculo de las resistencias del material se determinan considerando los valores medios de sus propiedades y un coeficiente de seguridad igual a 1.

$$y_{M,f} = 1.0$$

Igualmente se entiende que las propiedades de la sección eficaz no quedan afectadas por la temperatura y la humedad por lo que el coeficiente corrector por estos factores también es la unidad.

$$k_{mod,f} = 1.0$$

Los efectos de cálculo de las distintas hipótesis de carga son los mismos que los utilizados para el cálculo en situación normal, afectados por un coeficiente reductor de valor:

$$\eta = 0.6$$

En situación de incendio la comprobación de agotamiento por tensiones tangenciales no incluye la comprobación de las tensiones por cortante.

Para los elementos secundarios de la estructura (arriostramientos) la comprobación en situación de incendio se limita a verificar que el área de la sección reducida no es inferior al 60 % del área de la sección transversal inicial.

Esta versión del producto no realiza cálculos especiales para elementos sometidos a cargas concentradas (compresión y tracción perpendicular), ni la comprobación de tensiones inclinadas a la dirección fibra.

6.12. Coeficientes de seguridad EHE

CARGAS									
Barra	Grupo carga	Dist. origen (m)	Long. (m)	$F_{X(1)}$	$F_{Y(1)}$	$F_{Z(1)}$	$M_{X(2)}$	$M_{Y(2)}$	$M_{Z(2)}$
148-146	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
147-149	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
150-148	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
151-153	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
154-152	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
153-155	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
156-154	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
62-73	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
63-73	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00

64-74	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
65-74	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
66-75	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
67-75	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
68-76	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
69-76	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
155-157	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
158-156	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
157-159	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
160-158	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
159-161	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
162-160	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
161-163	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00

164-162	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
14-16	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
15-17	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
16-18	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
17-19	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
18-20	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
19-21	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
20-22	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
21-23	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
22-24	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
23-25	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
24-26	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
25-27	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
77-83	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
78-84	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
79-85	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
80-86	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
81-87	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
82-88	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00

77-78	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
83-84	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
78-79	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
84-85	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
79-80	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
85-86	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
80-81	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
86-87	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
81-82	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
87-88	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
0-77	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
77-14	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
2-78	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
78-16	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
4-79	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
79-18	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
6-80	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
80-20	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
8-81	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
81-22	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00

10-82	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
82-24	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
83-89	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,00	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga Puntual	1,00	0,00	0,00	0,00	-2,50	0,00	0,00	0,00
84-90	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,00	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga Puntual	1,00	0,00	0,00	0,00	-2,50	0,00	0,00	0,00
85-91	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,00	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga Puntual	1,00	0,00	0,00	0,00	-2,50	0,00	0,00	0,00
86-92	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,00	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga Puntual	1,00	0,00	0,00	0,00	-2,50	0,00	0,00	0,00
87-93	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,00	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga Puntual	1,00	0,00	0,00	0,00	-2,50	0,00	0,00	0,00
88-94	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,00	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga Puntual	1,00	0,00	0,00	0,00	-2,50	0,00	0,00	0,00
89-90	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
90-91	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
91-92	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
92-93	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
93-94	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,06	0,00	0,00	0,00
89-95	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00

90-96	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
91-97	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
92-98	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
93-99	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
94-100	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
95-96	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
96-97	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
97-98	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
98-99	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
99-100	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
1-95	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
95-15	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
3-96	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
96-17	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
5-97	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
97-19	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
7-98	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
98-21	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
9-99	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
99-23	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00

11-100	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
100-25	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
83-107	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
101-83	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
14-28	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
15-29	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
16-30	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
89-114	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
108-89	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
17-31	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
18-32	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
19-33	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
20-34	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
21-35	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
12-117	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
117-26	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
115-116	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
117-116	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
116-118	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
22-36	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00

23-37	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
24-38	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
25-39	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
26-40	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
27-41	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,88	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
13-121	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
121-27	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,59	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
119-120	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	6,35	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
120-121	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
120-122	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,50	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
116-120	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,00	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga Puntual	1,00	0,00	0,00	0,00	-2,50	0,00	0,00	0,00
28-42	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
29-43	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
30-44	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
31-45	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
32-46	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
123-125	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
126-124	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00

	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
125-127	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
128-126	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
127-129	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
130-128	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
33-47	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
34-48	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
35-49	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
36-50	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
37-51	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
38-52	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
39-53	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
40-54	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
41-55	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
42-107	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,33	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
129-131	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00

	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
132-130	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
131-133	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
134-132	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
133-135	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
136-134	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00	0,00
137-139	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
140-138	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
107-56	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,85	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
43-114	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,33	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
114-57	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,85	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
44-58	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
45-59	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00

46-60	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
47-61	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
48-62	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
49-63	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
50-64	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
51-65	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
139-141	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
142-140	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
141-143	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
144-142	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
143-145	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
146-144	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00
145-147	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	2,32	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00	0,00

52-66	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
53-67	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,18	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
54-118	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,33	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
118-68	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,85	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
55-122	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,33	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
122-69	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,85	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
56-70	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
57-70	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
58-71	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
59-71	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
60-72	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00
61-72	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	0,15	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00	0,00

6.13. Coeficientes de seguridad NBE-AE95

COEFICIENTES SEGURIDAD NBE-AE95				
Estado	Acciones	Permanentes	Variables	Accidentales
ELU	Efecto desfavorable	1,33	1,50	1,00
	Efecto favorable	1,00	0,00	0,00
ELS	Efecto desfavorable	1,00	1,00	0,00
	Efecto favorable	1,00	0,00	0,00

6.14. Coeficientes de seguridad EHE

COEFICIENTES SEGURIDAD EHE				
Estado	Acciones	Permanentes	Variables	Accidentales
	Situación	persistente o	transitoria	
ELU	Efecto desfavorable	1,50	1,60	0,00
	Efecto favorable	1,00	0,00	0,00
ELS	Efecto desfavorable	1,00	1,00	0,00
	Efecto favorable	1,00	0,00	0,00
	Situación	accidental		
ELU	Efecto desfavorable	1,00	1,00	1,00

	Efecto favorable	1,00	0,00	0,00
Nivel de control	de ejecución	Normal		

6.15. Geometría

GEOMETRIA				
Barra	Longitud (m)	Angulo con el eje X (°)	Angulo con el plano XY (°)	Angulo de la sección transversal (°)
148-146	2,32	-90,0	0,0	-1,0
147-149	2,32	90,0	0,0	-1,0
150-148	2,32	-90,0	0,0	-1,0
151-153	2,32	90,0	0,0	-1,0
154-152	2,32	-90,0	0,0	-1,0
153-155	2,32	90,0	0,0	-1,0
156-154	2,32	-90,0	0,0	-1,0
62-73	0,15	0,0	1,0	180,0
63-73	0,15	0,0	1,0	180,0
64-74	0,15	0,0	1,0	180,0
65-74	0,15	0,0	1,0	180,0
66-75	0,15	0,0	1,0	180,0
67-75	0,15	0,0	1,0	180,0

68-76	0,15	0,0	1,0	180,0
69-76	0,15	0,0	1,0	180,0
155-157	2,32	90,0	0,0	-1,0
158-156	2,32	-90,0	0,0	-1,0
157-159	2,32	90,0	0,0	-1,0
160-158	2,32	-90,0	0,0	-1,0
159-161	2,32	90,0	0,0	-1,0
162-160	2,32	-90,0	0,0	-1,0
161-163	2,32	90,0	0,0	-1,0
164-162	2,32	-90,0	0,0	-1,0
14-16	2,32	90,0	0,0	0,0
15-17	2,32	90,0	0,0	0,0
16-18	2,32	90,0	0,0	0,0
17-19	2,32	90,0	0,0	0,0
18-20	2,32	90,0	0,0	0,0
19-21	2,32	90,0	0,0	0,0
20-22	2,32	90,0	0,0	0,0
21-23	2,32	90,0	0,0	0,0
22-24	2,32	90,0	0,0	0,0
23-25	2,32	90,0	0,0	0,0

24-26	2,32	90,0	0,0	0,0
25-27	2,32	90,0	0,0	0,0
77-83	1,50	0,0	0,0	0,0
78-84	1,50	0,0	0,0	0,0
79-85	1,50	0,0	0,0	0,0
80-86	1,50	0,0	0,0	0,0
81-87	1,50	0,0	0,0	0,0
82-88	1,50	0,0	0,0	0,0
77-78	2,32	90,0	0,0	0,0
83-84	2,32	90,0	0,0	0,0
78-79	2,32	90,0	0,0	0,0
84-85	2,32	90,0	0,0	0,0
79-80	2,32	90,0	0,0	0,0
85-86	2,32	90,0	0,0	0,0
80-81	2,32	90,0	0,0	0,0
86-87	2,32	90,0	0,0	0,0
81-82	2,32	90,0	0,0	0,0
87-88	2,32	90,0	0,0	0,0
0-77	6,35	0,0	90,0	-90,0
77-14	1,59	0,0	90,0	-90,0

2-78	6,35	0,0	90,0	-90,0
78-16	1,59	0,0	90,0	-90,0
4-79	6,35	0,0	90,0	-90,0
79-18	1,59	0,0	90,0	-90,0
6-80	6,35	0,0	90,0	-90,0
80-20	1,59	0,0	90,0	-90,0
8-81	6,35	0,0	90,0	-90,0
81-22	1,59	0,0	90,0	-90,0
10-82	6,35	0,0	90,0	-90,0
82-24	1,59	0,0	90,0	-90,0
83-89	2,00	0,0	0,0	0,0
84-90	2,00	0,0	0,0	0,0
85-91	2,00	0,0	0,0	0,0
86-92	2,00	0,0	0,0	0,0
87-93	2,00	0,0	0,0	0,0
88-94	2,00	0,0	0,0	0,0
89-90	2,32	90,0	0,0	0,0
90-91	2,32	90,0	0,0	0,0
91-92	2,32	90,0	0,0	0,0
92-93	2,32	90,0	0,0	0,0

93-94	2,32	90,0	0,0	0,0
89-95	1,50	0,0	0,0	0,0
90-96	1,50	0,0	0,0	0,0
91-97	1,50	0,0	0,0	0,0
92-98	1,50	0,0	0,0	0,0
93-99	1,50	0,0	0,0	0,0
94-100	1,50	0,0	0,0	0,0
95-96	2,32	90,0	0,0	0,0
96-97	2,32	90,0	0,0	0,0
97-98	2,32	90,0	0,0	0,0
98-99	2,32	90,0	0,0	0,0
99-100	2,32	90,0	0,0	0,0
1-95	6,35	0,0	90,0	90,0
95-15	1,59	0,0	90,0	90,0
3-96	6,35	0,0	90,0	90,0
96-17	1,59	0,0	90,0	90,0
5-97	6,35	0,0	90,0	90,0
97-19	1,59	0,0	90,0	90,0
7-98	6,35	0,0	90,0	90,0
98-21	1,59	0,0	90,0	90,0

9-99	6,35	0,0	90,0	90,0
99-23	1,59	0,0	90,0	90,0
11-100	6,35	0,0	90,0	90,0
100-25	1,59	0,0	90,0	90,0
83-107	2,50	0,0	90,0	0,0
101-83	6,35	0,0	90,0	0,0
14-28	0,88	0,0	90,0	-90,0
15-29	0,88	0,0	90,0	90,0
16-30	0,88	0,0	90,0	-90,0
89-114	2,50	0,0	90,0	0,0
108-89	6,35	0,0	90,0	0,0
17-31	0,88	0,0	90,0	90,0
18-32	0,88	0,0	90,0	-90,0
19-33	0,88	0,0	90,0	90,0
20-34	0,88	0,0	90,0	-90,0
21-35	0,88	0,0	90,0	90,0
12-117	6,35	0,0	90,0	-90,0
117-26	1,59	0,0	90,0	-90,0
115-116	6,35	0,0	90,0	0,0
117-116	1,50	0,0	0,0	0,0

116-118	2,50	0,0	90,0	0,0
22-36	0,88	0,0	90,0	-90,0
23-37	0,88	0,0	90,0	90,0
24-38	0,88	0,0	90,0	-90,0
25-39	0,88	0,0	90,0	90,0
26-40	0,88	0,0	90,0	-90,0
27-41	0,88	0,0	90,0	90,0
13-121	6,35	0,0	90,0	90,0
121-27	1,59	0,0	90,0	90,0
119-120	6,35	0,0	90,0	0,0
120-121	1,50	0,0	0,0	0,0
120-122	2,50	0,0	90,0	0,0
116-120	2,00	0,0	0,0	0,0
28-42	1,18	0,0	1,0	180,0
29-43	1,18	0,0	1,0	180,0
30-44	1,18	0,0	1,0	180,0
31-45	1,18	0,0	1,0	180,0
32-46	1,18	0,0	1,0	180,0
123-125	2,32	90,0	0,0	-1,0
126-124	2,32	-90,0	0,0	-1,0

125-127	2,32	90,0	0,0	-1,0
128-126	2,32	-90,0	0,0	-1,0
127-129	2,32	90,0	0,0	-1,0
130-128	2,32	-90,0	0,0	-1,0
33-47	1,18	0,0	1,0	180,0
34-48	1,18	0,0	1,0	180,0
35-49	1,18	0,0	1,0	180,0
36-50	1,18	0,0	1,0	180,0
37-51	1,18	0,0	1,0	180,0
38-52	1,18	0,0	1,0	180,0
39-53	1,18	0,0	1,0	180,0
40-54	1,18	0,0	1,0	180,0
41-55	1,18	0,0	1,0	180,0
42-107	0,33	0,0	1,0	180,0
129-131	2,32	90,0	0,0	-1,0
132-130	2,32	-90,0	0,0	-1,0
131-133	2,32	90,0	0,0	-1,0
134-132	2,32	-90,0	0,0	-1,0
133-135	2,32	90,0	0,0	-1,0
136-134	2,32	-90,0	0,0	-1,0

137-139	2,32	90,0	0,0	-1,0
140-138	2,32	-90,0	0,0	-1,0
107-56	0,85	0,0	1,0	180,0
43-114	0,33	0,0	1,0	180,0
114-57	0,85	0,0	1,0	180,0
44-58	1,18	0,0	1,0	180,0
45-59	1,18	0,0	1,0	180,0
46-60	1,18	0,0	1,0	180,0
47-61	1,18	0,0	1,0	180,0
48-62	1,18	0,0	1,0	180,0
49-63	1,18	0,0	1,0	180,0
50-64	1,18	0,0	1,0	180,0
51-65	1,18	0,0	1,0	180,0
139-141	2,32	90,0	0,0	-1,0
142-140	2,32	-90,0	0,0	-1,0
141-143	2,32	90,0	0,0	-1,0
144-142	2,32	-90,0	0,0	-1,0
143-145	2,32	90,0	0,0	-1,0
146-144	2,32	-90,0	0,0	-1,0
145-147	2,32	90,0	0,0	-1,0

52-66	1,18	0,0	1,0	180,0
53-67	1,18	0,0	1,0	180,0
54-118	0,33	0,0	1,0	180,0
118-68	0,85	0,0	1,0	180,0
55-122	0,33	0,0	1,0	180,0
122-69	0,85	0,0	1,0	180,0
56-70	0,15	0,0	1,0	180,0
57-70	0,15	0,0	1,0	180,0
58-71	0,15	0,0	1,0	180,0
59-71	0,15	0,0	1,0	180,0
60-72	0,15	0,0	1,0	180,0
61-72	0,15	0,0	1,0	180,0

6.16. Sección

SECCION						
Barra	Familia	Serie	Área (cm ²)	Ix' (cm ⁴)	Iy' (cm ⁴)	J (cm ⁴)
148-146	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
147-149	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00

150-148	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
151-153	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
154-152	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
153-155	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
156-154	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
62-73	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
63-73	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
64-74	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
65-74	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
66-75	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
67-75	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
68-76	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
69-76	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
155-157	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
158-156	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
157-159	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
160-158	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
159-161	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
162-160	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00

161-163	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
164-162	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
14-16	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
15-17	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
16-18	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
17-19	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
18-20	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
19-21	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
20-22	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
21-23	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
22-24	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
23-25	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
24-26	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
25-27	Tubo RECTANGULAR	120-100-5	20,10	412,00	311,00	583,00
77-83	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
78-84	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
79-85	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
80-86	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
81-87	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00

82-88	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
77-78	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
83-84	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
78-79	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
84-85	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
79-80	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
85-86	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
80-81	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
86-87	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
81-82	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
87-88	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
0-77	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
77-14	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
2-78	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
78-16	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
4-79	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
79-18	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
6-80	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
80-20	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00

8-81	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
81-22	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
10-82	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
82-24	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
83-89	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
84-90	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
85-91	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
86-92	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
87-93	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
88-94	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
89-90	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
90-91	Perfiles IPE	IPE-80	7,64	80,10	8,49	0,72
91-92	Perfiles IPE	IPE-80	7,64	80,10	8,49	0,72
92-93	Perfiles IPE	IPE-80	7,64	80,10	8,49	0,72
93-94	Perfiles IPE	IPE-80	7,64	80,10	8,49	0,72
89-95	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
90-96	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
91-97	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
92-98	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00

93-99	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
94-100	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
95-96	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
96-97	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
97-98	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
98-99	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
99-100	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
1-95	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
95-15	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
3-96	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
96-17	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
5-97	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
97-19	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
7-98	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
98-21	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
9-99	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
99-23	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
11-100	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
100-25	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00

83-107	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
101-83	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
14-28	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
15-29	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
16-30	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
89-114	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
108-89	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
17-31	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
18-32	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
19-33	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
20-34	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
21-35	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
12-117	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
117-26	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
115-116	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
117-116	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
116-118	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
22-36	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
23-37	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00

24-38	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
25-39	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
26-40	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
27-41	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
13-121	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
121-27	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
119-120	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
120-121	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
120-122	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
116-120	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
28-42	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
29-43	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
30-44	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
31-45	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
32-46	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
123-125	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
126-124	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
125-127	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
128-126	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00

127-129	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
130-128	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
33-47	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
34-48	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
35-49	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
36-50	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
37-51	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
38-52	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
39-53	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
40-54	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
41-55	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
42-107	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
129-131	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
132-130	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
131-133	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
134-132	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
133-135	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
136-134	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
137-139	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00

140-138	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
107-56	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
43-114	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
114-57	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
44-58	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
45-59	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
46-60	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
47-61	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
48-62	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
49-63	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
50-64	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
51-65	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
139-141	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
142-140	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
141-143	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
144-142	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
143-145	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
146-144	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00
145-147	Tubo RECTANGULAR	120-60-5	16,10	279,00	94,00	241,00

52-66	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
53-67	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
54-118	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
118-68	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
55-122	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
122-69	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
56-70	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
57-70	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
58-71	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
59-71	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
60-72	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00
61-72	Tubo RECTANGULAR	120-80-5	18,10	345,00	184,00	402,00

7. Pilar Exterior

7.1. *Desplazamientos horizontales totales*

Los mayores desplazamientos horizontales totales (relativos a la cota cero) se producen en el nudo 121 de la barra EC 13-121, con perfil 120-80-5 y para la hipótesis de trabajo H4-CG0:

$$\delta_{ht} = 0,4 \text{ mm} < 6.350,0/150=42,3 \text{ mm} = \delta_{MAX}$$

7.2. Desplazamientos horizontales por planta

Los mayores desplazamientos horizontales por planta (relativos al nivel de planta) se producen en el nudo 121 de la barra EC 13-121, con perfil 120-80-5 y para la hipótesis de trabajo H4-CG0.

$$\delta_{hp} = 0,4 \text{ mm} < 6.350,0/150=42,3 \text{ mm} = \delta_{MAX}$$

7.3. Agotamiento de secciones por plastificación

La sección sometida a mayores tensiones se encuentra a 0,000 m del origen de la barra 26-40, con perfil 120-80-5 y para la combinación de hipótesis H2-CG0. El punto más solicitado es el de coordenadas locales $x'=40,0$ $y'=0,0$, donde la tensión normal alcanza $-2,3 \text{ N/mm}^2$ y la tensión tangencial $-0,1 \text{ N/mm}^2$.

$$\sigma_{VM} = 2,3 \text{ N/mm}^2 < 260,0 \text{ N/mm}^2 = \sigma_u$$

7.4. Pandeo por compresión y flexión

La barra más desfavorable en cuanto a pandeo por compresión y flexión es la de referencia 1-95. Se trata de una sección del tipo 120-80-5, con simetría doble o puntual y con arriostramientos que impiden el desplazamiento en el plano definido por la directriz y el eje x' :

Coeficiente de esbeltez plano normal al eje $x' = Bx \ 0,64$
Esbeltez mecánica plano normal al eje $x' = Lmbx \ 92,9$
Coeficiente de pandeo para la esbeltez anterior $w \ 1,81$

En la sección situada a 1,905 m del origen de la barra los esfuerzos resultantes para la combinación de hipótesis H1-CG1 son:

Esfuerzo normal ponderado = N 2,3 kN
Momento flector ponderado eje x' = Mx 0,003 kN·m

Comprobación de pandeo según el plano perpendicular al eje x':

$$\sigma = 2,3 \text{ N/mm}^2 < 260,0 \text{ N/mm}^2 = \sigma_u$$

7.5. Esbeltez en el plano perpendicular al eje x'

La barra de mayor esbeltez es la de referencia 13-121, con perfil 120-80-5 y para la combinación de hipótesis H1-CG0. Considerando una longitud real de 6,350 m, y teniendo en cuenta las coacciones en los extremos y la inercia de las barras contiguas, se obtiene un coeficiente de esbeltez $\beta = 1,00$.

$$\lambda = 145,6 < 200 = \lambda_{MAX}$$

8. Pilar Interior

8.1. Desplazamientos horizontales totales

Los mayores desplazamientos horizontales totales (relativos a la cota cero) se producen en el nudo 100 de la barra EC 11-100, con perfil 120-80-5 y para la hipótesis de trabajo H4-CG0:

$$\delta_{ht} = 0,4 \text{ mm} < 6.350,0/150=42,3 \text{ mm} = \delta_{MAX}$$

8.2. Desplazamientos horizontales por planta

Los mayores desplazamientos horizontales por planta (relativos al nivel de planta) se producen en el nudo 100 de la barra EC 11-100, con perfil 120-80-5 y para la hipótesis de trabajo H4-CG0.

$$\delta_{hp} = 0,4 \text{ mm} < 6.350,0/150=42,3 \text{ mm} = \delta_{MAX}$$

8.3. Agotamiento de secciones por plastificación

La sección sometida a mayores tensiones se encuentra a 0,000 m del origen de la barra 80-20, con perfil 120-80-5 y para la combinación de hipótesis H2-CG0. El punto más solicitado es el de coordenadas locales $x'=0,0$ y $y'=60,0$, donde la tensión normal alcanza $-38,7 \text{ N/mm}^2$ y la tensión tangencial $-0,2 \text{ N/mm}^2$.

$$\sigma_{VM} = 38,7 \text{ N/mm}^2 < 260,0 \text{ N/mm}^2 = \sigma_u$$

8.4. Pandeo por compresión y flexión

La barra más desfavorable en cuanto a pandeo por compresión y flexión es la de referencia 80-20. Se trata de una sección del tipo 120-80-5, con simetría doble o puntual y con arriostramientos que impiden el desplazamiento en el plano definido por la directriz y el eje x' :

Coeficiente de esbeltez plano normal al eje $x' = Bx \quad 0,90$
Esbeltez mecánica plano normal al eje $x' = Lmbx \quad 32,9$
Coeficiente de pandeo para la esbeltez anterior $w \quad 1,05$

En la sección situada a 0,794 m del origen de la barra los esfuerzos resultantes para la combinación de hipótesis H2-CG2 son:

Esfuerzo normal ponderado = N 3,3 kN
Momento flector ponderado eje $x' = Mx \quad 0,876 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Comprobación de pandeo según el plano perpendicular al eje x' :

$$\sigma = 17,1 \text{ N/mm}^2 < 260,0 \text{ N/mm}^2 = \sigma_u$$

8.5. Esbeltez en el plano perpendicular al eje x'

La barra de mayor esbeltez es la de referencia 2-78, con perfil 120-80-5 y para la combinación de hipótesis H1-CG0. Considerando una longitud real de 6,350 m, y teniendo en cuenta las coacciones en los extremos y la inercia de las barras contiguas, se obtiene un coeficiente de esbeltez $\beta = 1,00$.

$$\lambda = 145,6 < 200 = \lambda_{MAX}$$

9. Correa

9.1. Deformaciones locales

Las mayores deformaciones locales (sin contabilizar los desplazamientos en los nudos) se producen a 1,160 m del origen de la barra 161-163, con perfil 120-60-5 y para la hipótesis de trabajo H4-CG1.

$$\delta_l = 0,2 \text{ mm} < 2.320,0/250 = 9,3 \text{ mm} = \delta_{MAX}$$

9.2. Agotamiento de secciones por plastificación

La sección sometida a mayores tensiones se encuentra a 0,928 m del origen de la barra 161-163, con perfil 120-60-5 y para la combinación de hipótesis H1-CG1. El punto más solicitado es el de coordenadas locales $x'=0,0$ y' $=-60,0$, donde la tensión normal alcanza $6,3 \text{ N/mm}^2$ y la tensión tangencial $0,0 \text{ N/mm}^2$.

$$\sigma_{VM} = 6,3 \text{ N/mm}^2 < 240,0 \text{ N/mm}^2 = \sigma_u$$

10. Dintel

10.1. *Deformaciones totales*

Las mayores deformaciones totales (deformaciones locales más los desplazamientos en los nudos) se producen a 0,150 m del origen de la barra 62-73, con perfil 120-80-5 y para la hipótesis de trabajo H4-CG1.

$$\delta_t = 3,2 \text{ mm} < 5.000,8/250=20,0 \text{ mm} = \delta_{MAX}$$

10.2. *Deformaciones locales*

Las mayores deformaciones locales (sin contabilizar los desplazamientos en los nudos) se producen a 0,588 m del origen de la barra 48-62, con perfil 120-80-5 y para la hipótesis de trabajo H4-CG1.

$$\delta_l = 0,2 \text{ mm} < 1.175,2/250=4,7 \text{ mm} = \delta_{MAX}$$

10.3. *Agotamiento de secciones por plastificación*

La sección sometida a mayores tensiones se encuentra a 1,175 m del origen de la barra 33-47, con perfil 120-80-5 y para la combinación de hipótesis H2-CG0. El punto más solicitado es el de coordenadas locales $x'=0,0$ y $y'=60,0$, donde la tensión normal alcanza $-32,4 \text{ N/mm}^2$ y la tensión tangencial $-0,1 \text{ N/mm}^2$.

$$\sigma_{VM} = 32,4 \text{ N/mm}^2 < 260,0 \text{ N/mm}^2 = \sigma_u$$

10.4. Pandeo por compresión y flexión

La barra más desfavorable en cuanto a pandeo por compresión y flexión es la de referencia 48-62. Se trata de una sección del tipo 120-80-5, con simetría doble o puntual y con arriostramientos que impiden el desplazamiento en el plano definido por la directriz y el eje x' :

Coefficiente de esbeltez plano normal al eje $x' = Bx = 1,00$
Esbeltez mecánica plano normal al eje $x' = Lmbx = 26,9$
Coeficiente de pandeo para la esbeltez anterior $w = 1,03$

En la sección situada a 1,175 m del origen de la barra los esfuerzos resultantes para la combinación de hipótesis H1-CG1 son:

Esfuerzo normal ponderado = $N = 1,0 \text{ kN}$
Momento flector ponderado eje $x' = Mx = 1,627 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Comprobación de pandeo según el plano perpendicular al eje x' :

$$\sigma = 28,8 \text{ N/mm}^2 < 260,0 \text{ N/mm}^2 = \sigma_u$$

10.5. Esbeltez en el plano perpendicular al eje x'

La barra de mayor esbeltez es la de referencia 47-61, con perfil 120-80-5 y para la combinación de hipótesis H1-CG0. Considerando una longitud real de 1,175 m, y teniendo en cuenta las coacciones en los extremos y la inercia de las barras contiguas, se obtiene un coeficiente de esbeltez $\beta = 1,00$.

$$\lambda = 27,0 < 200 = \lambda_{MAX}$$

11. Entramado Lateral

11.1. *Deformaciones locales*

Las mayores deformaciones locales (sin contabilizar los desplazamientos en los nudos) se producen a 0,928 m del origen de la barra 25-27, con perfil 120-100-5 y para la hipótesis de trabajo H4-CG1.

$$\delta_l = 0,0 \text{ mm} < 2.320,0/250=9,3 \text{ mm} = \delta_{MAX}$$

11.2. *Pandeo por compresión y flexión*

La barra más desfavorable en cuanto a pandeo por compresión y flexión es la de referencia 18-20. Se trata de una sección del tipo 120-100-5, con simetría doble o puntual y con arriostramientos que impiden el desplazamiento en el plano definido por la directriz y el eje x':

Coefficiente de esbeltez plano normal al eje x' = λ_x 0,79
Esbeltez mecánica plano normal al eje x' = λ_{mx} 40,5
Coeficiente de pandeo para la esbeltez anterior w 1,08

En la sección situada a 2,320 m del origen de la barra los esfuerzos resultantes para la combinación de hipótesis H2-CG2 son:

Esfuerzo normal ponderado = N 0,1 kN
Momento flector ponderado eje x' = M_x 0,134 kN·m

Comprobación de pandeo según el plano perpendicular al eje x':

$$\sigma = 2,0 \text{ N/mm}^2 < 260,0 \text{ N/mm}^2 = \sigma_u$$

11.3. Esbeltez en el plano perpendicular al eje x'

La barra de mayor esbeltez es la de referencia 25-27, con perfil 120-100-5 y para la combinación de hipótesis H1-CG0. Considerando una longitud real de 2,320 m, y teniendo en cuenta las coacciones en los extremos y la inercia de las barras contiguas, se obtiene un coeficiente de esbeltez $\beta= 1,00$.

$$\lambda = 51,3 < 200 = \lambda_{MAX}$$

ANEXO 8: Coeficientes de seguridad EHE para la estructura del foso de aspiración

CARGAS									
Barra	Grupo carga	Dist. origen (m)	Long. (m)	$F_{X(1)}$	$F_{Y(1)}$	$F_{Z(1)}$	$M_{X(2)}$	$M_{Y(2)}$	$M_{Z(2)}$
45-46	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,96	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,96	0,00	0,00	-0,55	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,96	0,00	0,00	-0,50	0,00	0,00	0,00
46-47	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,55	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,50	0,00	0,00	0,00
24-28	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,78	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
25-29	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,78	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
26-30	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,78	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
27-31	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,78	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
28-32	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
29-33	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
30-34	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
31-35	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
32-36	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00

33-37	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
34-38	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
35-39	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
36-40	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
37-41	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
38-42	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
39-43	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,77	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
40-44	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,78	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
41-45	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,78	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
42-46	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,78	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
43-47	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	2,78	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
1-25	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00
2-26	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00
5-29	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00
6-30	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00
9-33	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00
10-34	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00
13-37	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00
14-38	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00
17-41	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00

18-42	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00
21-45	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00
22-46	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,45	0,00	0,00	-0,12	0,00	0,00	0,00
24-25	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,55	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,50	0,00	0,00	0,00
25-26	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,96	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,96	0,00	0,00	-0,55	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,96	0,00	0,00	-0,50	0,00	0,00	0,00
26-27	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,55	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,50	0,00	0,00	0,00
28-29	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
29-30	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,96	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,96	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,96	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
30-31	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00

	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
32-33	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
33-34	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,96	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,96	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,96	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
34-35	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
36-37	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
37-38	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,96	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,96	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,96	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
38-39	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
40-41	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00

	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
41-42	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,96	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,96	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,96	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
42-43	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,10	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
44-45	<i>Peso Propio (elemento)</i>	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,13	0,00	0,00	0,00
	Carga Gravitatoria	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,55	0,00	0,00	0,00
	Sobrecarga de Uso	0,00	1,57	0,00	0,00	-0,50	0,00	0,00	0,00

ANEXO 9: FICHAS TÉCNICAS

1. Ficha técnica del alcohol isopropílico

❖ **Descripción:**

PROPAN-2-OL

2-Propanol

Alcohol isopropílico


Isopropanol

C₃H₈O/(CH₃)₂CHOH

Masa molecular: 60.1

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	Evitar llama abierta, NO producir chispas y NO fumar.	Polvos, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones por pulverización con agua.
EXPOSICION			
INHALACION	Dolor de garganta, tos, dolor de cabeza, náusea, vómitos, vértigo, somnolencia.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y someter a atención médica.

PIEL	Enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua.
OJOS	Dolor, enrojecimiento, visión borrosa.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.
INGESTION	Dolor de garganta, vértigo, náusea, vómitos, somnolencia.	No comer, beber ni fumar durante el trabajo.	NO provocar el vómito y someter a atención médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos, absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro.	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes. Mantener en lugar frío; mantener en una habitación bien ventilada.	 <p> símbolo F símbolo Xi R: 11-41-67 S: (2-)7-16-24-26-39 Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II CE </p>

❖ **Datos importantes:**

- Estado físico, aspecto: líquido, incoloro, claro
- Peligros físicos: El vapor se mezcla bien con el aire, se forman fácilmente mezclas explosivas.
- Peligros químicos: Reacciona con oxidantes fuertes.
- Límites de exposición: TLV(como TWA): 400 ppm; 983 mg/m³ (ACGIH 1990-1991). TLV (como STEL):
- Vías de exposición: La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, por inhalación del aerosol y por ingestión.
- Riesgo de inhalación: Por la evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.
- Efectos de exposición de corta duración: La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede tener efectos sobre el sistema nervioso central, dando lugar a depresión. La exposición muy por encima del OEL puede producir pérdida de conocimiento. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.
- Efectos de exposición prolongada o repetida: El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.

❖ **Propiedades físicas:**

- Punto de ebullición: 83°C

- Punto de fusión: -90°C
- Densidad relativa (agua = 1): 0.79
- Solubilidad en agua: miscible
- Presión de vapor, kPa a 20°C: 4.4
- Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.1
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.05
- Punto de inflamación: 11.7°C
- Temperatura de autoignición: 455°C
- Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2-12
- Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: <0.28

❖ **Datos ambientales:** Se aconseja firmemente que el producto entre en contacto con el medio ambiente.

❖ **Nota legal importante:**

Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. La versión española incluye el etiquetado asignado por la clasificación europea, actualizado a la vigésima adaptación de la Directiva 67/548/CEE traspuesta a la legislación española por el Real Decreto 363/95 (BOE 5.6.95).

2. Ficha técnica del etil metil cetona

❖ Descripción

PENTAN-2-ONA
 2-Pentanona
 Metil propil cetona
 Etil acetona
 $\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$
 Masa molecular: 86.1

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar llama abierta, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma resistente al alcohol, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosiones. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones por pulverización con agua.
EXPOSICION			
INHALACION	Somnolencia, pesadez.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo y someter a atención médica.

PIEL	Piel seca, enrojecimiento.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
OJOS	Enrojecimiento, dolor.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después consultar a un médico.
INGESTION	Náusea, vómitos (para mayor información véase Inhalación).	No comer, beber ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca y someter a atención médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Ventilación. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes herméticos; absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verter en el alcantarillado.	A prueba de incendio.	Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II

❖ **Datos importantes:**

- Estado físico; aspecto: Líquido incoloro, con olor característico.

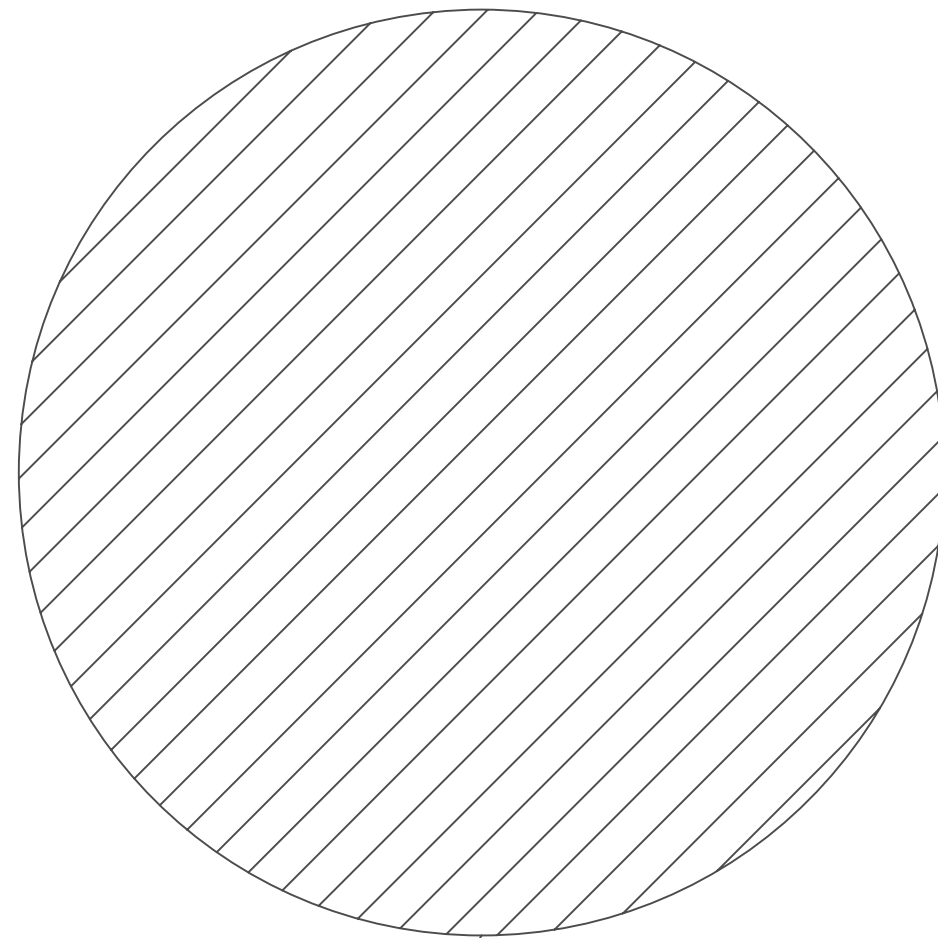
- Peligros físicos: El vapor se mezcla bien con el aire, se forman fácilmente mezclas explosivas.
- Peligros químicos: Puede reaccionar vigorosamente con agentes oxidantes.
- Límites de exposición: TLV (como TWA): 200 ppm; 705 mg/m³(ACGIH 1990-1991). TLV (como STEL): 250 ppm; 881 mg/m³ (ACGIH 1990-1991).
- Vías de exposición: La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión.
- Riesgo de inhalación: Por la evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.
- Efectos de exposición de corta duración: La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La exposición podría causar disminución de la consciencia.
- Efectos de exposición prolongada o repetida: El líquido desengrasa la piel.

❖ Propiedades físicas:

- Punto de ebullición: 102°C
- Punto de fusión: -78°C
- Densidad relativa (agua = 1): 0.8
- Solubilidad en agua: Moderada (4 g/100 ml en 20°C)

- Presión de vapor, kPa a 20°C: 1.6
- Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3.0
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.03
- Punto de inflamación: 7°C (c.c.)°C
- Temperatura de autoignición: 505°C
- Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.5-8.2
- Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.91

DOCUMENTO N° 2:
PLANOS



SITUACION

PROYECTO DE DISEÑO DE UNA CABINA DE PINTURA PARA ELEMENTOS
AERONAUTICOS SITA EN PUERTO REAL (CADIZ)

AUTOR: FERNANDO PEREZ CHAVEZ

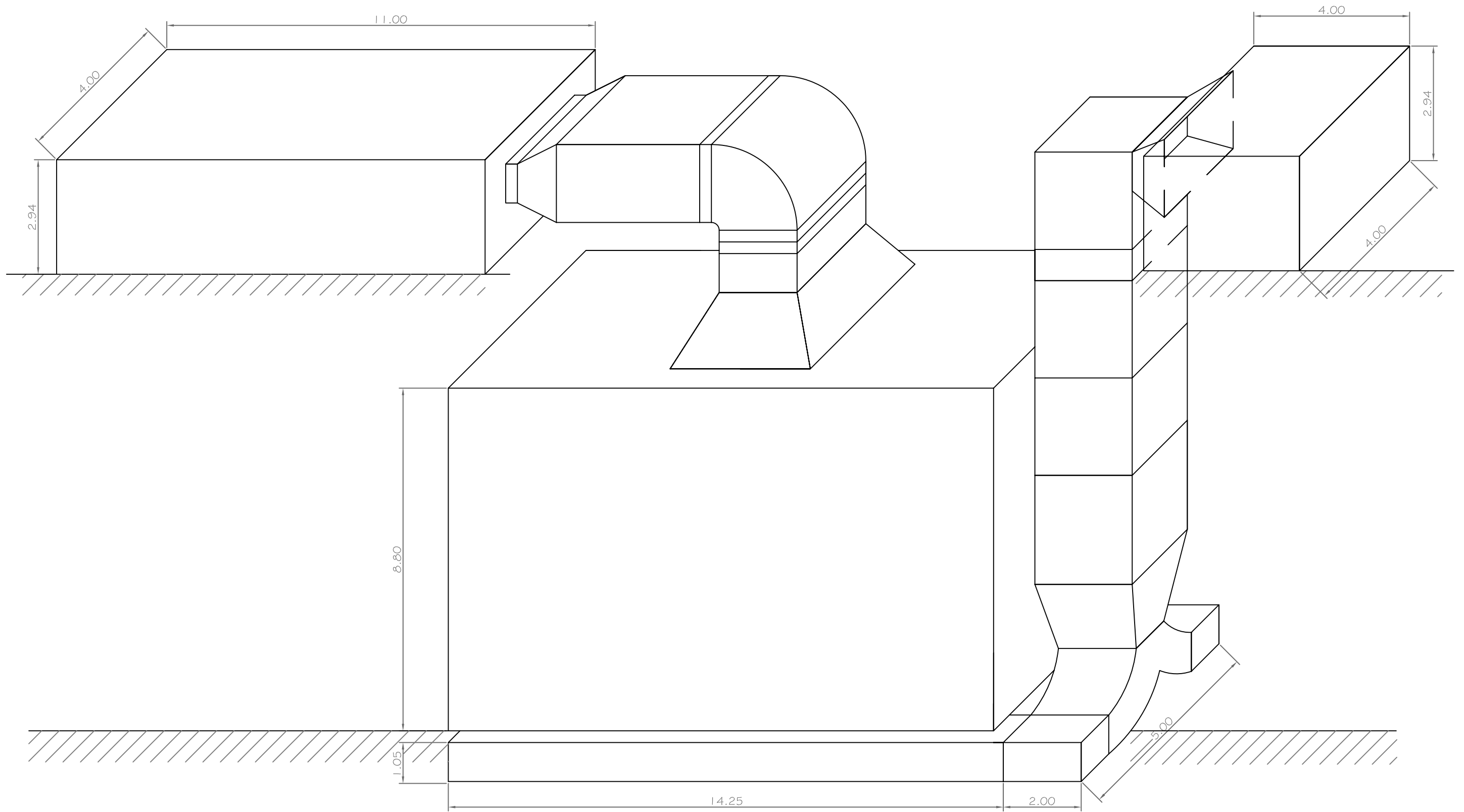
SITUACION

Nº PLANO

1

FECHA: JUNIO 2006

ESCALA: 1/10.000



PROYECTO DE DISEÑO DE UNA CABINA DE PINTURA PARA ELEMENTOS AERONAUTICOS SITA EN PUERTO REAL (CADIZ)

AUTOR: FERNANDO PEREZ CHAVEZ

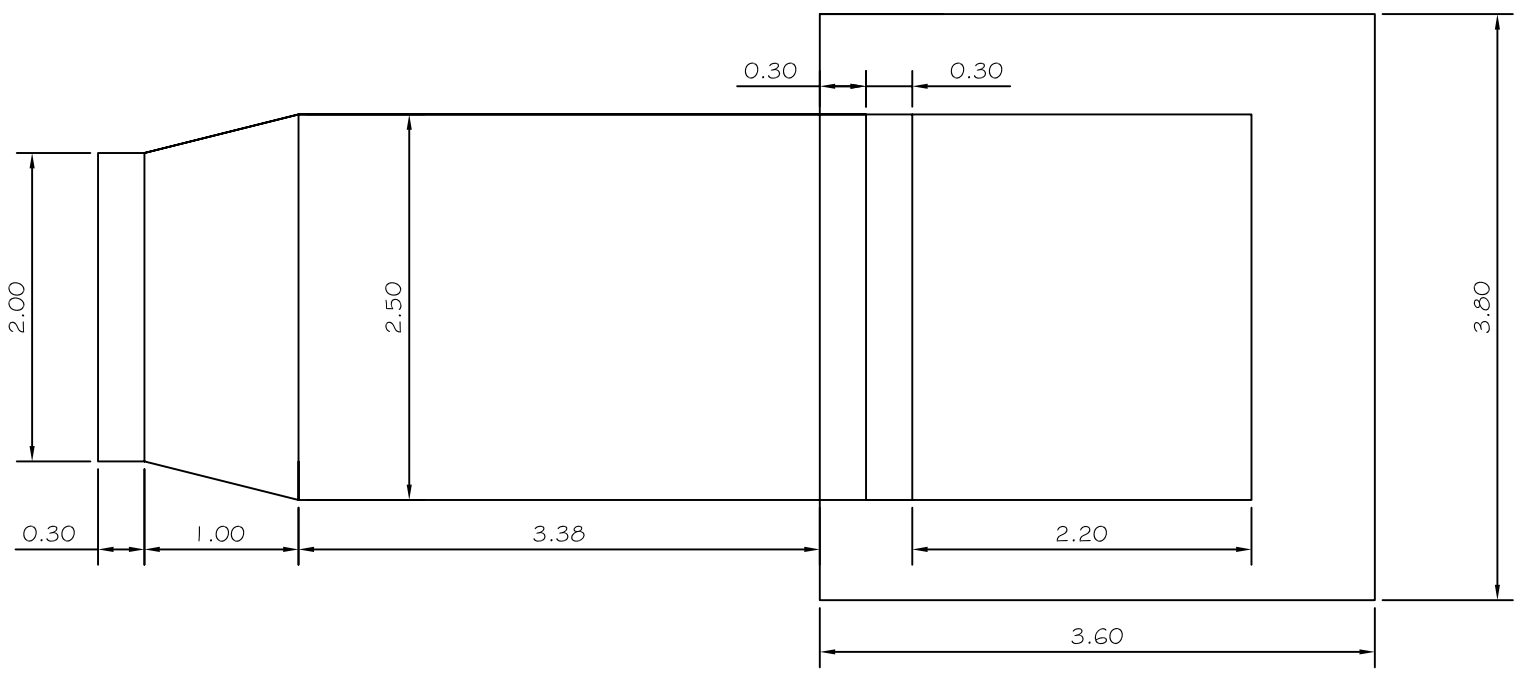
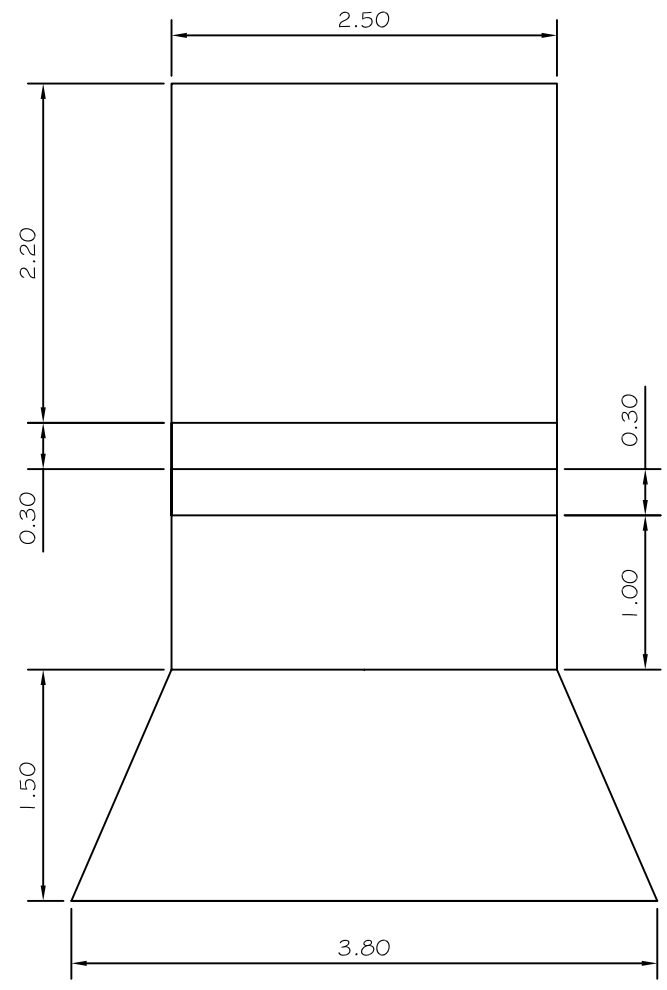
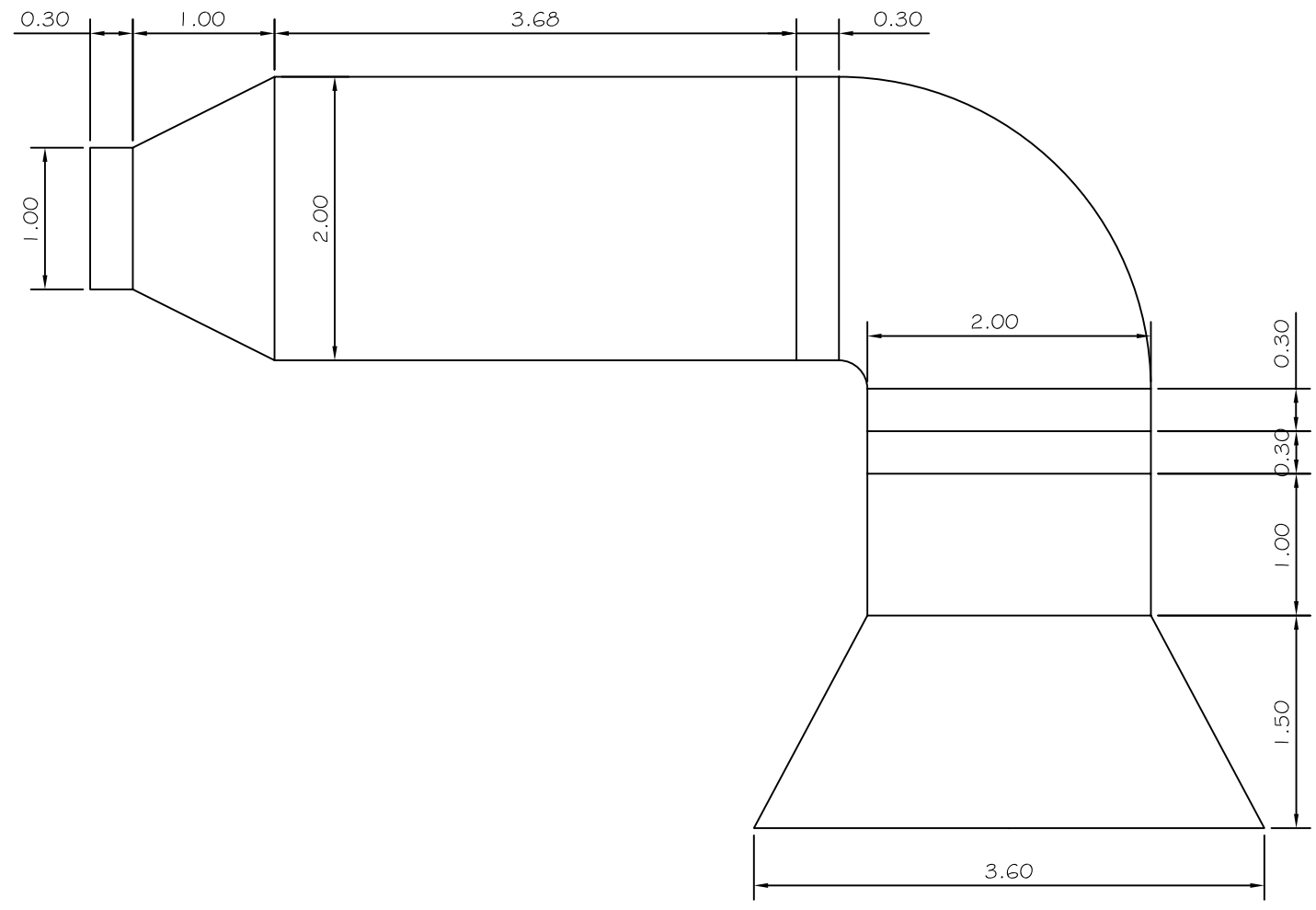
CONJUNTO CABINA DE PINTURA

FECHA: JUNIO 2006

ESCALA: 1/100

Nº PLANO

2



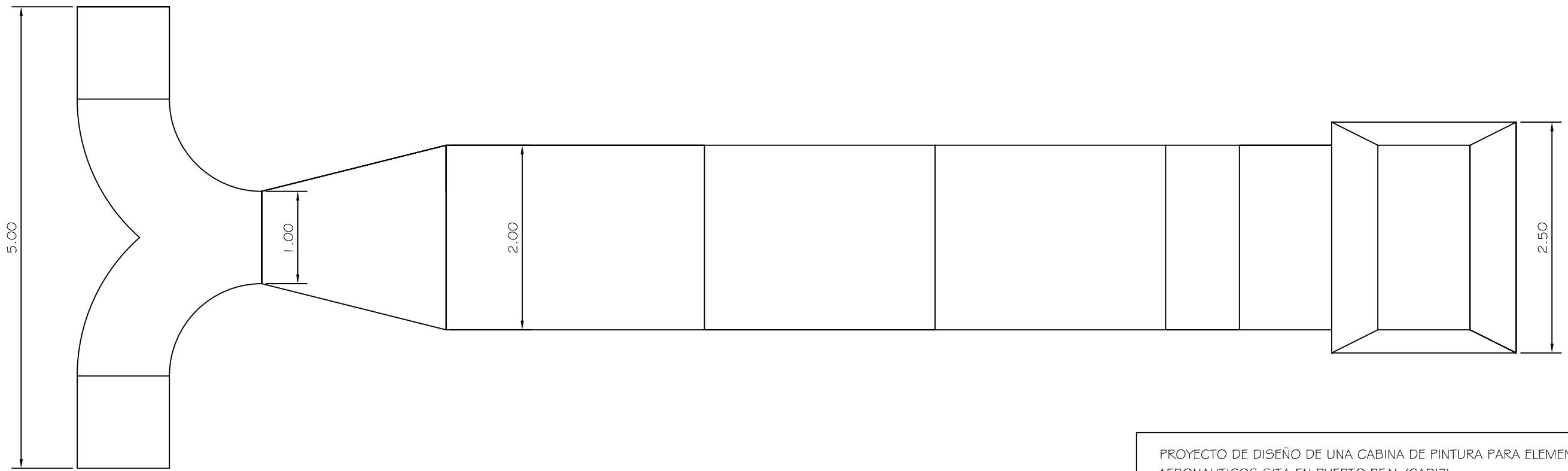
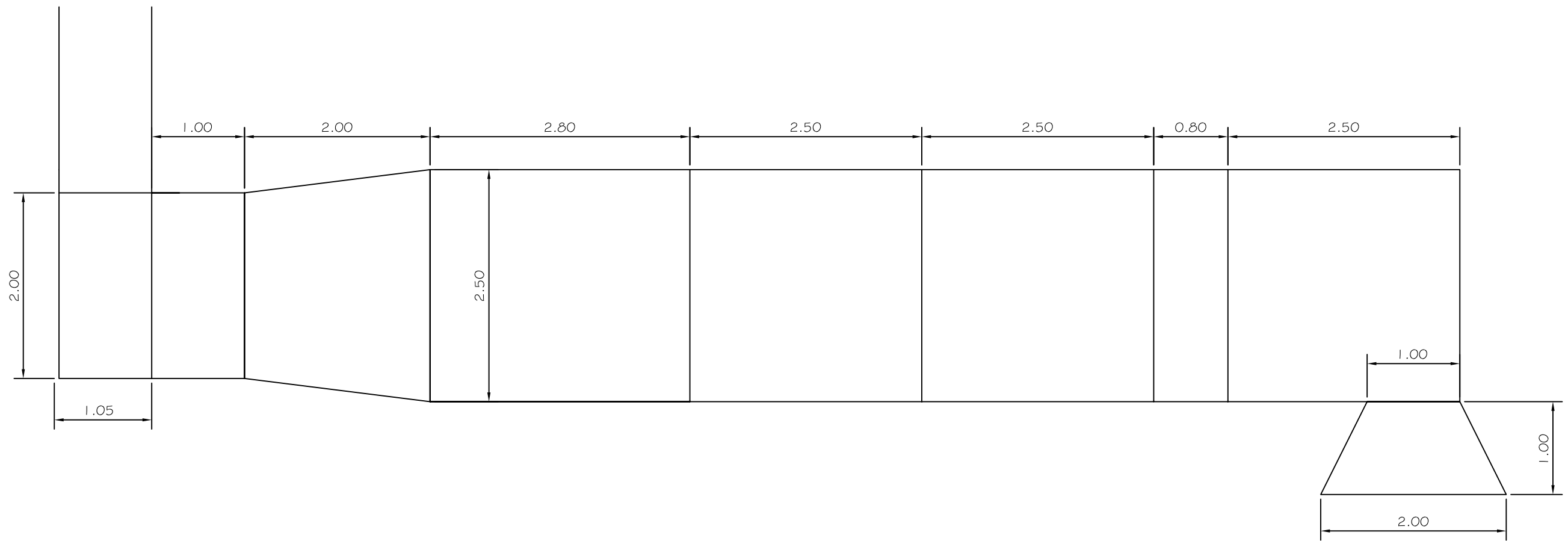
PROYECTO DE DISEÑO DE UNA CABINA DE PINTURA PARA ELEMENTOS AERONAUTICOS SITA EN PUERTO REAL (CADIZ)

AUTOR: FERNANDO PEREZ CHAVEZ

CONDUCTO DE IMPULSION

FECHA: JUNIO 2006 ESCALA: 1/50

Nº PLANO
3



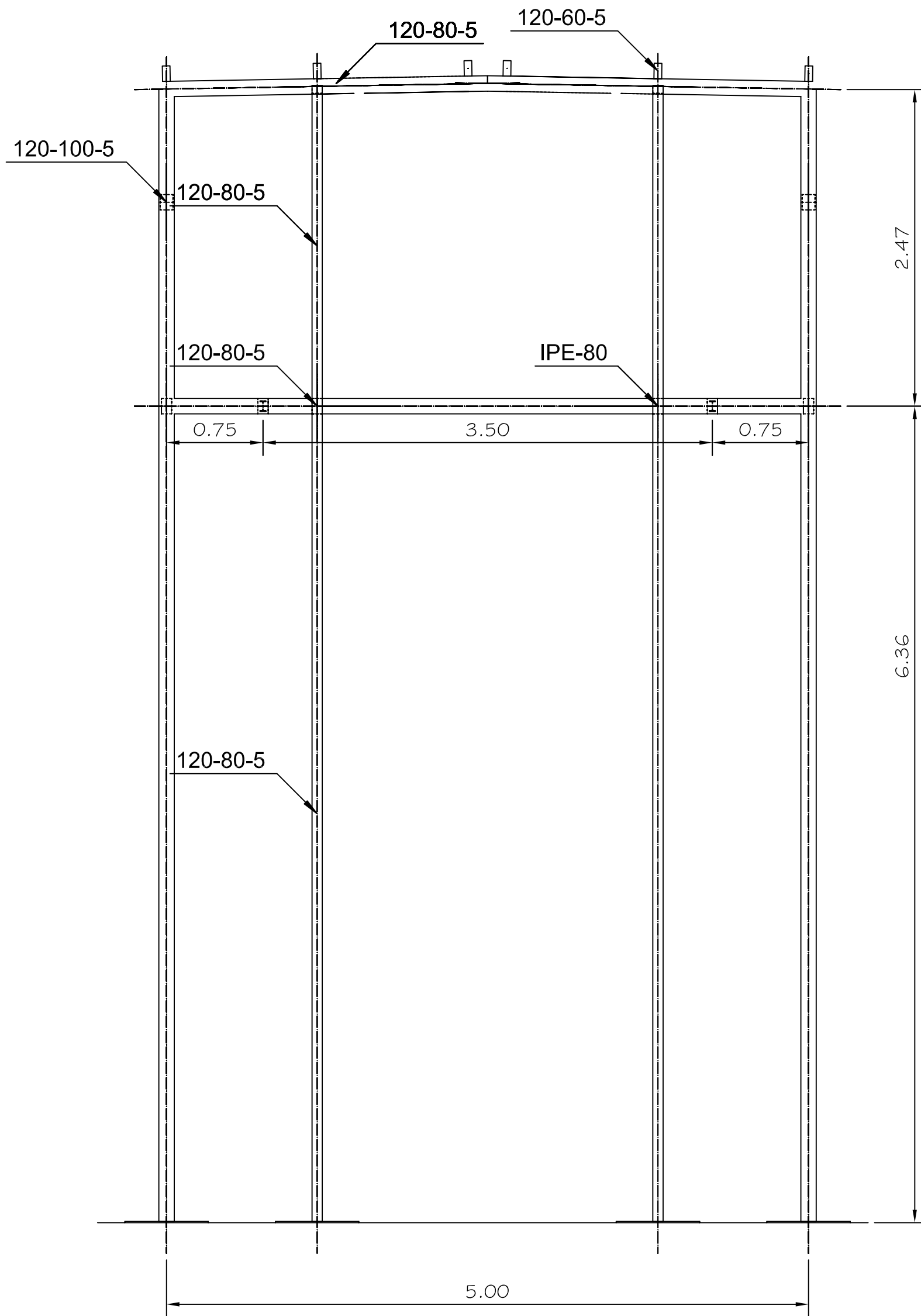
PROYECTO DE DISEÑO DE UNA CABINA DE PINTURA PARA ELEMENTOS AERONAUTICOS SITA EN PUERTO REAL (CADIZ)

AUTOR: FERNANDO PEREZ CHAVEZ

CONDUCTO DE EXTRACCION

FECHA: JUNIO 2006 ESCALA: 1/50

Nº PLANO
4



PROYECTO DE DISEÑO DE UNA CABINA DE PINTURA PARA ELEMENTOS AERONAUTICOS SITA EN PUERTO REAL (CADIZ)

AUTOR: FERNANDO PEREZ CHAVEZ

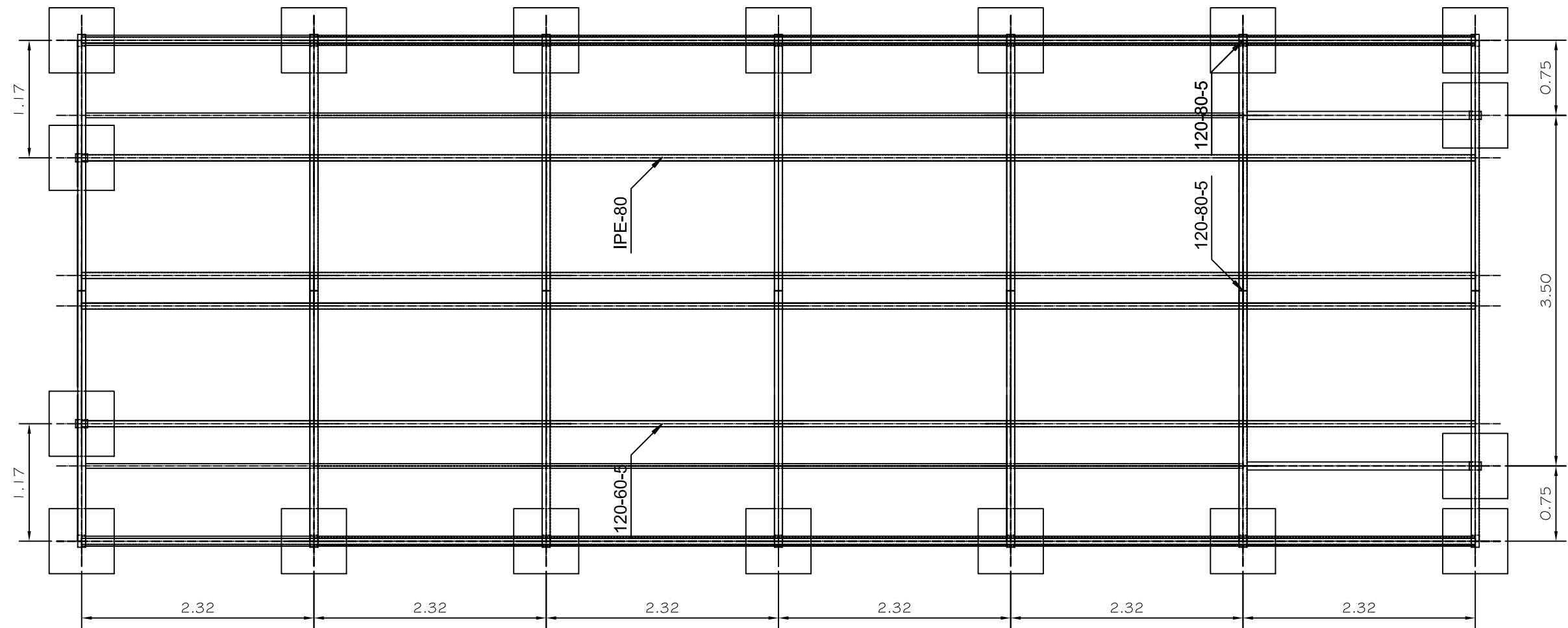
ALZADO CABINA

Nº PLANO

5

FECHA: JUNIO 2006

ESCALA: 1/50



PROYECTO DE DISEÑO DE UNA CABINA DE PINTURA PARA ELEMENTOS AERONAUTICOS SITA EN PUERTO REAL (CADIZ)

AUTOR: FERNANDO PEREZ CHAVEZ

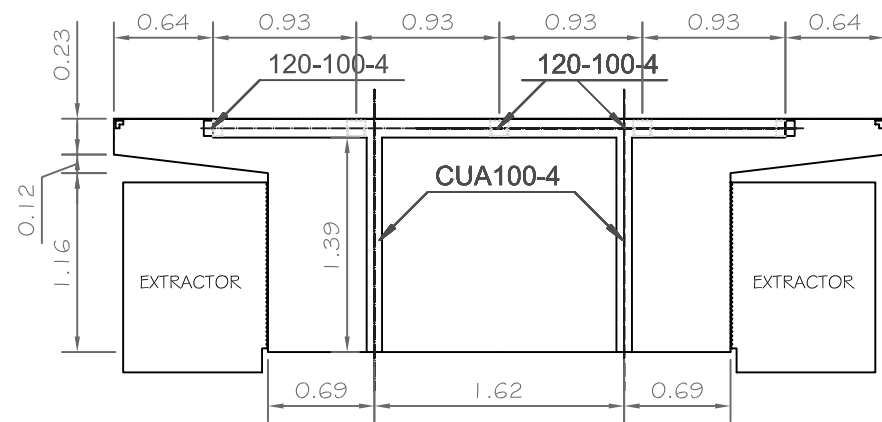
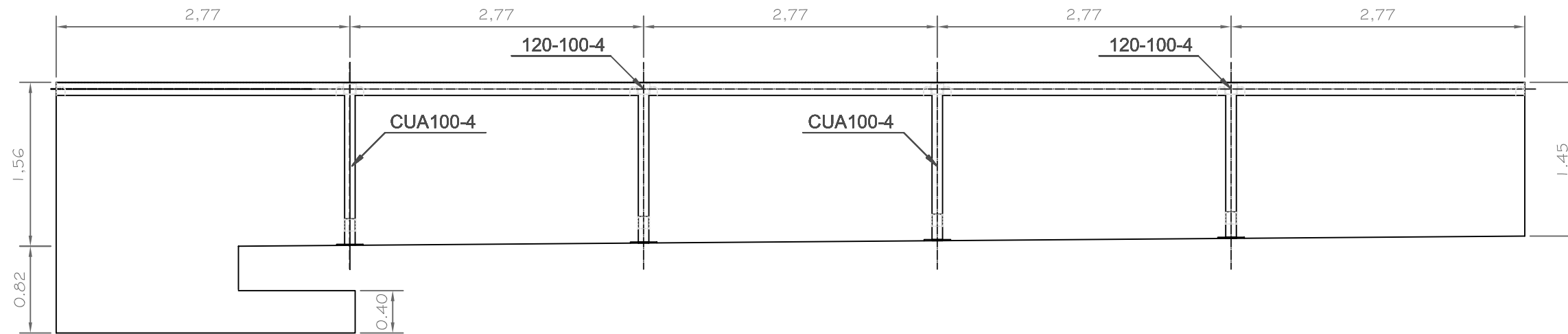
PLANTA CABINA

FECHA: JUNIO 2006

ESCALA: 1/50

Nº PLANO

6



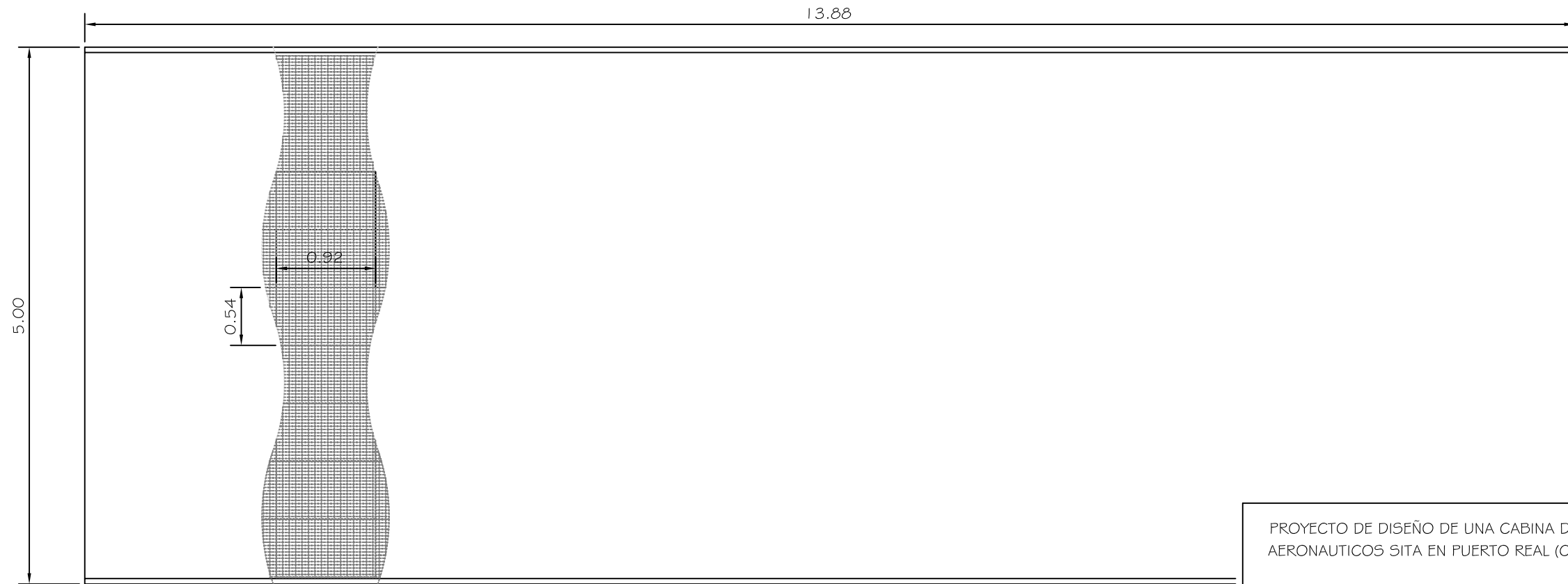
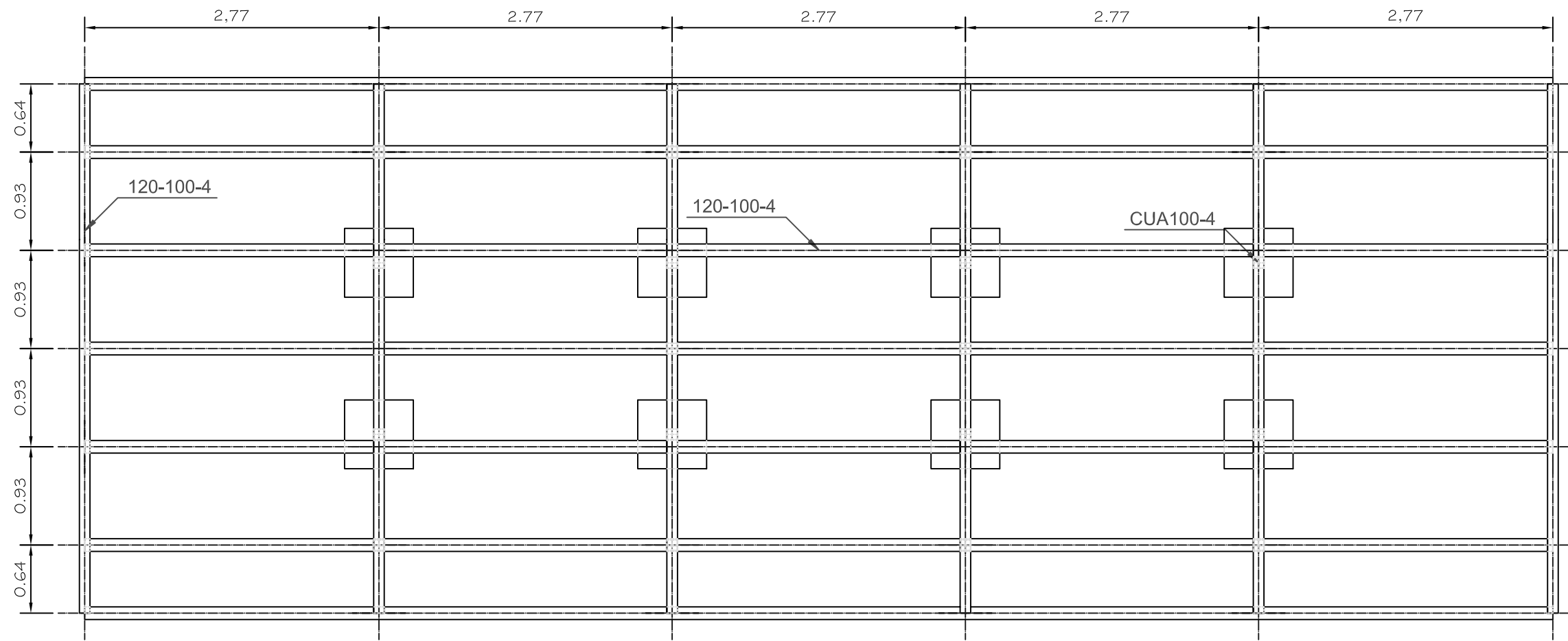
PROYECTO DE DISEÑO DE UNA CABINA DE PINTURA PARA ELEMENTOS AERONAUTICOS SITA EN PUERTO REAL (CADIZ)

AUTOR: FERNANDO PEREZ CHAVEZ

ALZADOS FOSO

N° PLANO
7

FECHA: JUNIO 2006 ESCALA: 1/50



PROYECTO DE DISEÑO DE UNA CABINA DE PINTURA PARA ELEMENTOS AERONAUTICOS SITA EN PUERTO REAL (CADIZ)

AUTOR: FERNANDO PEREZ CHAVEZ

PLANTA FOSO Y DETALLE DE REJILLA FOSO

FECHA: JUNIO 2006

ESCALA: 1/50

Nº PLANO

8

DOCUMENTO N° 3:
PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE DEL PLIEGO DE CONDICIONES

1. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES	293
1.1. Cabina de pintura	293
1.1.1. Características generales	293
1.1.2. Filtros	296
1.1.2.1. Filtros superficie plegada (equipo impulsión)	297
1.1.2.2. Filtros de bolsa (equipo impulsión)	297
1.1.2.3. Filtros de manta (plenum impulsión)	298
1.1.2.4. Filtros papel tipo “Kraft” (foso extracción)	298
1.1.3. Características Equipo de extracción	299
1.1.4. Características Equipo de impulsión	300
1.1.5. Descripción grupo aporte de aire	301
1.1.5.1. Bancada	301
1.1.5.2. Suelo	301
1.1.5.3. Envolvente	302
1.1.5.4. Estructura	302
1.1.5.5. Drenajes	302
1.1.5.6. Puerta de acceso y mantenimiento	303
1.1.5.7. Luminarias	303
1.1.6. Características constructivas de las diferentes secciones del grupo de aporte de aire	303
1.1.6.1. Sección entrada de aire	304
1.1.6.2. Sección filtrado de aire	304
1.1.6.3. Sección calentamiento de aire	305
1.1.6.4. Sección humectación de aire	306
1.1.6.5. Sección impulsión de aire	307
1.1.7. Características constructivas de las diferentes secciones del grupo de extracción de aire	310
1.1.8. Instrumentación y control	310
1.1.8.1. Subsistema de lavado y depuración	310
1.1.8.2. Subsistema de aire	311

1.1.8.3.	Subsistema de temperatura y humedad	311
2.	PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	313
2.1.	Aplicación del pliego, definición de las obras de montaje de la instalación y adjudicación	313
2.2.	Desarrollo del contrato, condiciones económicas y legales	325
2.3.	Desarrollo de las obras. condiciones técnico-económicas	341

1. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

Los equipos utilizados en la fabricación de la cabina de pintura deberán reunir las características y estar contruidos en los materiales que se detallan a continuación.

1.1. *Cabina de pintura*

1.1.1. Características generales

Las dimensiones útiles de la cabina son las expresadas en la tabla adjunta:

Dimensiones (m)		
Longitud	Anchura	Altura
14	5	6,35

La cabina se construirá con una estructura metálica de perfiles tubulares normalizados de acero rectangulares de las siguientes características:

- Perfiles tubulares Correa: 120-60-5
- Perfiles tubulares Dintel: 120-80-5
- Perfiles tubulares Entramado lateral: 120-100-5
- Perfiles tubulares Pilar exterior: 120-80-5

- Perfiles tubulares Pilar interior: 120-80-5

La estructura soporte para las rejillas del foso de aspiración se construirán con una estructura metálica de perfiles tubulares normalizados de acero rectangulares y cuadrados de las siguientes características:

- Perfiles tubulares soporte: 120-100-4
- Perfiles tubulares entramado: 100-100-4

Las paredes de la cabina se construirán con paneles de chapa de 1,5 mm pintados en color según normas C.A.S.A., presentando una superficie lisa por el interior de la cabina.

En ambos laterales se instalaran cristales de seguridad de 3+3 mm del tipo “Stadip”.

A nivel superior de los cristales se instalaran 6 cajones de alumbrado por cada lateral, dotado cada uno de ellos de 6 tubos de iluminación de 58 w, para asegurar un nivel de iluminación será de mínimo 750 lux.

En 3 cajones de alumbrado por cada lado, existirá un tubo equipado con sistema autónomo de emergencia, para 1 hora de autonomía.

En cada lateral, se colocara una puerta de acceso de personal, para comunicar las cabinas entre ellas, construida siguiendo el mismo criterio que los paneles de la cabina, dotada de cristal y cerradura antipánico.

En el frente de la cabina se instalará una puerta corredera de 1.5 m de longitud y 6,35 m de altura, de apertura motorizada mediante motor neumático

situado en el exterior de la cabina. Su construcción será similar a la de la cabina.

El suelo esta formado por rejillas de tipo “Tramex”, dicha rejilla tendrá dimensiones exteriores de 924 x 539 mm, con apertura de malla 60 x 30 mm, pletina portante de 30 x 3 mm. La resistencia de este suelo de rejilla será de 1980 Kg/m².

Los laterales de este foso y el fondo del mismo, estarán dotados de una balsa de agua, para la recogida del “over spray” de la pintura pulverizada y que no sea aspirada por los conductos de extracción. El agua se conducirá a un foso de recogida, común con la cabina de preparación, desde donde será bombeada nuevamente a la cabina después e su filtrado. La bomba será de ejecución vertical, cuerpo y rodete en fundición y eje en acero inoxidable, de las siguientes características:

Caudal (m3/h)	40
Presión (mm.c.a)	15
Motor (KW)	4

El aire de impulsión es conducido por medio de un conducto metálico, construido en chapa galvanizada de 1,5 mm., hacia el plenum de impulsión situado sobre la cabina de pintura.

La impulsión de aire se realiza a través de un plenum de impulsión con filtros de manta EU5. Este plenum ocupa toda la longitud de la cabina, siendo su anchura de 3,5 m, lo suficientemente amplio para garantizar la ausencia de

corrientes contrarias al flujo vertical existente, cuya presencia determinaría la creación de remolinos.

El plenum esta dotado de una plataforma deslizante en su interior para facilitar el cambio de las mantas filtrantes, cuando estas estén saturadas en su filtración.

Debajo del suelo de rejillas se encuentra el foso de aspiración. En los laterales de este foso se sitúan los conductos de aspiración, construidos en la Obra Civil, dotados de filtros de aspiración del tipo papel “Kraft”. En total 28 filtros de aproximadamente 1.000 x 1.000 mm.

El aire de extracción es conducido por medio de un conducto metálico, construido en chapa galvanizada de 1,5 mm., hacia la cámara de extracción situada en el piso técnico, desde donde por medio de chimenea metálica es conducido al exterior de la nave.

1.1.2. Filtros

En la instalación de la cabina de pintura se instalan cuatro tipos de filtros a lo largo del recorrido del aire, desde el equipo de impulsión hasta los conductos de extracción.

Los filtros empleados son:

- Filtros superficie plegada (equipo impulsión)
- Filtros de bolsa (equipo impulsión)
- Filtros de manta (plenum impulsión)
- Filtros papel tipo “Kraft” (foso extracción)

En el equipo de impulsión y para retener las partículas del aire exterior se coloca una superficie filtrante. La superficie filtrante de entrada al equipo de impulsión son 8,64 m² y sus dimensiones son las siguientes:

Dimensiones (m)	
Longitud	Altura
3,6	2,4

De esta forma se divide la superficie filtrante en 24 filtros de 592 x 592 mm (dimensiones comerciales estándar), con una separación entre filtros de 10 mm.

1.1.2.1. Filtros superficie plegada (equipo impulsión)

Se trata de un filtro de media eficacia, clasificación EUROVENT EU4, específico para partículas superiores a 10 µm, comúnmente utilizado en filtros de succión para cabinas de pintado.

1.1.2.2. Filtros de bolsa (equipo impulsión)

Los filtros de bolsa son filtros de alta eficacia, clasificación EUROVENT EU5, específico para partículas finas de 1 a 10 µm.

Estos filtros están contruidos con manta de fibra de vidrio micronizada y enmarcadas en un marco de acero galvanizado de doble pestaña. Este modelo de filtro se caracteriza por la combinación de alta eficacia, baja perdida de carga y una alta capacidad de retención de polvo. Las bolsas están ensambladas entre si para ofrecer una mayor seguridad.

1.1.2.3. Filtros de manta (plenum impulsión)

Una vez que el aire ha pasado por los conductos de impulsión es introducido en la el plenum de impulsión. En este plenum de impulsión se coloca un filtro de alta eficacia, en forma de manta filtrante. Los filtros de manta son filtros de alta eficacia, clasificación EUROVENT EU5, específico para partículas finas de 1 a 10 μm . Están fabricados con fibras sintéticas reforzadas con aglomerante plástico. Su estructura especial garantiza una capacidad de acumulación de polvo con poco aumento de la pérdida de carga.

1.1.2.4. Filtros papel tipo “Kraft” (foso extracción)

Se trata de un filtro de media eficacia, clasificación EUROVENT EU4, específico para partículas superiores a 10 μm . En este caso es utilizado para la retención de partículas de pintura que son arrastradas por la corriente de aire en lugar de ser recogidas por la cortina de agua.

Las pérdidas de carga ocasionadas por el paso del aire a través de los filtros se resume en la siguiente tabla:

TIPO DE FILTRO	Pérdida de carga hf (mm.c.a)
Filtro superficie plegado	6,5
Filtro bolsa	7,5
Filtro manta	4,5
Filtro papel “Kraft”	1,1

1.1.3. Características Equipo de extracción

Las características técnicas de la cámara de extracción se recogen en la siguiente tabla:

Marca del equipo de extracción	FIVEMASA modelo FVAP-110	
Dimensiones (m)	Longitud	4
	Anchura	4
	Altura	2,94
Caudal de extracción (m³/h)	110.000	
Presión total (mm.c.a.)	130	
Potencia consumida (KW)	35	
Potencia instalada (KW)	44	

1.1.4. Características Equipo de impulsión

Las características técnicas de la cámara de impulsión se recogen en la siguiente tabla:

Marca del equipo de extracción	FIVEMASA modelo FVAP-110	
Dimensiones (m)	Longitud	11
	Anchura	4,40
	Altura	2,94
Caudal de impulsión (m³/h)	115.000	
Presión total (mm.c.a.)	135	
Potencia consumida (KW)	46	
Potencia instalada (KW)	55	
Quemador de gas (Kcal/h)	1.046.000	
Humectación	Panel celular fibra de vidrio	
Filtración	Filtros superficie plegada EU4+ 24 filtros de bolsas EU5	

1.1.5. Descripción grupo aporte de aire

El grupo de aporte necesario para la cabina de pintura constará de los siguientes elementos:

- Bancada
- Suelo
- Envolvente
- Estructura
- Drenajes
- Puerta de acceso y mantenimiento
- Luminarias

1.1.5.1. Bancada

Construida con perfiles laminados en caliente, siendo los perimetrales y de sustentación de carga de PN-140 y los secundarios de PNL-50 x 50 x 5 mm.

Acabado pintado con imprimación antioxidante color gris.

1.1.5.2. Suelo

Estanco construido con chapa galvanizada de 2 mm de espesor, uniones con soldadura continua, conformando bandeja estanca al agua, mediante pestaña perimetral exterior de 60 mm de altura, garantizando de este modo fugas de agua tanto interiores como exteriores al grupo de aporte.

1.1.5.3. Envolvente

Paneles tipo sandwich de 35 mm de espesor, fabricado con acero galvanizado en sus dos caras y con un núcleo de espuma de poliuretano expandido.

Tanto exterior como interiormente las paredes y techo del grupo de aporte, presentarán superficies lisas con el fin de facilitar su limpieza, evitando acumulación de suciedades que afecten a la calidad del aire tratado.

1.1.5.4. Estructura

Mediante perfiles o tubos galvanizados, con uniones atornilladas, embutida en los paneles de la envolvente.

1.1.5.5. Drenajes

Las secciones de entrada de aire, filtrado, quemador de gas, anterior y posterior al humectador y motoventilador, estarán provistas de drenaje de 1 1/2”, contruidos con tubería y accesorios roscados y galvanizados, con su correspondiente válvula de corte cada uno.

Todos estos drenajes se unirán a un colector de 2 1/2” de tubo de acero galvanizado, el cual será conducido realizando sifón hidráulico hasta la red general de drenajes.

1.1.5.6. Puerta de acceso y mantenimiento

Todas las secciones del grupo de aporte están provistas de puertas de acceso y mantenimiento de 600 x 1800 mm mínimo, construidas con panel sándwich de chapa galvanizada por ambas caras, similar a los paneles de recinto. Acabado cara exterior pintado. Estarán dotadas de mirilla con doble cristal, siendo éste templado en la sección del quemador.

Llevarán burlete perimetral de goma para asegurar su cierre estanco. Los accesorios, manillones y bisagras serán de acero cincado o cadmiado.

En la sección de motoventilador se instalará puerta de doble hoja con fuste central desmontable para facilitar la extracción del motor y rodete del ventilador.

1.1.5.7. Luminarias

Todas las secciones estarán dotadas de luminarias de 2 x 18 W en interior de grupo aporte, pantalla de policarbonato.

1.1.6. Características constructivas de las diferentes secciones del grupo de aporte de aire

El grupo de aporte para la cabina de pintura constará de las siguientes secciones:

- Sección entrada de aire
- Sección filtrado de aire

- Sección calentamiento de aire
- Sección humectación de aire
- Sección impulsión de aire

1.1.6.1. Sección entrada de aire

Compuertas de regulación de lamas en oposición, construida en acero galvanizado, perfil aletas de chapa doble, bielaje exterior cincado o cadmiado, mando preparado para motorizar.

- ❖ Velocidad máxima de paso de aire de 5 m/s
- ❖ Capaces de soportar 100 mm.c.a. de presión máxima

1.1.6.2. Sección filtrado de aire

Prefiltrado mediante filtros de superficie plegada eficacia EU-4 de dimensiones 592 x 592 x 98 mm., el caudal unitario de paso de aire por cada filtro será máximo de 3800m³/h. Posteriormente filtros de bolsa fabricadas en fibra de vidrio con eficacia EU-5, las dimensiones del marco de estos filtros son las mismas que para los filtros de superficie plegada, 592 x 592 x 535, siendo la ultima cota la longitud de la bolsa.

La pared filtrante se conformará mediante tubos estructurales galvanizados y chapistería de acero galvanizado de 1,5 mm de espesor mínimo, donde se alojarán las celdillas portafiltros, que estarán provistas de junta de estanqueidad y clips de apriete imperdibles (4) por cada filtro. La pared de este modo conformada presentará gran rigidez.

El sellado de juntas se realizará mediante masilla BOSTIC 2638 ó 2639 exenta de silicona, garantizando a estanqueidad de paso de aire. En los grupos que sobrepasen (4) filtros en altura, se instalará plataforma intermedia para mantenimiento, con su correspondiente barandilla quitamiedos, escalera de acceso, portillón de gravedad y suelo de rejilla tipo “tramex” de 30 x30 x 2 mm.

Todos los materiales empleados en su construcción serán galvanizados.

1.1.6.3. Sección calentamiento de aire

Las características técnicas de la sección de calentamiento de aire son las siguientes:

- Mediante quemador de gas en vena de aire construido según normas UNE, con certificado C.E.
- Combustible gas natural a 40 - 80 mbar, radio mínimo de modulación 1:20, de acuerdo con la siguiente descripción de materiales:
- Rampa modular de combustión con:
- Deflectores de perfil especial, contruidos en chapa de acero inoxidable.
- Rampa de inyección en fundición especial.
- Electrodo de ignición.
- Placa frontal o pies soporte incorporando:
- Sonda de ionización para vigilancia de llama.
- Presostato de seguridad control circulación aire.
- Caja de interconexiones con transformador de ignición

- Bastidor panoplia en perfiles y chapa de acero, soporte de:
- Tren de válvulas de gas, formado por:
- Presostato de seguridad gas mínimo.
- Presostato de seguridad gas máximo (a partir de 1800 Te/h)
- Doble electroválvula de seguridad en serie.
- Electroválvula piloto.
- Sistema de puesta al aire intermedio, con electroválvula y borboteador para inspección visual de fugas, servoválvulas de regulación de caudal de gas.
- Cuadro eléctrico compuesto por:
- Transformador de maniobra
- Temporizador de barrido.
- Programador de secuencias de encendido y enclavamiento de seguridades con vigilancia de llama por sonda de ionización.
- Regulador PID de temperatura.
- Sonda de temperatura para regulación.
- Termostato de seguridad de temperatura excesiva.

1.1.6.4. Sección humectación de aire

Mediante humectador tipo PANEL CELULAR con panel de fibra de vidrio y separador de gotas del mismo material. Chapistería en acero inoxidable AISI

304. Motobombas recirculación agua accionadas por motor eléctrico de 0,25 KW. Llenado rápido con su correspondiente válvula de esfera, tubería y accesorios en PVC.

Rebosadero y vaciado mediante tubería unificada en PVC, provisto de válvula de mariposa para vaciado, sifón en rebosadero y acometida de tubería de purga continua, con válvula de esfera desde impulsión motobomba.

El humectador está provisto de:

- Puerta de registro de 500 x 700 mm. con mirilla.
- Luminaria exterior de 2 x 36 W

1.1.6.5. Sección impulsión de aire

Mediante motoventilador centrífugo de doble oído, dotado de aro antichispas, de acuerdo con las siguientes especificaciones:

- Rendimiento 80% mínimo.
- Envolvente fabricada en chapa de acero al carbono de espesor mínimo 3mm. Uniones con soldadura cordón continuo, asegurando una construcción de perfecta estanqueidad.
- Llevará en su parte inferior una puerta de registro de 600 x 600 mm mínimo, con cierre estanco, para facilitar la inspección y limpieza del rodete.
- La envolvente estará compuesta de dos piezas, partida en sentido horizontal, firmemente atornillado mediante bridas, formando un solo cuerpo y reforzada con armadura de perfilera exterior.

- Asimismo dispondrá de una salida en la parte inferior para drenaje, mediante tubo con tapón roscado. Envolvente con pintura anticorrosión.
- Rodete de acero de alta calidad. Conformado por álabes curvados hacia atrás, uniones con soldadura continua, garantizando una elevada resistencia estructural. El cubo será de robusta construcción, de forma que garantice la rigidez del rodete. El rodete se montará sobre el eje mediante casquillo con ajuste de precisión enchaveteado y normalizado, fijándose fuertemente a éste mediante sistemas de apriete y bloqueo, asegurando de esta forma, unido a las estrechas tolerancias de fabricación, una perfecta alineación con el eje de giro.
- El rodete con toberas de aspiración circular, que irán solapadas sobre los oídos de aspiración para evitar turbulencias y descensos de rendimiento.
- Acabado del rodete pintado anticorrosión.
- Eje de acero de alta calidad, mecanizado y pulido dentro de unas tolerancias muy precisas, asegurando un ajuste preciso con el cubo y los cojinetes, eliminando así cualquier posibilidad de oscilaciones o desajustes.
- Se aplicarán las debidas protecciones para evitar su oxidación y deterioro con el tiempo.
- Los cojinetes serán de rodamientos oscilantes con dos hileras de rodillos, carcasa partida, asegurando una perfecta alineación del eje, para un mínimo de 50.000 horas de funcionamiento en régimen de trabajo, llevarán engrasadores exteriores.
- Oídos de aspiración, construidos en acero de alta calidad. Serán de forma aerodinámica de construcción entallada y un entrono profundo, diseñados para reducir pérdidas en la aspiración y eliminar turbulencias,

manteniendo una tolerancia de ajuste muy precisa entre la cara interior del oído y el anillo exterior del rodete, se les pintará con tratamiento anticorrosivo. En los oídos se instalarán mallas de protección fabricadas mediante varillas electrosoldadas, galvanizadas o cincadas.

- Bancada: el ventilador y motor se situarán sobre una bancada común construida de perfiles de acero laminados en caliente y pintados con protección anticorrosión.
- El motor eléctrico se emplazará en sus correspondientes carriles tensores.
- Los amortiguadores se situarán en la bancada del ventilador, evitando la transmisión de vibraciones al resto de los elementos. Serán de resorte, contruidos con acero de alta resistencia mecánica y a la corrosión.
- Dispondrá de conexión flexible en la boca de impulsión, para evitar transmitir las vibraciones del ventilador. Serán embridables con tortillería cincada y fabricadas mediante lona reforzada con fibras.
- Transmisión mediante poleas acanaladas de perfil especial, tipo taper-lock y correas trapezoidales. Deben llevar un cubrecorreas de chapa galvanizada con un cerramiento de doble cara, de fácil desmontaje. Dispondrá de dos orificios para medir revoluciones de motor y ventilador, disponiendo de una pequeña tapa abisagrada para poder controlar el estado de tensión de las correas.
- Motor eléctrico 380 V, 1.500 r.p.m. máximo, protección IP-55, preparado para trabajar con variador de frecuencia, sobredimensionado al menos en un 15 ÷ 20% con respecto a la potencia absorbida del ventilador.
- El motoventilador se equilibrará estática y dinámicamente por el fabricante, de acuerdo con la norma VDI-2056 grupo de máquinas G.

- La sección de impulsión estará dotada de viga carril para polipasto galvanizada, para facilitar la extracción de motor eléctrico y rodete.

1.1.7. Características constructivas de las diferentes secciones del grupo de extracción de aire

Son unidades idénticas en cuanto a materiales empleados al módulo de ventilación de los climatizadores anteriores y lleva una luminaria en su interior.

Se instalará protección, con ventilación exterior, en el motor para evitar su contacto con el aire de extracción.

1.1.8. Instrumentación y control

1.1.8.1. Subsistema de lavado y depuración

Los equipos principales que componen dicha instalación serán:

- Dos manómetros (1 por circuito)
- Dos presostatos (1 por circuito)
- Dos interruptores de nivel de tipo conductivo.

Los indicadores de presión (manómetros) serán locales, en baño de glicerina, conexión 1/2” y rango de 0 a 5 Kg/cm².

Los presostatos mandarán su señal al cuadro principal indicando el correcto funcionamiento de las bombas.

Los interruptores de nivel transmitirán su señal al cuadro principal.

1.1.8.2. Subsistema de aire

Las compuertas de admisión de aire exterior están comandadas por unidades remotas, pero los sistemas de finales de carrera están dispuestos para enviar información al cuadro de la posición de dichas compuertas.

Las medidas de presión diferencial nos darán idea del ensuciamiento de los filtros de los climatizadores. Esta supervisión se realiza visualmente en los propios climatizadores, no tratándose ningún tipo de señal al cuadro principal.

En los conductos de impulsión de los climatizadores y en los de extracción de los extractores, se instalarán detectores de flujo (presostatos), que enclavarán el funcionamiento de sus respectivos ventiladores.

1.1.8.3. Subsistema de temperatura y humedad

En el recinto de las cabinas se instalarán 2 termohigrómetros de control, con registro gráfico, para control de temperatura y humedad.

La humedad y temperatura de los climatizadores serán reguladas por sondas de humedad y temperatura y llevadas al autómata programable, a fin de que mediante software se puedan definir las estrategias de control de los climatizadores.

El control de la humedad del aire que suministra cada climatizador se hará a través de una sonda de humedad relativa colocada en el conducto de impulsión. La transmisión de la señal se llevará a un regulador todo/nada, con punto de consigna configurable, manualmente desde el propio regulador, o remoto desde el autómata. El regulador dispondrá de cuatro etapas de salida configurables, cada una de esas salidas actuará sobre una bomba de

humectación de cada climatizador. La histéresis también es regulable a fin de optimizar el arranque y la parada de cada bomba.

Para el control de temperatura se dispondrá de una termorresistencia (sonda principal activa) ubicada en el conducto de impulsión de cada climatizador. Dicha señal será la entrada del regulador, el set point del regulador será configurable, o bien manualmente, o bien mediante señal remota procedente del autómeta. La señal de salida atacará directamente la válvula que regula la entrada de gas al quemador del climatizador. Esta señal será PID de regulación.

Se dispondrá de un video – Registrador “EUROTRERM” de 12 canales, con comunicaciones, para visualización y registro de temperatura en almacén, temperatura en cabina de preparación y lijado, temperatura y humedad relativa en sala de mezclas y temperatura y humedad en cabina de aplicación de pinturas.

De igual modo se dispondrá de un video-registrador “EUROTHERM” de 6 canales, con comunicaciones para visualización y registro de temperaturas en estufas de secado.

2. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

2.1. Aplicación del pliego, definición de las obras de montaje de la instalación y adjudicación

- **ARTÍCULO 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.

- **ARTÍCULO 2.- Proyecto.**

2.1.- El Proyecto definitivo, podrá comprender los siguientes documentos:

2.1.1.- Una Memoria que considerará las necesidades a satisfacer y los factores de carácter general a tener en cuenta.

2.1.2.- Los Planos de conjunto y detalle necesarios para que la obra quede perfectamente definida.

2.1.3.- Un Estado de Mediciones previstas para las diferentes unidades de obra. Este Estado de Mediciones vendrá diferenciado en dos grupos:

a) Obra Característica, y

b) Obra Complementaria.

En el primer capítulo "Obra Característica" se incluirán exclusivamente aquellas unidades de obra que por su identidad, magnitud o importancia económica determinan las características esenciales de la obra a ejecutar.

En el segundo grupo "Obra Complementaria" se incluirán las unidades restantes que terminan de definir la obra. Asimismo quedan incluidas en este segundo apartado aquellas unidades que aún conociendo de antemano su futura necesidad, no se pueden definir en el proyecto.

2.1.4.- El cuadro de precios nº1.

2.1.5.- El cuadro de precios nº2, conforme a lo establecido en el Artículo 7.2.

2.1.6.- El Pliego Particular de Condiciones, que incluirá la descripción de 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.

2.1.7.- Plazos total y parciales de ejecución del montaje de la instalación.

- *ARTÍCULO 3.- Documentación complementaria.*

Además de los documentos integrantes del Proyecto indicados en el Artículo anterior, y del presente Pliego General, serán preceptivas las Normas Oficiales que se especifiquen en el Pliego Particular de Condiciones.

- *ARTÍCULO 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 consideraran válidas las ofertas presentadas que no cumplan los requisitos citados anteriormente, así como los indicados en la Documentación Técnica enviada.

- *ARTÍCULO 5.- Retirada de documentación de concurso.*

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.

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.

- *ARTÍCULO 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 u 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 presuntos 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.

- *ARTÍCULO 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:

7.1.- Cuadro de Precios nº1, 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 nº1.

7.2.- Cuadro de Precios nº2, en el que se especificará claramente el desglose de la forma siguiente:

7.2.1.- Mano de obra por categorías, expresando el número de horas invertido por categoría y precio horario.

7.2.2.- Materiales, expresando la cantidad que se precise de cada uno de ellos y su precio unitario.

7.2.3.- Maquinaria y medios auxiliares, indicando tipo de máquina, número de horas invertido por máquina y precio horario.

7.2.4.- Transporte, indicando en las unidades que lo precisen el precio por tonelada y kilómetro.

7.2.5.- Varios y resto de obra que incluirán las partidas directas no comprendidas en los apartados anteriores.

7.2.6.- Porcentajes de Gastos Generales, Beneficios Industrial e IVA.

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 nº1, obligarán los de este último.

Este Presupuesto vendrá desglosado, de acuerdo a lo establecido en el artículo 2.1.3 en dos presupuestos: a) Presupuesto de Obra Características y b) Presupuestos de Obra Complementarios, que en los sucesivos artículos de este Pliego recibirán esta denominación.

7.4.- Presupuesto Total, obtenido al incrementar el Presupuesto de Ejecución Material en sus dos apartados con el % de IVA.

7.5.- Relación del personal técnico adscrito al montaje de la instalación y organigrama general del mismo durante el desarrollo del mismo.

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 de resultar 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.

7.7.- Baremos horarios de mano de obra por categorías y de maquinaria para trabajos por administración. Estos precios horarios incluirán el % de Gastos Generales y Beneficio Industrial y el IVA que facturarán independientemente.

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.

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 art.9.2. Es potestativo de la Propiedad la sustitución de la fianza en metálico por un aval bancario.

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.

- *ARTÍCULO 8.- Condiciones legales que debe reunir el contratista para poder ofertar.*

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.

8.2.- Documentación justificativa para la admisión previa

8.2.1.- Documento oficial o testimonio notarial del mismo que acredite la personalidad del solicitante.

8.2.2.- Documento notarial justificativo de la representación ostentada por el firmante de la propuesta, así como documento oficial acreditativo de su personalidad.

8.2.3.- Documento que justifique haber constituido la fianza provisional en las formas que se determinan en el artículo 7 del Pliego General de Condiciones.

- *ARTÍCULO 9.- Validez de las ofertas.*

No se considerará válida 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 artículo 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.

- *ARTÍCULO 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 Pliegos 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 Pliegos de Condiciones.

- *ARTÍCULO 11.- Planos provisionales y definitivos.*

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 con carácter provisional. En tal caso, los planos que figuren en dicha documentación no serán validos 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.

11.2.- Los planos definitivos se entregarán al Contratista con antelación suficiente a fin de no retrasar la preparación y ejecución de los trabajos.

- *ARTÍCULO 12.- Adjudicación del concurso.*

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.

12.2.- Transcurriendo el plazo indicado en el Art. 9.2 desde la fecha límite de presentación de 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.

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.

12.4.- La Propiedad comunicará al ofertante seleccionado la adjudicación de las obras, mediante una carta 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.

- *ARTÍCULO 13.- Devolución de planos y documentación.*

13.1.- Los Planos, Pliegos 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.

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

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.

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.

- *ARTÍCULO 14.- Permisos a obtener por la propiedad.*

Será responsabilidad de la Propiedad la obtención de los permisos oficiales que más adelante se relacionan, siendo a su cargo todos los gastos que se ocasionen por tal motivo.

- Concesión de Aprovechamientos hidroeléctrico y termoeléctricos.
- Autorización de Instalaciones eléctricas.
- Aprobación de Proyectos de Replanteo.
- Declaración de Utilidad Pública.
- Declaración de Urgente Ocupación.
- 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.

- *ARTÍCULO 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:

- a) Apertura del Centro del Trabajo.
- b) Permiso para el transporte de obreros.
- c) Autorización de barracones, por Ministerio de Fomento o Diputación, siempre que se encuentren en la zona de influencia de carreteras y, en cualquier caso la Licencia municipal.
- d) Autorización para la instalación y funcionamiento de escuelas, botiquines y economatos.
- e) Alta de talleres en Industria y Hacienda.
- f) Autorización de Industria para las Instalaciones Eléctricas provisionales.

2.2. Desarrollo del contrato, condiciones económicas y legales

- ARTÍCULO 16.- Contrato.

16.1.- A tenor de lo dispuesto en el artículo 12.4 el Contratista, dentro de los treinta 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.

16.2.- 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.

16.3.- 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.

16.4.- 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.

16.5.- A efectos de los plazos de ejecución de las obras, se considerará como fecha de 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 fecha de la firma del contrato.

16.6.- El Contrato será firmado por parte del Contratista, por su representante legal o apoderado, quien deberá poder probar este extremo con la presentación del correspondiente poder acreditativo.

- *ARTÍCULO 17.- 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.

- *ARTÍCULO 18.- Fianzas provisional, definitiva y fondo de garantía.*

18.1.- Fianza provisional.

La fianza provisional del mantenimiento de la 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 a plazo de mantenimiento, alcance de la fianza y devolución de la misma se refiere, se atenderá a lo establecido en los artículos 7, 9 y 12 del presente Pliego General.

18.2.- 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.

18.3.- 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.

- *ARTÍCULO 19.- 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.

- *ARTÍCULO 20.- 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.

- *ARTÍCULO 21.- Relaciones entre la propiedad y el contratista y entre los diversos contratistas y subcontratistas.*

21.1.- 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.

21.2.- 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.

21.3.- 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.

21.4.- 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 trabajos en presencia de una situación de hecho que tuviese lugar por falta de información por parte del Contratista.

21.5.- 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.

- *ARTÍCULO 22.- Domicilios y representaciones.*

22.1.- El Contratista está obligado, antes de iniciarse la obras objeto del contrato a constituir un domicilio en la proximidad de las obras, dando cuenta a la Propiedad del lugar de ese domicilio.

22.2.- 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.

22.3.- 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 la representación de la Propiedad. En ningún caso constituirá motivo de excusa para el Contratista la ausencia de su representante a pie de obra.

- *ARTÍCULO 23.- 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.

23.1.- 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.

23.2.- 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.

23.3.- 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:

a) 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.

b) El mantenimiento del orden, limpieza, comodidad y seguridad en las superficies o lugares de trabajo, así como en los accesos a aquellos.

c) Las protecciones y dispositivos de seguridad en las instalaciones, aparatos y máquinas, almacenes, polvorines, etc., incluida las protecciones contra incendios.

d) 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 deficientes, etc.

e) 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 al establecimiento de vestuarios, servicios higiénicos, servicio de comedor y menaje, barracones, suministro de agua, etc., que las características en cada caso de la obra y la reglamentación determinen.

23.4.- 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, con fines de información, copia de cada declaración de accidente que cause baja en el trabajo, inmediatamente después de formalizar dicha baja.

- *ARTÍCULO 24.- Gastos de carácter general por cuenta del contratista.*

24.1.- 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.

24.2.- 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.

24.3.- Serán de cuenta del 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.

- *ARTÍCULO 25.- 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 la comprobación periódica de calidad de materiales y obras realizadas, salvo los indicados en el artículo 24, 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.

Asimismo, 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 de la dirección y vigilancia de las obras.

- *ARTÍCULO 26.- Indemnizaciones por cuenta del contratista.*

Será 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.

- *ARTÍCULO 29.- Revisión de precios.*

29.1.- 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 4º se refiere.

29.2.- 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-XII-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.

29.3.- Para los valores actualizados de las variables que inciden en la fórmula, se tomarán para cada mes los que faciliten el Ministerio de Hacienda una vez publicados en el B.O.E. Los valores iniciales corresponderán a los del mes de la fecha del Contrato.

29.4.- 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.

29.5.- Los aumentos de presupuesto originados por las revisiones de precios oficiales no se computarán a efectos de lo establecido en el artículo 35 "Modificaciones del proyecto".

29.6.- 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.

- *ARTÍCULO 30.- Régimen de intervención.*

30.1.- Cuando el Contratista no de 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 urgencia, no será nunca menor de 10 días a partir de la notificación de requerimiento.

30.2.- 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.

30.3.- 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.

30.4.- 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.

30.5.- 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.

30.6.- 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.

30.7.- 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.

30.8.- 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.

- *ARTÍCULO 31.- Rescisión del contrato.*

31.1.- 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. Así mismo, podrá proceder la resolución con pérdida de fianza y garantía suplementaria si la hubiera, de producirse alguno de los supuestos siguientes:

31.1.1.- 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.

31.1.2.- Cuando durante un periodo de tres meses consecutivos y considerados conjuntamente, no se alcanzase un ritmo de ejecución del 50% del programa aprobado para la Obra característica.

31.1.3.- Cuando se cumpla el plazo final de las obras y falte por ejecutar más del 20% de presupuesto de Obra característica tal como se define

en el artículo 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.

31.2.- Será asimismo causa suficiente para la rescisión, alguno de los hechos siguientes:

31.2.1.- La quiebra, fallecimiento o incapacidad del Contratista. En este caso la Propiedad podrá optar por la resolución del Contrato, o por que se subroguen en el lugar del Contratista los síndicos de la quiebra, sus causas habitantes o sus representantes.

31.2.2.- La disolución, por cualquier causa, de la sociedad, si el Contratista fuera una persona jurídica.

31.2.3.- Si el Contratista es una agrupación temporal de empresas y alguna de las integrantes se encuentra incluida en alguno de los supuestos previstos en alguno de los apartados 31.2., 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 tal pérdida.

31.3- 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 meses a partir de la fecha de adjudicación.

- *ARTÍCULO 32.- 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.

- *ARTÍCULO 33.- Disposiciones legales.*

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo y Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (O.M. 9-III-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.

- *ARTÍCULO 34.- Tribunales.*

El Contratista renuncia al fuero de su propio domicilio y se compromete a sustanciar cuantas reclamaciones origine el Contrato ante los tribunales.

2.3. Desarrollo de las obras. condiciones técnico-económicas

- *ARTÍCULO 35.- Modificaciones del proyecto.*

35.1.- 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 este a su vez a devolver una copia suscribiendo con su firma el enterado.

35.2.- 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.

35.3.- 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.

- *ARTÍCULO 36.- Modificaciones de los planos.*

36.1.- 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.

36.2.- 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.

36.3.- 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.

- *ARTÍCULO 37.- Replanteo de las obras.*

37.1.- 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.

37.2.- 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.

37.3.- La Propiedad precisará sobre el plano de replanteo las referencias a estos hitos de los ejes principales de cada una de las obras.

37.4.- 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.

- *ARTÍCULO 39.- Organización de las obras.*

39.1.- 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.

39.2.- 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.

39.3.- También pondrá la Propiedad gratuitamente a disposición del Contratista, los terrenos de su propiedad que puedan ser adecuados para las obras auxiliares e instalaciones.

- *ARTÍCULO 41.- 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.

- *ARTÍCULO 43.- Uso anticipado de las instalaciones definitivas.*

43.1.- 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.

43.2.- Si la Propiedad desee 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.

- *ARTÍCULO 44.- Planes de obra y montaje.*

44.1.- Independientemente del plan de trabajos que los Contratistas ofertantes deben presentar con sus ofertas de acuerdo a lo establecido en el artículo 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.

44.2.- Este Plan, que deberá ser lo más completo, detallado y razonado posible, respetará obligatoriamente los plazos parciales y final fijados en el Concurso, y deberá venir acompañado del programa de certificaciones mensuales.

44.3.- 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.

44.4.- El desarrollo de todas las obras habrá de subordinarse al montaje de las instalaciones para cuyo servicio se construyen.

- *ARTÍCULO 45.- Plazos de ejecución.*

45.1.- En el Pliego Particular de Condiciones de cada obra se establecerán los plazos parciales y plazo final de terminación, a los que el Contratista deberá ajustarse obligatoriamente.

45.2.- 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.

45.3.- 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.

45.4.- En el caso de que el importe de la Obra Característica realizada supere en un 10% al presupuesto para esa parte de obra, los plazos parciales y final se prorrogarán en un plazo igual al incremento porcentual que exceda de dicho 10%.

- *ARTÍCULO 46.- retenciones por retrasos durante la ejecución del montaje de la planta.*

46.1.- 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.

46.2.- 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.

- *ARTÍCULO 47.- Incumplimiento de los plazos y multas.*

47.1.- 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.

47.2.- 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.

47.3.- 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 artículo 50.

- *ARTÍCULO 48.- Supresión de las 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.

- *ARTÍCULO 49.- Premios y primas.*

49.1.- 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 primas.

49.2.- 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.

- *ARTÍCULO 50.- 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.

- *ARTÍCULO 51.- Daños y ampliación de plazo en caso de fuerza mayor.*

51.1.- 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.

51.2.- 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 reparos 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.

- *ARTÍCULO 53.- Certificación y abono de la planta.*

53.1.- 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.

53.2.- Las certificaciones y abonos de las obras, no suponen aprobación ni recepción de las mismas.

- *ARTÍCULO 54.- 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.

- *ARTÍCULO 55.- Recepción provisional de las instalaciones de la planta*

55.1.- 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 acuso 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.

55.2.- 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.

El Acta será firmada conjuntamente por el Contratista y la Dirección de la obra.

55.3.- Si el reconocimiento de las obras fuera satisfactorio se recibirán provisionalmente las obras, empezando a contar desde esta fecha el plazo de garantía.

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 las obras.

- *ARTÍCULO 56.- Plazo de garantía.*

Una vez terminadas las obras, se efectuará la recepción provisional de las mismas, tal como se indica en el artículo 55, 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 mal trato o uso inadecuado de las obras por parte de la Propiedad.

- *ARTÍCULO 57.- Recepción definitiva de la planta*

57.1.- 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 artículo 55 para la recepción provisional.

57.2.- En el caso de que hubiese sido necesario conceder un plazo para subsanar los defectos hallados, el Contratista no tendrá derecho a cantidad alguna en concepto de ampliación del plazo de garantía, debiendo continuar encargado de la conservación de las obras durante esa ampliación.

57.3.- Si la obra se arruinase con posterioridad a la recepción definitiva por vicios ocultos de la construcción debidos a incumplimiento doloso 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.

- *ARTÍCULO 58.- 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.

DOCUMENTO N° 4:
PRESUPUESTO

INDICE DEL PRESUPUESTO Y ESTUDIO ECONÓMICO

1. PRESUPUESTO	356
1.1. Presupuestos parciales	357
1.1.1. Equipo de impulsión	357
1.1.2. Conducto de impulsión	358
1.1.3. Perfiles tubulares estructura cabina	359
1.1.4. Rejillas plenum impulsión	360
1.1.5. Recubrimiento cabina	361
1.1.6. Rejillas foso Extracción	362
1.1.7. Perfiles tubulares estructura soporte foso	363
1.1.8. Bomba recirculación de agua	364
1.1.9. Conducto de extracción	365
1.1.10. Equipo extracción	366
1.2. Presupuesto de ejecución material	367
1.3. Presupuesto de ejecución por contrata	367
2. ESTUDIO ECONÓMICO	368

1. Presupuesto

El presupuesto presentado se dividirá en dos 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 por contrata: añade al presupuesto de ejecución material el porcentaje de beneficio industrial, los gastos generales así como el IVA correspondiente. Representa el coste final del proyecto.

1.1. Presupuestos parciales

El presupuesto parcial se presenta dividido por las distintas partes que componen la instalación de una cabina de pintura, siguiendo el flujo de aire en la misma.

1.1.1. Equipo de impulsión

Elementos	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Equipo de impulsión marca FIVEMASA FVAP-110. Caudal máximo 115.000 m ³ /h Presión total 135 mm.c.a Potencia consumida 46 KW	1	39.652	39.652

TOTAL (€)	39.652€
------------------	----------------

1.1.2. Conducto de impulsión

Elementos	Unidades (m ²)	Precio unidad (€/m ²)	Precio total (€)
Tramo 1	1,8	44,19€/ m ²	79,54
Tramo 2	9	49,16€/ m ²	442,44
Tramo 3	33,12	44,19€/ m ²	1463,57
Tramo 4	2,1	44,19€/ m ²	92,8
Tramo 5	11,5	56,22€/ m ²	646,53
Tramo 6	2,1	44,19€/ m ²	92,8
Tramo 7	2,1	44,19€/ m ²	92,8
Tramo 8	9	44,19€/ m ²	397,71
Tramo 9	21	49,16€/ m ²	1.032,36

TOTAL (€)	4.340,55€
------------------	------------------

1.1.3. Perfiles tubulares estructura cabina

Elementos	Unidades(m)	Precio unidad (€/m)	Precio total (€)
Correa: 120-60-5	83,52	138,45	11.563,34
Dintel: 120-80-5	70	142,63	9.984,1
Entramado lateral: 120-100-5	27,84	156,2	4.348,6
Pilar exterior: 120-80-5	98	142,63	13.977,74
Pilar interior: 120-80-5	98	142,63	13.977,74

TOTAL (€)	53.851,52€
------------------	-------------------

1.1.4. Rejillas plenum impulsión

Elementos	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Rejilla aluminio Dimensiones 1750 x 2320 mm Malla 60 x 60 mm Pletina portante 20 x 2 mm	12	156,3	1.857,6
TOTAL (€)		1.857,6€	

1.1.5. Recubrimiento cabina

Elementos	Unidades (m²)	Precio unidad (€/m²)	Precio total (€)
Chapa galvanizada espesor 1,5 mm	306,4	44,19	13.539,81
Cristal de seguridad tipo “stadip” de 3+3 mm	28	68,27	1.911,56

TOTAL (€)	15.451,37€
------------------	-------------------

1.1.6. Rejillas foso Extracción

Elementos	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Rejilla tipo “Tramex” acero Electrosoldadas Dimensiones 924 x 539 mm Malla 60 x 30 mm Pletina portante 30 x 3 mm	156	95,98	14.972,88

TOTAL (€)	14.972,88€
------------------	-------------------

1.1.7. Perfiles tubulares estructura soporte foso

Elementos	Unidades(m)	Precio unidad (€/m)	Precio total (€)
Soporte: 120-100-4	86,08	145,64	12.536,69
Entramado: 100-100-4	17,4	131,86	2.294,36

TOTAL (€)	14.831,05€
------------------	-------------------

1.1.8. Bomba recirculación de agua

Elementos	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Bomba ejecución vertical Caudal m3/h Presión 15 mm.c.a Motor 4 KW	1	3.867	3.867
TOTAL (€)		3.867€	

1.1.9. Conducto de extracción

Elementos	Unidades (m²)	Precio unidad (€/m²)	Precio total (€)
Tramo 1	112	44,19€/ m ²	4.949,28
Tramo 2	16	44,19€/ m ²	707,04
Tramo 3	10	56,22€/ m ²	562,2
Tramo 4	12	49,16€/ m ²	589,92
Tramo 5	25,2	44,19€/ m ²	1.113,58
Tramo 6	22,5	44,19€/ m ²	994,27
Tramo 7	22,5	44,19€/ m ²	994,27
Tramo 8	7,2	44,19€/ m ²	318,16
Tramo 9	22,5	44,19€/ m ²	994,27
Tramo 10	9	49,16€/ m ²	442,44

TOTAL (€)	11.665,43€
------------------	-------------------

1.1.10. Equipo extracción

Elementos	Unidades	Precio unidad (€)	Precio total (€)
Equipo de impulsión marca FIVEMASA FVAP-110. Caudal máximo 110.000 m ³ /h Presión total 130 mm.c.a Potencia consumida 35 KW	1	33.248	33.248

TOTAL (€)	33.248€
------------------	----------------

1.2. Presupuesto de ejecución material

▪ Equipo impulsión	39.652€
▪ Conducto de impulsión	4.340,55€
▪ Perfiles tubulares estructura de la cabina	53.851,52€
▪ Rejillas plenum de impulsión	1.857,6€
▪ Recubrimiento cabina	15.451,37€
▪ Rejillas foso de extracción	14.972,88€
▪ Perfiles tubulares estructura soporte foso	14.831,05€
▪ Bomba recirculación agua del foso	3.867€
▪ Conducto de extracción	11.665,43€
▪ Equipo de extracción	33.248€

TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCION MATERIAL 193.737,4€

1.3. Presupuesto de ejecución por contrata

▪ Presupuesto de ejecución material	193.737,4€
▪ 15 % gastos generales	29.060,61€
▪ 6 % beneficio	11.624,24€
▪ 16 % IVA	30.997,98€
▪ <u>TOTAL</u>	265.420,23€

2. Estudio económico

Los costes de la explotación de cabina de pintura objeto del presente proyecto se reducen a los costes de consumo eléctrico de los equipos, consumo de gas natural para la adecuación de la temperatura en interior de la cabina.

Dado que las instalaciones de la cabina de pintura se integran con el resto de las instalaciones de la empresa, no se contemplan gastos de salarios de trabajadores, ya que el propio personal de la empresa se encuentra cualificado y con recursos suficientes para la plena operación de la cabina de pintura. Tampoco se consideran costes de mantenimiento como revisiones periódicas, reposición de piezas, etc.

Para el cálculo de los gastos de explotación se considera que el caudal de aire a tratar es de 79.663 m³/h, con un total de 843 horas de funcionamiento real, descontadas las paradas de mantenimiento, reparaciones, festivos, vacaciones, etc.

Elementos	Unidades	Potencia (KW)	h/año	Consumo (Kwh/año)
Equipo impulsión	1	46	843	38.778
Bomba de recirculación de agua	1	4	843	3.372
Equipo de extracción	1	35	843	29.505
Luminarias	18	0,058	843	880
Quemador de gas natural	1	1215	421,5	512.122,5

La potencia absorbida por la cabina de pintura es de 72.535Kwh. Aplicándole a esta demanda el coste del Kwh según la tarifa industrial (0,06 €/Kwh) supone un coste (eléctrico) de 4.352,1 €/año.

Para el consumo de gas natural, sabiendo la potencia absorbida de 512.122,5 Kwh y que la tarifa industrial es de 0,021182 €/Kwh, el coste ascenderá a 10.847,77 €/año.

En resumen, el coste de explotación de la cabina de pintura asciende a **15.199,87 €/año.**

El precio de ejecución por contrata es de 265.420,23 € para la cabina de pintura. Para la aplicación de los procesos finales es necesario el resto de cabinas y elementos auxiliares descritos en el proyecto. Se estima que el coste de la cabina de pintura equivale a un tercio de las instalaciones completas, con lo que el precio de ejecución por contrata de las instalaciones necesarias para la aplicación de los procesos finales a elementos aeronáuticos ascenderá a **796.260 €**

Se estima que se trataran del orden de tres elementos al día en las instalaciones de pintura. En caso de no disponer de dichas instalaciones habría que acarrear con el gasto que supondría el transporte desde Puerto Real a Madrid, lugar donde se puede subcontratar el trabajo de la aplicación de pintura para los elementos aeronáuticos de las dimensiones citadas en el proyecto, además del propio coste del proceso de pintado.

Seria necesaria la expedición de dos camiones a la semana para cumplir con los plazos de entrega, que suponen un coste de 1.200 €/envío. A la semana supondría un coste de 2.400€.

En cuanto a los costes de aplicación de pintura a los elementos, suponemos un precio medio entre los timones del A310 (960 €/timon) y los del A380 (1850 €/h), que será de 1.227 €/elemento, sabiendo que el 70% de los elementos que se pintaran serán timones del A320.

Las 843 horas que se ha planificado que las instalaciones de pintura estén operativas al año se traducen en 105 días laborales, sabiendo que se tratan tres elementos al día, esto suponen 315 elementos a pintar a lo largo del año. El coste de aplicación de los procesos finales a todos ellos en la empresa subcontratada será de:

$$\text{CosteaplicacionPP.FF} = 315 \text{elementos} / \text{año} \cdot \frac{1.227 \text{€}}{\text{elemento}} = 368.505 \text{€} / \text{año}$$

El coste del transporte de dichos elementos ascenderá a:

$$\text{Costetransporte} = 2 \frac{\text{envios}}{\text{semana}} \cdot 17 \frac{\text{semanas}}{\text{año}} \cdot 1.200 \text{€} / \text{envio} = 40.800 \text{€} / \text{año}$$

El total de costes anuales al subcontratar los procesos finales de pintura supondrá, por tanto:

$$\text{COSTESANUALES} = 368.505 + 40.800 = 409.305 \text{€} / \text{año}$$

Teniendo en cuenta que el precio de ejecución por contrata de las instalaciones necesarias para la aplicación de los procesos finales a elementos aeronáuticos es de 796.260 €, como se ha calculado anteriormente, y que disponer de dichas instalaciones supondría el ahorro de **40.800€/año** en envíos, y que el coste de pintado de cada elemento en las instalaciones proyectadas será de un 25 % menos debido a que este es el beneficio que obtiene la empresa subcontratada,

lo que supondría un ahorro de 306,75€/elemento, sabiendo que se pintaran 315 elementos al año, el ahorro asciende a **96.626,5 €/año**.

El ahorro total anual al disponer de instalaciones de pintura y no teniendo que subcontratarlos será de:

$$AhorroAnual = 40.800 + 96.626,5 = 137.426,5\text{€/ año}$$

Por tanto la amortización corresponderá a:

$$AMORTIZACION = \frac{CosteTotal}{Ahorro} = \frac{796.260\text{€}}{137.426,5\text{€/ año}} = 5,79\text{años}$$

Por consiguiente los ahorros generados cubrirán los gastos en un periodo inferior a 6 años, con lo cual, sabiendo que la vida media de las instalaciones se estima en un periodo de 15 a 20 años y que se prevé un aumento de la producción en los próximos años, resulta beneficioso el llevar a cabo el presente proyecto para la empresa en cuestión.

