

Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”
Facultad de ingeniería.



Título: “Diseño de una cabina de pintura para la empresa MICALUM”

Tesis en opción al título de Ingeniero Mecánico.

Autor: *Roberto Lázaro Abreu Pérez*

Tutores: *Dr. Enríque Arturo Padrón Padrón*

Ing. Francisco Manuel Pérez Días

Cienfuegos 2019

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

UNIVERSIDAD DE CIENFUEGOS

Sistema de Documentación y Proyecto.

Hago constar que el presente trabajo constituye la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Mecánica en la Universidad de Cienfuegos, autorizando a que el mismo sea utilizado por el Centro de Estudio Superior para los fines que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de dicha institución.

Firma del autor.

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido según acuerdo de la dirección del centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico Técnico

Nombre y Apellidos. Firma.

Vice Decano.

Firma del Tutor

Nombre y Apellidos. Firma.

Sistema de Documentación y Proyecto.

Resumen

Este trabajo de tesis describe el diseño y estudio de factibilidad económica de una cabina de pintura para el pintado de estructuras modulares en la empresa MICALUM. Se realizan los cálculos y selección de los componentes mecánicos de los diferentes sistemas que integran el área de pintura. La factibilidad del proyecto se confirmó con la aplicación del valor presente neto para un periodo de 10 años con depreciación lineal que da por el rango de valores límite que el proyecto es económicamente viable.

Summary

This thesis describes the design and economic feasibility study of a paint booth for the painting of modular structures in the company MICALUM. The calculations and selection of the mechanical components of the different systems that make up the painting area are carried out. The feasibility of the project was confirmed with the application of the net present value for a period of 10 years with linear depreciation that gives the range of limit values that the project is economically viable.

Resumen	3
Símbolos, términos y abreviaturas	8
Introducción.....	1
Capítulo 1 Revisión de la bibliografía y estado del arte del diseño de cabinas de pintura.	4
1.1 El proceso de pintado.....	4
1.2 Composición de las pinturas y barnices.....	5
1.3 Preparación de la superficie.....	5
1.4 Técnicas de aplicación de las pinturas.....	5
1.5 Equipos de pulverización	6
1.6 Principio de funcionamiento de las cabinas de pintura	6
1.6.1 Extracción de aire por presión positiva	7
1.6.2 Extracción de aire por presión negativa.....	7
1.7 Clasificación de las cabinas de pintura	8
1.7.1 Clasificación según el flujo de aire.....	8
1.7.2 Clasificación según el tipo de filtrado.....	9
1.7.3 En función del sistema de impulsión y de extracción del aire, se encuentran las también conocidas como:.....	10
1.8 Elementos de una cabina de pintura.....	10
1.9 El flujo de aire	10
1.9.1 Requerimientos de aire de la cabina.....	11
1.10 Métodos de diseño de Ductos.....	12

1.10.1 Método de igual fricción	12
1.10.2 Método de recuperación estática	12
1.11 Ventiladores	13
1.11.1 Clasificación de los ventiladores	13
1.11.2 Curva característica	16
1.12 Sistema de filtración	17
1.12.1 Mantenimiento del Sistema de Filtros	19
1.13 Iluminación	21
1.13.1 Índice del Color (CRI)	22
1.13.2 Temperatura Correlativa del Color (CCT)	23
1.13.3 Poder de Candela	24
Conclusiones parciales del capítulo I	25
Capitulo II Cálculos y selección de los componentes de la cabina.....	27
2.1 Dimensiones	27
2.2 Ventilación	28
2.2.1 Cálculo del caudal.....	28
2.2.3 Cálculo de punto de captación de aire	29
2.2.4 Pérdidas de carga por rozamiento	29
2.2.5 Selección y cálculo de las pérdidas en los filtros:	31
2.2.6 Selección de los ventiladores	33
2.3 Diseño estructural de la cabina	34
2.3.1 Cálculo de peso de la estructura.....	34
2.3.2 Materiales de la Estructura	35
2.3.3 Análisis estructural del pórtico	37
2.3.4 Cálculo del Esfuerzo máximo	42
2.3.5 Cálculo del Factor de Seguridad.....	43
2.4 Diseño de la iluminación	44
2.4.1 Calculo del flujo luminoso	46

2.4.2 Determinando la superficie de la cámara:.....	46
2.4.2 Calculo del número de lámparas.	48
2.5 Sistema de aire comprimido:.....	49
2.5.1 Consumo específico	49
2.5.2 Coeficiente de utilización	49
2.5.3 Identificación de sistemas y elementos neumáticos	51
2.5.4 Dimensionamiento de la red de aire	52
2.5.5 Factores de dimensionamiento	52
2.5.6 Dimensionamiento de las tuberías de la red	53
2.5.6 Cálculo de las pérdidas de carga.....	56
2.5.7 Selección del Compresor	57
2.5.7 Calculo de tanque de almacenamiento	59
2.5.8 Selección de tuberías	62
Conclusiones parciales del capítulo II	63
Capitulo III Estudio de la factibilidad económica del diseño construido.....	65
3.1 Presupuesto de construcción de la cabina.....	65
3.1.1 Precio de suministros.....	65
3.1.2 Otros gastos directos de obra.....	65
3.1.3 Gastos Generales de Obra	65
3.1.4 Gastos Indirectos	66
3.1.5 Presupuestos Independientes	66
3.2 Estimación de los ingresos anuales	68
3.3 Estimación de los gastos anuales	68
3.3.1 Estimación de los gastos anuales de electricidad.....	68
3.3.2 Estimación de los gastos anuales de insumos	70
3.4.4 Calculo de los gastos totales anuales estimados.....	70
3.5 Calculo del Valor presente neto	71
Conclusiones parciales del capítulo III	73

Conclusiones.....	75
Recomendaciones.....	77
Referencias bibliográficas	78
Referencias bibliográficas	79
Anexos	83

Símbolos, términos y abreviaturas

Cabina de pintura: recinto o área cerrada y acondicionada con la iluminación y las condiciones ambientales y de trabajo adecuadas para el proceso óptimo del pintado de superficies.

Caudal: cantidad de fluido, medido en volumen, que se mueve en una unidad de tiempo.

Ducto: conducto, canal, tubería.

Fluido: tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas moléculas sólo hay una fuerza de atracción débil.

Lumen: unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente.

Lux: unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación.

Overspray: nube de pintura pulverizada en suspensión y que no llega a la pieza. Muy notoria en sistemas aerográficos y menos en sistemas de media presión. Causa de polución, suciedad, scrap, tiempos de limpieza y parada de producción.

Pintura: fluido que se aplica sobre una superficie en capas delgadas. Cuando se seca, la pintura se convierte en una película sólida que recubre dicha superficie.

Plenum: espacio cerrado en donde existen aire u otros gases a bajas velocidades y presiones ligeramente superiores a la atmosférica, como resultado de la acción de un ventilador o soplador mecánico.

INTRODUCCIÓN

Introducción

El proceso de pintura a nivel industrial ha tenido un gran avance debido a los requerimientos y exigencias, principalmente en preservar la salud de los operarios y el control de su impacto en el medio. Con el análisis de las partículas de solventes y compuestos en suspensión en el proceso de pintura, se han establecido las renovaciones de aire recomendadas mediante cabinas y equipos necesarios para este fin, los diferentes sistemas de filtrados mejoran la calidad del aire de entrada y en la salida se encarga de recolectar todo el Overspray impidiendo que este se mezcle con el ambiente.

Las cabinas de pintura son cámaras diseñadas con el fin de renovar el aire en su interior, llevándose consigo todas las partículas antes mencionadas manteniendo un ambiente idóneo para la aplicación de diversos tipos de pinturas.

El diseño correcto de la cabina es una inversión que trae muchos beneficios, ofreciendo un ambiente limpio de pintura para una mejor calidad de acabado y un ambiente superior de trabajo para el operario de la misma.

La empresa MICALUM S.A. situada en la zona industrial número 2 en Cienfuegos actualmente no cuenta con áreas de pintura, estas tareas se realizan al aire libre con el esperado acabado superficial, por esto ha recibido quejas e inconformidades de sus clientes y ante un eminente proceso de normalización y certificación necesita generar dicho espacio con los beneficios antes mencionados.

Por lo que se define el siguiente **Problema Científico**:

La necesidad del diseño de una cabina que satisfaga las necesidades de la empresa y conocer si es factible la materialización del mismo.

Hipótesis: Si se aplica una correcta metodología de “Diseño de una cabina de pintura para la empresa MICALUM”, partiendo de los principales parámetros que inciden se pudieran satisfacer las necesidades de la empresa.

Objetivo general: Proponer la metodología y parámetros para el diseño de una cabina de pintura a través de un estudio de caso.

Objetivos específicos:

1. Estudio de la bibliografía y estado del arte del diseño de cabinas de pintura.
2. Establecer los parámetros de diseño de la cabina
3. Realizar los cálculos y selección de los componentes mecánicos de la cabina.
4. Determinar la factibilidad económica del diseño construido.

Capítulo I

Capítulo 1 Revisión de la bibliografía y estado del arte del diseño de cabinas de pintura.

1.1 El proceso de pintado

El término de “pintado” se utiliza por lo general para identificar un amplio rango de recubrimientos superficiales, que incluyen las pinturas convencionales en base disolvente, barnices (recubrimientos transparentes), esmaltes, lacas (películas formadas únicamente por evaporación) y pintura de látex (en base acuosa). (Guevara, 2015)

Las pinturas están compuestas por resinas orgánicas, pigmentos orgánicos o inorgánicos y aditivos, todo ello en suspensión o diluido en un vehículo líquido (por lo general un disolvente orgánico). Este disolvente es el que proporciona al recubrimiento la viscosidad necesaria, tensión superficial y otras propiedades que permiten la aplicación de una capa uniforme del recubrimiento sobre el sustrato, así como para su fabricación. Las pinturas son, por lo tanto, un grupo complejo de materiales de recubrimiento protector y decorativo para uso industrial, comercial y doméstico. Pero la función de los recubrimientos de pintado no es sólo la de proporcionar una superficie brillante o un aspecto atractivo, sino que también proporciona al material protección frente al uso diario y los agentes externos. (Guevara, 2015)

La elección de las pinturas y el proceso de aplicación a utilizar son consecuencia de la finalidad buscada, bien sea ésta conseguir un aspecto superficial adecuado, protección frente a la corrosión, agentes químicos, fuego, algas, hongos, etc., o una combinación de ellos. (Guevara, 2015)

La calidad final del recubrimiento obtenido depende no sólo del material de pintura utilizado sino también del modo de aplicación del mismo, así como de la preparación que haya recibido la superficie a pintar y el método empleado para secar/curar la pintura. El proceso de aplicación de la pintura puede dividirse en tres etapas fundamentales: preparación de la superficie a pintar, aplicación/curado de la pintura y limpieza de los equipos. (Guevara, 2015)

1.2 Composición de las pinturas y barnices

Los componentes principales de las pinturas líquidas son: aglutinantes o resina (vehículo no volátil), Pigmentos o mezclas de pigmentos (fase solida), disolventes y diluyentes (fase liquida), además se puede considerar los aditivos que son adicionados para mejorar determinadas características. La cantidad de cada componente varía con el tipo de pintura, color y grado de brillo, pero su participación siempre responde a una composición centesimal aproximada: los disolventes pueden estar en un 50-60%, los aglutinantes desde el 15 al 45%, los pigmentos pueden variar en función del tipo de pintura y color desde un 3% hasta el 35% y los aditivos del 1 al 5%.(Guevara, 2015)

Los barnices, son películas productos transparentes y brillantes que no contienen pigmentos, por lo que sus componentes serán: disolventes (45%), resinas (55%) y aditivos (5%).(Guevara, 2015)

1.3 Preparación de la superficie

Cada una de las actividades de esta etapa puede afectar al resultado del acabado final, por ello es esencial una preparación adecuada de la superficie para asegurar un recubrimiento óptimo. De hecho, hasta el 80% de los fallos de adherencia del recubrimiento pueden atribuirse directamente a una inadecuada preparación de la superficie.(Guevara, 2015)

1.4 Técnicas de aplicación de las pinturas

Existen numerosos procesos disponibles para aplicar una capa de recubrimiento orgánico sobre una superficie. Los métodos más comunes de aplicación de recubrimientos son el pintado por pulverización aerográfica y electrostática. También se pueden aplicar sumergiendo las piezas en baños de pintura, dejando luego escurrir el exceso de pintura, o mediante métodos de aplicación directa como roll coating y flow coating. elegida dependerá del tipo de sustrato a recubrir, tipo de recubrimiento y la forma y tamaño de la superficie.(Guevara, 2015)

1.5 Equipos de pulverización

La pulverización consiste en aplicar el material sobre el recubrimiento a una distancia determinada valiéndonos de la atomización de las partículas de pintura por efecto de la presión, la alimentación del aire o bien una influencia sinérgica de ambos factores. (Guevara, 2015)

Dependiendo de si para atomizar el material se utiliza aire o se aumenta la presión, la pulverización puede variar, diferenciándose:

- Pulverización aerográfica: convencional, HVLP, EPA
- Pulverización mixta
- Pulverización airless
- Pulverización electrostática

Generalmente, los sistemas de pulverización utilizan pistolas especialmente diseñadas para atomizar la pintura. Para aplicaciones industriales, la pintura suele estar en un recipiente a presión y se alimenta a la pistola utilizando aire comprimido.

Tradicionalmente se han utilizado pistolas manuales o automáticas para aplicar las pinturas líquidas sobre los sustratos metálicos. Los principales factores que afectan a la eficacia de transferencia de una pistola de pulverización son los mecanismos mediante los cuales se atomiza el material de recubrimiento.(Guevara, 2015)

1.6 Principio de funcionamiento de las cabinas de pintura

El funcionamiento de una cabina de pintura se basa principalmente en la ventilación y renovación del aire que ocupa el volumen interno de la cabina, para que exista una circulación de aire a una determinada velocidad se utilizan extractores o ventiladores con una capacidad acorde a las características de tamaño y operaciones que se realicen durante el proceso de pintado, teniendo entradas y salidas de aire que han sido desarrolladas con diversas configuraciones que determinan la eficiencia que se puede alcanzar. Por lo general existen dos configuraciones para la renovación de aire en una cabina de

pintura, como es la extracción de aire por presión positiva y la extracción de aire por presión negativa.(Guevara, 2015)

1.6.1 Extracción de aire por presión positiva

Con esta configuración el aire es impulsado por el ventilador o extractor hacia dentro de la cabina de pintura, donde en su interior se encuentra cerrada herméticamente aumentando la presión, en lo que se podría comparar con inflar un globo, razón por la cual en algunos diseños el área de los ductos de la salida de aire es mucho menor en comparación por donde este ingresa.(Guevara, 2015)

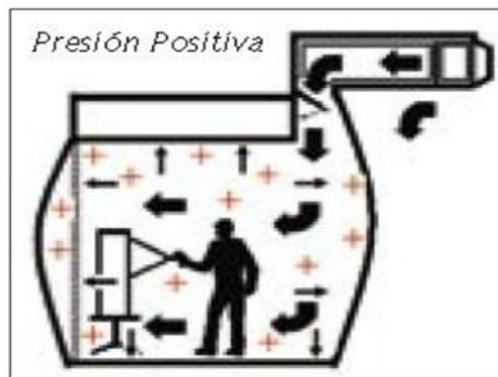


Figura 1.1 Presión Positiva

1.6.2 Extracción de aire por presión negativa

La configuración de este tipo realiza una especie de vacío en el interior de la cabina, al colocar el extractor de forma que se genere un efecto de succión del aire que se encuentra contenido dentro de las paredes de la cabina de pintura. De forma similar a la configuración positiva se debe mantener selladas herméticamente las paredes para una mejor eficiencia y tener menos pérdidas al momento de la renovación del aire. (Guevara, 2015)

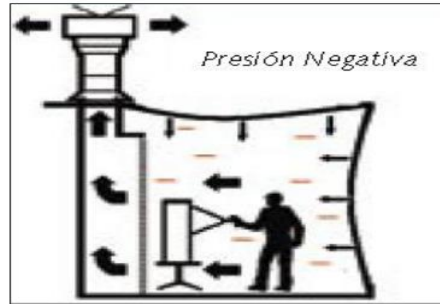


Figura 1.2 Presión Negativa

1.7 Clasificación de las cabinas de pintura

1.7.1 Clasificación según el flujo de aire

Dependiendo de la dirección del flujo de aire, las cabinas de pintura se pueden clasificar como:

- Flujo vertical o descendente: El aire es impulsado por los ventiladores de impulsión a un plenum situado en el techo de la cabina, donde, después de atravesar un filtro, el aire desciende hasta un foso situado bajo el suelo. (Rivera, Juan, 2018)

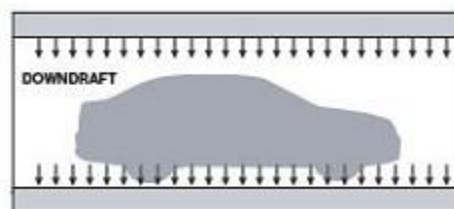


Figura 1.3 Flujo de aire vertical

- Flujo horizontal: El aire entra en la cabina a través de una falsa pared donde se sitúa el plenum, atravesando el debido filtro y recorriendo la cabina en dirección horizontal, donde, tras atravesar otro filtro, es impulsado al exterior a través de una chimenea de escape. (Rivera, Juan, 2018)

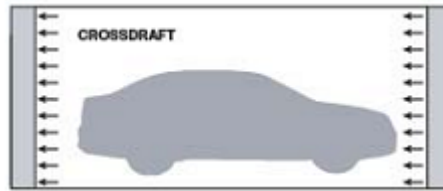


Figura 1.4 Flujo de aire

-

Flujo mixto: el aire es introducido a través del techo, pero la salida del aire se produce por una de las paredes, por lo que el flujo de aire es mezcla de los dos casos anteriores.(Rivera, Juan, 2018)

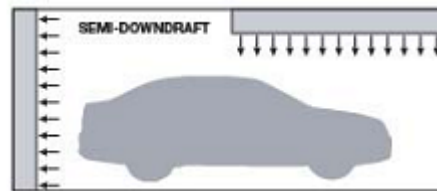


Figura 1.5 Flujo de aire mixto

1.7.2 Clasificación según el tipo de filtrado

Según el modo de filtrar el aire contaminado, se pueden clasificar las cabinas como:

- Filtrado en seco: El aire contaminado pasa a través de filtros secos especialmente diseñados para atrapar sustancias en disolución. Fabricados generalmente de papel o cartón.(Rivera, Juan, 2018)
- Filtrado por foso húmedo: El aire evacuado en la cabina circula por un foso inferior con balsa de agua que retiene los restos de pintura y disolvente en disolución. Este sistema requiere una bomba auxiliar para hacer circular el agua.(Rivera, Juan, 2018)
- Filtrado por cortina de agua: El flujo de aire atraviesa una cortina de agua que retiene las partículas en suspensión. Al igual que en el apartado anterior, este tipo de cabinas requieren bomba auxiliar.(Rivera, Juan, 2018)

1.7.3 En función del sistema de impulsión y de extracción del aire, se encuentran las también conocidas como:

Tipo Globo, es decir, con sólo un grupo de impulsión de aire (un motor y un ventilador),

Modelo Equilibrado, o sea, las que cuentan con un ventilador, grupo impulsor y grupo extractor (dos motores y dos ventiladores).(González, 2014)

1.8 Elementos de una cabina de pintura

De manera básica, una cabina de pintura consta de los siguientes elementos:

-Equipos de impulsión y extracción de aire: El aire se hace circular a través de los conductos mediante ventiladores. Estos pueden ser:

-Centrífugos o tangenciales (bajos caudales y altas presiones).

-Helicoidales o axiales (altos caudales y bajas presiones).

-Mixtos (con propiedades intermedias).

-Filtros: Las cabinas de pintura convencionales constan de 3 tipos de filtros que satisfacen las necesidades de las cabinas.(Rivera, Juan, 2018)

-Sistema de iluminación: La iluminación de la cabina es uno de los aspectos ergonómicos más importantes debido a que de esto depende la calidad visual de los productos y la seguridad de los operarios. En las cabinas de pintura se utilizan un tipo de iluminación directa y el nivel de iluminación de la cabina de pintura debe ser uniforme y aproximadamente de 750 a 1000 luxes de acuerdo al método del lumen's.(Guevara, 2015)

1.9 El flujo de aire

Manejar la corriente de aire probablemente es el elemento más importante de una cabina de pintura y su diseño. Se debe de crear un flujo laminar sobre el área de rocío para que el diseño satisfaga las necesidades de producción y al mismo tiempo un acabado de calidad. (González, 2014)

Este manejo de la corriente de aire le permite a un pintor conseguir la eficiencia máxima de la pintura rociada. La velocidad debe mantenerse uniformemente y equilibrada. (González, 2014)

1.9.1 Requerimientos de aire de la cabina

Un paso crítico en la selección del diseño de la cabina, es establecer la velocidad aérea mínima y los requisitos de volumen. La cabina de pintura debe localizarse de tal manera que permita la entrada apropiada de aire y al mismo tiempo permitir el flujo a través de la cabina.

Una cabina de pintura requiere un diseño de aire mínimo o velocidad para llevar el “overspray” a través de la cabina, más allá del operador o el equipo automático, y lo deposita en el filtro. La velocidad siempre debe ser suficiente para llevar el “overspray” fuera del operador y a la cámara de descarga.

La velocidad posible en una cabina depende del tamaño del ventilador. La mayoría de las cabinas en el mercado, vienen provistas de paquetes de motor y ventilador integrados, diseñados para satisfacer las necesidades de aire de una cabina específica, tomando en cuenta el tamaño y diseño del sistema. Los diseños de aire de las cabinas de pintura, toman en cuenta presiones estáticas, o sea, la resistencia del aire en las entradas de aire, filtros y todo el sistema de tubería.

La presión estática es la cantidad de resistencia aire que se debe de superar, para que el aire se mueva de un punto A a un punto B. La presión estática en una cabina de pintura se encuentra en dos áreas en el sistema de filtrado y los ductos que conducen el aire.

Cuando los filtros de succión o descarga de aire se ensucian o se llenan de polvo o partículas no deseadas, la cantidad de aire que atraviesa al filtro disminuye, esto hace que la presión estática aumente. El volumen y velocidad de aire disminuyen, cuando codos, reductores, coplas, etc., se agregan al sistema de tubería. El diseño ideal de un sistema es mantener el sistema de ductos a un nivel mínimo. (González, 2014)

1.10 Métodos de diseño de Ductos

El primer paso para selección el sistema de ductos, es determinar el tamaño del mismo. Para realizar el diseño requerido, existen dos métodos de diseño de sistemas de ductos, que son el método de igual fricción y el método de recuperación estática. (González, 2014)

1.10.1 Método de igual fricción

La base de este método de dimensionamiento de ductos es que se selecciona un valor para la pérdida de presión por fricción, por longitud de ducto, y se mantiene constante para todas las secciones de ducto del sistema. El valor que se selecciona se basa en general en la velocidad máxima permisible en el ducto principal que sale del ventilador, para así evitar demasiado ruido.

Cuando se usa un equipo embalado puede ser que el ventilador tenga una capacidad de presión reducida. En este caso, en lugar de comenzar con una velocidad seleccionada, será necesario calcular la longitud equivalente total del sistema, y a continuación dividir la presión del ventilador entre dicha longitud para encontrar la máxima pérdida por fricción de diseño.

Este método de igual fricción, para diseñar ductos es bastante fácil, y probablemente sea el más usado. Para sistemas que no tienen grandes distancias entre la entrada y primera salida funcionan bastante bien. Sin embargo, si hay distancias grandes entre las salidas al principio y el final del sistema, las que quedan cerca del ventilador tendrán mayor presión. El resultado puede ocasionar dificultades para balancear los flujos y posiblemente también origine ruido excesivo.(González, 2014)

1.10.2 Método de recuperación estática

Este método se usa para diseñar sistemas de alta velocidad, con más de 12m/s a 15m/s. La base de este método para determinar los tamaños de los ductos, es reducir velocidades en cada sección del ducto de modo que el aumento resultante de presión estática sea el suficiente para compensar las pérdidas por fricción en la siguiente fricción. Por lo tanto, la presión estática es la misma en cada unión del cabezal principal.

Una desventaja de este método para el diseño de ductos es que en general da como resultado un sistema con algunas de las secciones de ducto mayores que las que se determinan mediante el método de igual fricción. Sin embargo, para sistemas con grandes velocidades se recomienda este método. Para sistemas de ductos de retorno de aire se usa en general el método de dimensionar por igual fricción. (González, 2014)

1.11 Ventiladores

Los ventiladores son máquinas rotativas que ponen el aire, o un gas, en movimiento. Podemos definirlo como una turbomáquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire. (Escoda, 2014)

Este consta en esencia de un motor de accionamiento, generalmente eléctrico, con los dispositivos de control propio de los mismos: arranque, regulación de velocidad, conmutación de polaridad, etc. y un propulsor giratorio en contacto con el aire, al que le transmite energía.

El propulsor adopta la forma de rodete con alabes, en el caso del ventilador centrífugo, o de una hélice con palas de silueta y en número diverso, en el caso de los axiales. (Escoda, 2014)

Los rodetes o hélices van envueltos por una caja de paredes de cierre en forma de espiral para los centrífugos y por un maco plano o una envoltura tubular en los axiales. La envolvente tubular puede llevar una reja radial de alabes fijos a la entrada o la salida de la hélice, llamada directriz, que guía el aire, para aumentar la presión y el rendimiento del aparato.

En el tipo helicocentrífugo y en el transversal, el elemento impulsor del aire adopta una forma cercana al de los rodetes centrífugos. (Escoda, 2014)

1.11.1 Clasificación de los ventiladores

Los ventiladores han venido clasificándose de muy diferentes maneras y no es extraño que un mismo aparato pueda aceptar dos, tres o más denominaciones. Es

bastante común adoptar la designación atendiendo a alguna de sus características adoptadas al caso que se está tratando. (Escoda, 2014)

Atendiendo a su función

Ventiladores con envolvente, que suele ser tubular. A su vez pueden ser:

Impulsores: entrada libre, y salida entubada

Extractores: Entrada entubada descarga libre.

Impulsadores-extractores: entrada y salida entubada.

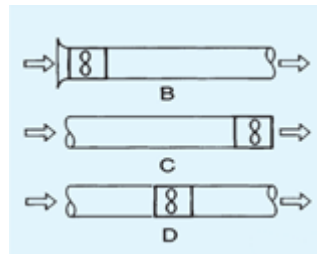


Figura 1.6 Ventiladores con envolvente

Ventiladores Murales: conocidos también como simplemente extractores, tienen la función de trasladar aire entre dos espacios separados por un muro o pared. (Escoda, 2014)

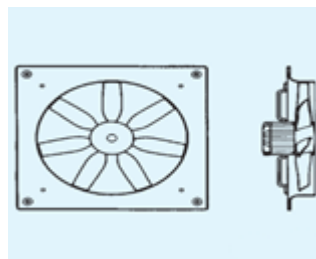


Figura 1.7 Ventiladores Murales

Ventiladores de chorro aparatos usados para proyectar una corriente de aire incidiendo sobre personas o cosas. (Escoda, 2014)

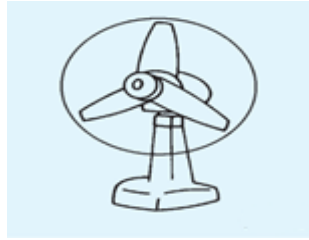


Figura 1.8 Ventiladores de chorro

Atendiendo a la trayectoria del aire

Ventiladores centrífugos: En estos aparatos la trayectoria del aire sigue dirección axial a la entrada y paralela a un plano radial a la salida están en ángulo recto. (Escoda, 2014)

El rodete de estos aparatos está compuesto de alabes que pueden ser hacia adelante, radiales, o atrás.

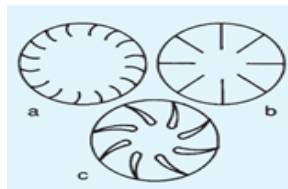


Figura 1.9 Ventiladores centrífugos

Ventiladores axiales: la entrada de aire al aparato y su salida siguen una trayectoria según superficies cilíndricas coaxiales. (Escoda, 2014)

Ventilador Transversales: la trayectoria de del aire en el rodete de estos ventiladores es normal al eje tanto a la entrada como a la salida, cruzando el cuerpo del mismo.

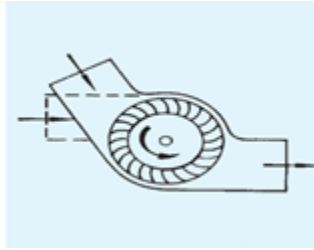


Figura 1.10 Ventilador Transversales

Ventiladores de helicocentrífugos: son aparatos intermedios a lo centrífugos y axiales. El aire entra como en los axiales y sale igual que en los centrífugos.

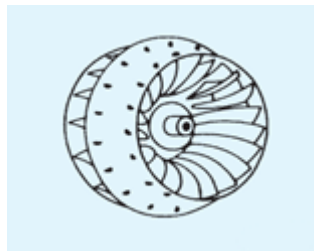


Figura 1.11 Ventiladores de helicocentrífugos

1.11.2 Curva característica

El ensayo de ventiladores tiene por objetivo determinar la capacidad del aparato para transferir la potencia al aire que mueve.

El ventilador se hace funcionar a un régimen de giro constante, tomando valores de diferentes caudales movidos, según sea la pérdida de carga que debe vencerse.

Según sea el equipo, su curva característica adopta una u otra forma primando el concepto de caudal sobre el de presión o viceversa. En los ventiladores helicoidales, axiales, en comparación con el caudal que son capaces, sus posibilidades de presión son discretas. Los ventiladores centrífugos, en general, son capaces de presiones altas con caudales más bien bajos y los helicocentrífugos participan de ambas posibilidades de caudal y presión, si bien no en la medida que a especifican de los otros. (Escoda, 2014)

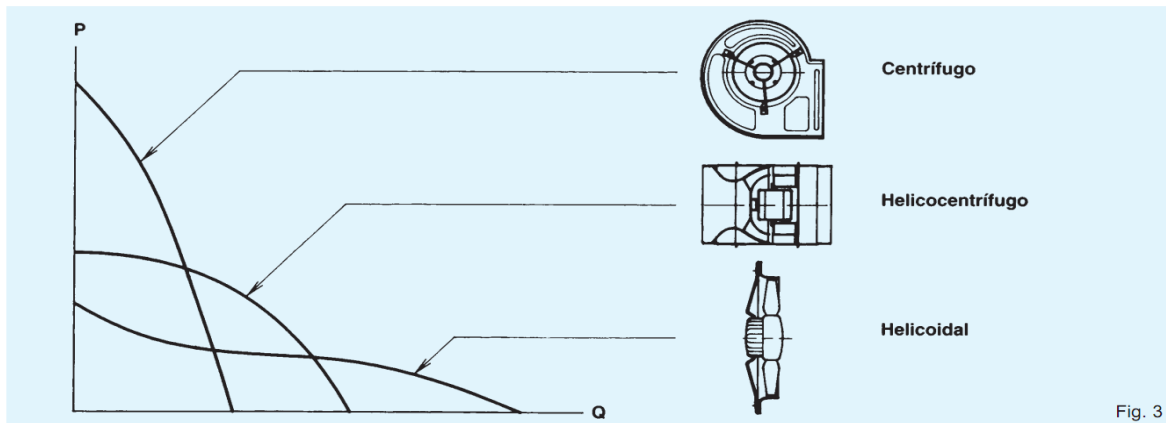


Figura 1.12 Curvas características

1.12 Sistema de filtración

Seleccionar el filtro incorrecto para el sistema, o seleccionarlo simplemente por el precio, son factores que pueden producir una reacción en cadena abusiva. Las partículas del overspray que se escapan de ser capturadas, pasan a la próxima fase. En una unidad de pintura de flujo vertical, produce una carga prematura de la recirculación de los filtros, que luego después afecta en la etapa de curado. (González, 2014)

El sistema del filtro debe capturar ambas, partículas mojadas y secas, porque un alto porcentaje del overspray, sobre todo en las cabinas de flujo vertical, las partículas están secas hasta alcanzar el sistema de filtración. (González, 2014)

La filtración, sobre todo la filtración de la descarga, es crítica a la actuación de un sistema. Todos los filtros están clasificados bajo numerosos criterios incluyendo estas tres características principales:

- Eficiencia: la habilidad de un filtro de remover las partículas y el overspray.
- Capacidad de sostenimiento: La cantidad de partículas que el filtro puede sostener antes de ser reemplazado.
- Resistencia estática al flujo de aire: La cantidad de aire que entra al sistema para su operación.

En la mayoría de las cabinas se ven tres grupos de filtros que se encargan de mantener los parámetros del aire durante el proceso para asegurar la calidad del mismo estos son:

Pre-filtro: Por lo general hechos de fibra sintética. Se comercializan con marco rectangular o cuadrado, en bolsas o en rollos de manta cortados a medida. Destinados a retener gran parte de polvo y suciedad para no saturar el filtro de admisión. Calidades G2, G3, G4 y F5 capacidades de retención de polvo de 180 a 600 gr/m² (eficacias del 69 al 96% según calidad). Estos son prescindibles, pero



Figura 1.13 Pre-filtros

alargan en gran medida la vida de los filtros de admisión. (Rivera, Juan, 2018)

Filtro de admisión: Generalmente hechos de fibra sintética. Se comercializan esencialmente en rollos de manta cortados a medida según convenga. Destinados a mejorar la calidad del aire final. Calidad F5 y capacidad de retención de polvo de 550 a 600gr/m² (eficacia gravimétrica entre 93 y 98%). (Rivera, Juan, 2018)

FILTROS DE TECHO



Figura 1.14 Filtros de admisión

Filtro de extracción: Destinados a detener la niebla de pintura sobrante. Fabricados tanto en cartón plegado, como en papel de vidrio o papel de estroza. Calidad G3 con eficiencia gravimétrica del 85 al 90%. (Rivera, Juan, 2018)



Figura 1.15 Filtros de extracción

1.12.1 Mantenimiento del Sistema de Filtros

El mantenimiento apropiado de filtros proporciona la distribución de aire uniforme adentro de la cabina de pintura, y ayuda a mantener la presión positiva ideal en la cabina de pintura. (González, 2014)

La única manera de asegurar la corriente de aire apropiada y un ambiente libre de partículas, es mantener todas las partes del sistema de la filtración en las especificaciones determinadas por el fabricante.

El uso de la cabina, requiere un calendario regular de reemplazo de los filtros. Las especificaciones requieren que el sistema de filtros se inspeccione después de que cada período de uso y los filtros que estén sobrecargados de suciedad, se cambien inmediatamente.

El sistema de filtración debe mantenerse para asegurar su integridad. Siempre deben cambiarse los filtros y los reemplazos deben ser del mismo tipo de medidas y especificaciones. Estos filtros han sido seleccionados como un sistema, y debe mantenerse como tal. El sistema se diseña tomando en cuenta la dirección de la corriente de aire, la presión estática. Los cambios al sistema afectarán a este en la actuación de todo el sistema de la cabina. Estableciendo un horario para los cambios del filtro es un paso importante hacia asegurar la calidad de terminado. (González, 2014)

Algunas señales de que los filtros están acercándose al fin de su vida de servicio son:

- La presión es negativa en la cabina.
- El aumento de suciedad en los filtros.

La inspección visual de los filtros:

- los filtros se descoloran.
- los filtros empezarán a formar una bolsa de restricción de aire.
- los filtros empiezan a deformarse debido a la gran acumulación de suciedad y al mismo tiempo el sello entre el marco del filtro y la cabina se romperá.

Las razones por la que la vida de los filtros es más corta son:

- La instalación se localiza cerca de un ambiente sucio.
- Proceso de introducción de aire genera contaminación en la cabina.
- Agujero en la tubería de retorno de aire, se encuentra sucia.

Beneficios en la utilización de Filtros Secos:

- Alta eficiencia en la retención y captura de partículas de pintura
- Baja resistencia al flujo de aire
- Menor acumulación de pintura en el sistema de extracción
- Menor tiempo de parada para mantenimientos
- Pueden ser desechados con los restos de pintura
- Rápido reemplazo
- Bajo costo de reposición
- Bajo costo operativo

1.13 Iluminación

Cada fuente de luz puede ser descompuesta en 4 componentes distintos para ser analizada, intensidad, dirección, color y tamaño.

La intensidad de la luz puede ser definida simplemente como la cantidad de luz emitida desde una fuente. A medida que se incrementa la intensidad de una luz, desde cero hasta valores muy elevados, comienzan a suceder cosas interesantes a los objetos iluminados por dicha luz.

Para ver la influencia de la dirección de la luz debemos Imaginar una escena donde existe luz de intensidad y color equivalente, incidiendo sobre un rostro humano en todas direcciones por igual y sobre un fondo negro. ¿Qué se vería? Solamente una silueta bidimensional del rostro recortada sobre el fondo. ¿Por qué? Porque los rayos de igual color e intensidad 'pintarán' todos los lados del rostro con el mismo color y la misma intensidad. Si una sombra tendiera a formarse, sería instantáneamente borrada por los rayos que inciden sobre esa región. La dirección de la luz proveniente de una fuente puede mejorar la forma del sujeto. (González, 2014)

El color de una luz directa depende de su fuente de irradiación. La luz blanca está compuesta por todos los posibles colores existentes. Un rayo de luz blanca cambiará de color si encuentra un obstáculo que no sea ni blanco ni negro. Si

impacta a un objeto blanco, el mismo rayo es reflejado. Si el objeto es de color negro, el objeto absorbe toda la luz, sin importar de qué color era originalmente y nada es reflejado. De manera que básicamente al observar un objeto totalmente negro, se ve de ese color porque no hay luz que ingrese al ojo proveniente de esa dirección.(González, 2014)

El tamaño de la fuente tiene un efecto preponderante en la sensibilidad general.

Hay dos consideraciones principales al evaluar la iluminación de una cabina de pintura:

- qué características son importantes evaluando la luz
- cómo nosotros proporcionamos los varios tipos de luz disponibles

Muy a menudo, cuando se trata de actualizar o renovar el sistema de iluminación de la cabina de pintura, no se le da la consideración apropiada a la misma, y cómo afecta a los resultados del acabado final que el cliente espera, o de ofrecer las características mínimas de los talleres de la competencia. El resultado es una batalla constante con el operario profesional de la aplicación, quien es pedido de por lo menos llegar a los niveles estándares de acabado en un ambiente que satisface pobremente las especificaciones mínimas. La selección del tipo correcto de iluminación puede ser desafiante con la información que se debe saber para cada tipo de aplicación.

Varios métodos de cuantificar el volumen colorido de una fuente de iluminación particular existen para ayudar a predecir este efecto:

- Índice del color (Color Rendering Index – CRI)
- Temperatura correlativa del color (Correlated Color Temperature – CCT)
- La distribución del poder del espectro

1.13.1 Índice del Color (CRI)

La tasa del Índice del Color da la habilidad de la luz de reproducir el espectro visible entero. Por ejemplo, el sol tiene un CRI de 100. Algo encima de 90 CRI es considerado la iluminación de espectro completo. (González, 2014)

El CRI de una lámpara es determinado comparando el cambio en el color con una lámpara de referencia. Se usan ocho muestras normales para la comparación. La lámpara de la referencia y fuente a comparar, deben tener la misma temperatura correlativa. Un CRI de 100 indica la correlación calorífica perfecta del color.

El CRI es una medida de la calidad de iluminación. El valor es medido entre 0-100, con la luz del día natural y la iluminación artificial igualadas a 100. Las lámparas que poseen un alto CRI da a los objetos la apariencia de ser más vivos. Generalmente, mientras más alto sea el valor del CRI de una lámpara, menor será su eficiencia.

1.13.2 Temperatura Correlativa del Color (CCT)

La Temperatura correlativa del color mide la temperatura a la que una lámpara quema. La temperatura correlativa del color es un método de cuantificar el color de una fuente de iluminación. Este método de comparación de color asigna una temperatura en grados Kelvin a un rango de colores para un radiador de cuerpo negro a la misma temperatura. El radiador del cuerpo negro es un objeto teórico capaz de absorber toda clase de energía que lo pegó y luego re-radiar perfectamente esta energía. A la temperatura de un cuarto el cuerpo negro parece negro, a 800° K parece rojo intenso, a los 3,000o K parece amarillo, blanco a 5,000o K, azul pálido a los 8,000o K, y azul intenso a los 50,000o K.(González, 2014)

Un ejemplo de esto sería un lingote de hierro puesto en un horno. Inicialmente la barra es de color gris oscuro. Como empieza a calentarlo aparece el rojo oscuro. A medida que el calor aumenta la barra brilla a rojo intenso. Gradualmente, con el calor aumentado, la apariencia de la barra cambiará a naranja, pasa a amarillo, y finalmente un color blanco azulado. Este tipo de correlación colorida es la medida exacta del color de un objeto. Técnicamente, este método sólo es aplicable para las fuentes incandescentes. Cuando es aplicado a adornos fluorescentes o luces de descarga de alta intensidad, los términos “temperatura del color aparente” o “temperatura correlativa del color” son aplicados.(González, 2014)

La temperatura correlativa del color es una medida de la apariencia colorida de luz, no la temperatura real. Fuentes de iluminación que parecen blanco incandescente a azul-blanco, tienen una temperatura correlativa del color alto (3600°K y mayor) y se describen como "frescas". Fuentes que parecen amarillo-blanco a rojo-blanco tienen una temperatura correlativa del color baja (3400°K y menor) y se describen como "tibio". Se considera que la luz del día está alrededor de 5500°K y las plantas que han crecido bajo esta luz les cae bastante bien. El costo de la lámpara aumenta como la temperatura correlativa del color sube, debido a los materiales de fabricación para las lámparas. Una temperatura correlativa del color de 5,000 a 6,500° Kelvin, es considerada de espectro completo.

1.13.3 Poder de Candela

El próximo enfoque por cuantificar un plan de la iluminación está en el nivel apropiado de iluminación. La Candela (o Vela) es la unidad básica de medida ligera. La Vela se describe como la intensidad luminosa de fuente, o la intensidad de luz en una dirección dada. Una vela de cera ordinaria tiene una intensidad luminosa de un Candela en una dirección horizontal.

El flujo proporcional al tiempo de luz se describe como el flujo luminoso. La unidad estándar de flujo luminoso es el Lumen (L). El L difiere de la Vela en eso que es una medida de flujo ligero. Un L es el flujo ligero transmitido en un área de 1 pie^2 dónde cada punto en el área es un pie fuera de una fuente de Candela.

La iluminación es la densidad de flujo luminoso en una superficie. La iluminación es medida en las unidades de footcandle (FC). Un FC es la iluminación en un punto en una superficie que es un pie del perpendicular a una fuente del punto uniforme de una vela. (González, 2014)

Conclusiones parciales del capítulo I

- El diseño de las cabinas se encuentra diversificado y especializado por la amplia gama de necesidades de los usuarios.
- La cabina funcionará con presión positiva y un flujo de aire mixto que generará corrientes envolventes en las piezas a pintar.
- Para esta aplicación se seleccionarán filtros secos por la generalización que tiene su uso
- La estructura se fabricará con perfiles de acero y planchas de lámina para las paredes laterales y la parte del techo.
- Las luminarias seleccionadas deben tener un CRI de 90 o mayor, con una temperatura correlativa del color entre 5,000 y 7, 500° K.

Capitulo II

Capítulo II Cálculos y selección de los componentes de la cabina.

2.1 Dimensiones

Atendiendo a las necesidades de la empresa se llega al objeto de mayor tamaño a pintar en la cabina que es una estructura modular en forma de prisma de base rectangular, con largo de 8 metros, ancho 2,20 metros y una altura de 2.80 metro.

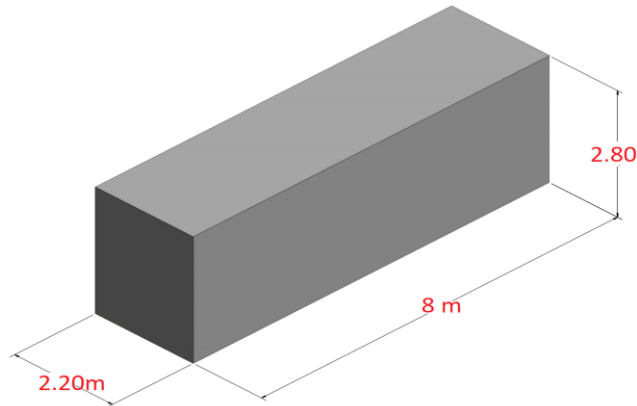


Figura 2.1 Objeto de mayor tamaño

Para lograr un correcto funcionamiento de la misma en el momento de colocar las piezas dentro o retirarlas, dar espacio para el operador de moverse alrededor y al mismo tiempo de poder movilizar determinados equipos de trabajo para poder finalizar el acabado. se selecciona una cabina del siguiente tipo y dimensiones:

- Tipo de Cabina: Flujo mixto
- Longitud: 10 metros
- Ancho: 4.5 metros
- Alto: 4 metros

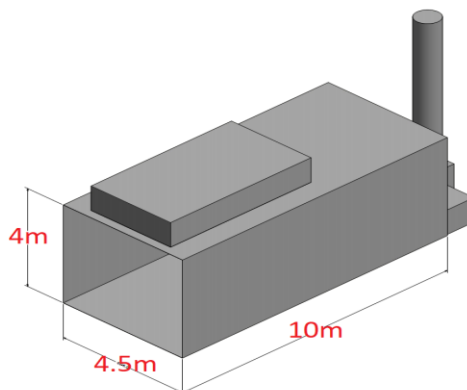


Figura 2.2 Dimensiones de la cabina

2.2 Ventilación

De acuerdo con el tipo de cabina seleccionado (flujo mixto), existe una entrada de aire limpio por sobrepresión a través de los filtros en el techo de la cabina, para tratar de evitar que los operarios que trabajen en el interior, respiren los componentes de la pintura. En la pared del fondo se colocará un colector de rejillas de filtrado para evacuar el aire, conectado a un colector de salida al exterior.

La extracción del aire nuevamente filtrado, se realiza por el colector antes mencionado, de dimensiones a determinar.

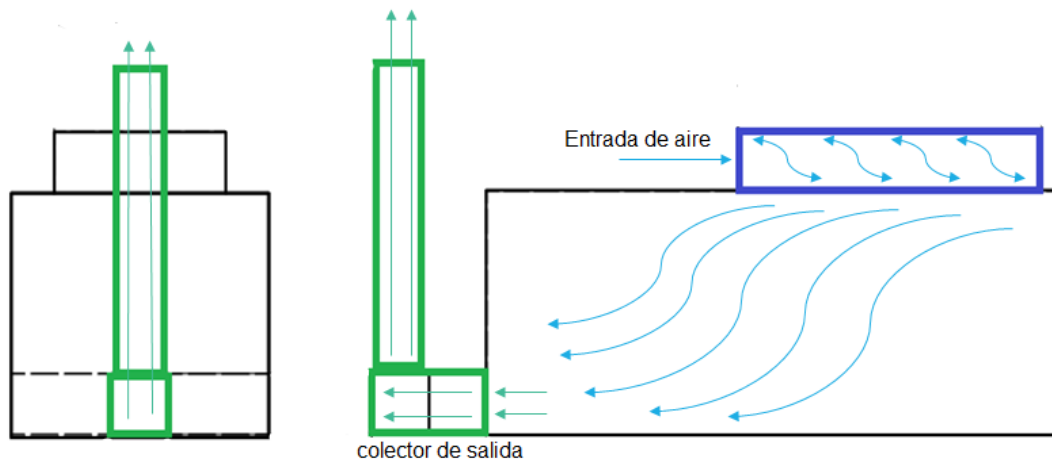


Figura 2.3 Flujo de aire en la cabina

2.2.1 Cálculo del caudal

La mayor parte los fabricantes de pintura recomiendan una renovación del aire de la cabina de pintura, de entre 150 y 180 renovaciones a la hora del volumen total de la cabina tomado promedio se seleccionó un valor 160 renovaciones a la hora.

$$Q = 10 * 4.5 * 4 * 160 = 28800 \text{ m}^3/\text{h} \quad \text{ec2.1}$$

2.2.2 Cálculo de la sección de plenum

Para determinar la sección de los filtros de entrada de aire, y tomando en cuenta datos técnicos de fabricantes de filtros secos, se efectuaron los cálculos sobre la base de una necesidad de velocidad de 0.5 m/s, lo que lleva a una sección de paso en el techo de:

$$\text{Sección(Se)} = \frac{\text{Caudal(Q)}}{\text{Velocidad} \frac{\text{m}}{\text{s}} * 3600} \quad \text{ec2.2}$$

$$\text{Sección(Se)} = \frac{28800}{0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 3600}$$

$$\text{Sección(Se)} = 16\text{m}^2$$

2.2.3 Cálculo de punto de captación de aire

Determinación de la sección del colector inferior para la evacuación del aire, se realizó el cálculo sobre la base de una velocidad del aire en el colector de 8 m/s: (según datos técnicos de fabricantes de filtros) con punto de captación de aire contaminado tipo cabina (**Anexo No 1**).

$$S_s = 28800 / (8 \text{ m / s} * 3600)$$

$$S_s = 1\text{m}^2$$

2.2.4 Pérdidas de carga por rozamiento

Las pérdidas se deben a la viscosidad del fluido y a las variaciones 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 pérdidas de presión total por unidad de longitud de conducto: (Pa/m) o (mm.c.a/m).

El cálculo de pérdidas de carga por formulación es complicado, ya que depende de un numero 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 condiciones en el aire temperatura y densidad, así como presión atmosférica (altura).

Cálculo pérdidas de carga por rozamiento en la chimenea de escape de los gases:

Calculamos el diámetro máximo en el ducto utilizando la ecuación siguiente:

$$D = \sqrt{(4 \cdot Q) / (\pi \cdot V)} \quad \text{ec2.3}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 8 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 8 \text{ m}/\text{s}}} = 1.12 \text{ m}$$

Conociendo el diámetro buscamos en el monograma de pérdidas de cargas (h_{ta}) por el rozamiento de aire con las paredes de los ductos (**Anexo No 4**).

$$h_{ta} = 0.6 \text{ Pa/m}$$

Siendo este valor tan bajo reajustamos el diámetro del ducto para ahorrar materiales a 0.8 m con su respectivo nuevo valor de (h_{ta})

$$h_{ta} = 5 \text{ Pa/m}$$

Entonces calculamos las pérdidas en las tuberías (h_{tub}):

$$h_{tub} = h_{ta} \cdot L_{tub} \quad \text{ec2.4}$$

$$h_{tub} = 5 \text{ Pa/m} \cdot 5 \text{ m}$$

$$h_{\text{tub}} = 25\text{Pa}$$

$$h_{\text{tub}} = 25\text{Pa} * \frac{1\text{mmcda}}{10\text{pa}}$$

$$h_{\text{tub}} = 2.5\text{mmcda}$$

Cálculo de las pérdidas en los accesorios:

Para codos tenemos la siguiente ecuación:

$$h_c = n * N * P_d \quad \text{ec2.5}$$

Donde:

n: Coeficiente para codos de 90°.

N: Número de codos.

P_d: Presión dinámica.

Para encontrar la presión dinámica acudimos al (**Anexo No 9**) y para la velocidad de 8 m/s tenemos una **P_d = 5 mmcda**.

Tenemos 2 codo

Para codos de 90° **n=1.6**

$$h_c = 1.6 * 2 * 5$$

$$h_c = 16 \text{ mmcda}$$

2.2.5 Selección y cálculo de las pérdidas en los filtros:

Con el objetivo de mantener una calidad de aire optima dentro de la cabina se seleccionaron los siguientes filtros.

Prefiltros

Las unidades de ventilación seleccionadas cuentan con filtros sencillos, de baja pérdida de carga y destinados a retención de polvo para condiciones de ventilación general. Calidad G3 con pérdida de carga despreciables.

Filtros de techo

Para la salida del plenum se escoge Manta filtrante de entrada de aire destinados a retener polvo fino, del orden de 1 micra. Calidad M5 con pérdida de carga $h_{filp} = 30 \text{ mmcda}$. (Anexo No 5)

Filtros de retención y descarga

En sección del sistema de filtrado seleccionamos filtros filtro kraft de cartón troquelado con varias capas ensambladas de papel kraft, utilizables en cualquier línea de aplicación de pintura y barniz. Capacidad de retención del 96% con pérdida de carga $h_{filr} = 8 \text{ mmcda}$. (Anexo No 6)

Pérdidas de carga en los filtros:

La pérdida de carga calculada para el sistema de filtrado fue de $h_{fil} = 38 \text{ mmcda}$. Si el fabricante de los filtros indicara pérdidas superiores, sería preciso recalcular el tipo de ventilador prescrito.

Cálculo pérdidas de carga totales:

Es la suma de todas las cargas antes calculadas, los conductos son horizontales y la diferencia de altura es inferior a 100m por tanto la ecuación queda así:

$$H = h_{tub} + h_c + h_{fil}$$

$$H = 2.5 + 16 + 38$$

$$H = 56.5 \text{ mmcda}$$

ec2.6

2.2.6 Selección de los ventiladores

Con los datos obtenidos de caudal y la presión se selecciona el grupo de impulsión que cubra las necesidades:

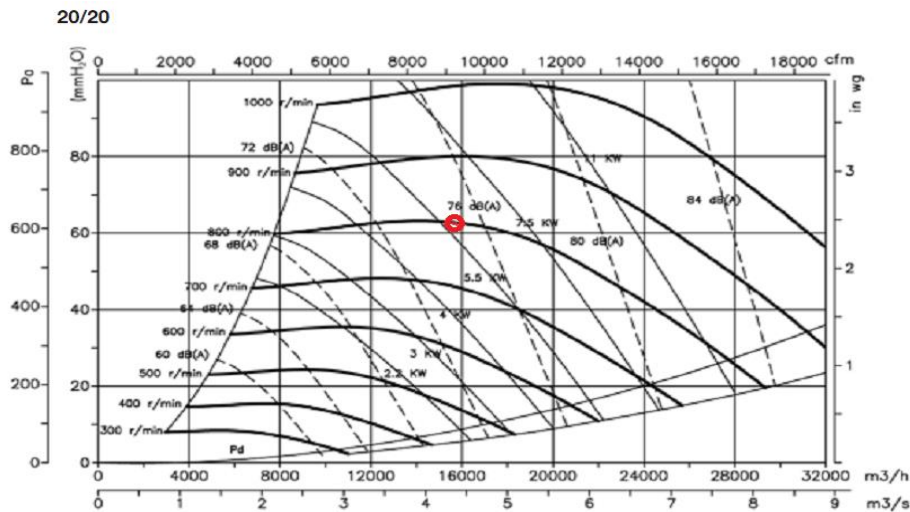


Figura 2.4 Curva característica CJBX/ALF20/20

CJBX/ALF20/20x2: Unidades de ventilación a transmisión con periferia de aluminio y chapa prelacada, aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de doble aspiración de la serie CBX y filtro incorporado

Características técnicas del ventilador:

- Motor de 3 velocidades, 6 polos, trifásicos 180-50Hz,
- Caudal de 8000 a 16000 m³/h
- Presión estática 600 Pa
- Envoltorio en chapa de acero galvanizado
- Turbina con álabes hacia delante, en chapa de acero galvanizado
- Anticorrosivo en chapa de acero galvanizado
- Motores eficiencia IE-2
- Eje libre con rodamientos a bolas de engrase permanente en ambos lados
- Las unidades de ventilación integran con filtros sencillos Calidad G3

Para más información ver **Anexo No 8**

2.3 Diseño estructural de la cabina

2.3.1 Cálculo de peso de la estructura

Las dimensiones de cada plancha son:

Ancho:120 cm

Alto: 240 cm

Espesor: 1 mm

Peso: 7.5 kg / m²

Se considera largo y el ancho de la cabina de 10m y 4.5m respectivamente. Podemos calcular la superficie y peso del techo.

$$\text{Superficie techo} = \text{largo} * \text{ancho} \quad \text{ec2.7}$$

$$S_t = 10\text{m} * 4.5\text{m}$$

$$S_t = 45\text{m}^2$$

Se determinó el peso total:

$$W_1 = S_t * w \quad \text{ec2.8}$$

$$W_1 = 45\text{m}^2 * 7.5 \text{ Kg/m}^2$$

$$W_1 = 337.5\text{kg}$$

$$W_1 = W_2 = 337.5\text{kg} = 3309.74\text{N}$$

2.3.2 Materiales de la Estructura

La estructura será armada en perfil C 50mm x 25mm x 3 mm acero ASTM A36

Especificaciones del acero son:

E = Módulo de elasticidad del acero.

$$E = 2100000 \text{ Kg/cm}^2$$

S_y = Resistencia a la fluencia.

$$S_y = 4489.8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \text{Área transversal} = 2.70 \text{ cm}^2$$

Peso aproximado por metro = 2.12 kg/m

Propiedades del eje "X":

$$I = \text{Inercia} = 9.7 \text{ cm}^4$$

$$Z = \text{Módulo de sección X} = 3.88 \text{ cm}^3$$

$$R_x = \text{Radio de giro en el eje X} = 1.89 \text{ cm}$$

Propiedades del eje "Y":

$$I = \text{Inercia de Y} = 1.57 \text{ cm}^4$$

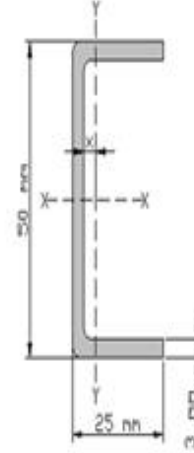
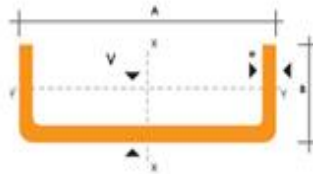
$$Z_y = \text{Módulo de sección y} = 0.91 \text{ cm}^3$$

$$R_y = \text{Radio de giro en y} = 0.76 \text{ cm}$$

PERFILES ESTRUCTURALES CANALES "U"

Especificaciones Generales

Norma	INEN 1:623:2000
Otras calidades	Prevía consulta
Largo normal	6mts
Otros largos	Prevía consulta
Espesores	Desde 1.5mm hasta 12mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Prevía consulta



DIMENSIONES			PESOS		SECCION	TIPOS							
A	B	e	6 metros	1 metro		EJE X-X				EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm ²	I	W	I	W	I	W	I	W
						cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	0.62	0.80	0.79		
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.75	
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77	
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85	
60	30	3	15.54	2.59	3.30	17.50	5.85	2.31	2.84	1.34	0.93	0.89	
60	30	4	19.80	3.30	4.20	21.10	7.03	2.24	3.51	1.72	0.91	0.95	
80	40	2	14.46	2.41	3.07	30.80	7.71	3.17	4.89	1.68	1.26	1.09	
80	40	3	21.24	3.54	4.50	43.90	11.00	3.12	7.01	2.45	1.25	1.14	
80	40	4	27.66	4.61	5.87	55.40	13.90	3.07	8.92	3.17	1.23	1.19	

Figura 2.5 Especificaciones y dimensiones generales perfil U

La longitud total del perfil utilizado en el techo es 50 m

La longitud total del perfil utilizado en la columna es 31.5 m

La longitud total del perfil utilizado en las paredes es 56 m

Perfil utilizado entre techo y columnas es 137.5m

ec2.9

$$W_3 = \text{peso del perfil}$$

$$W_3 = 137.5\text{m} * 2.12 \text{ kg/m}$$

$$W_3 = 291.5 \text{ Kg}$$

Para el aislamiento térmico se ha considerado colocar lana mineral de roca cuya densidad es de 48 kg/m³

Entonces el peso del aislamiento es:

$$W_4 = V * \rho$$

ec2.10

$$W_4 = (10\text{m} * 4\text{m} * 0.05) * 48 \text{ kg/m}^3$$

$$W_4 = 96 \text{ kg}$$

El peso de ductos consideramos como en $W_5 = 50 \text{ kg}$

Por mantenimiento se suma el peso de 1 persona $W_6 = 70 \text{ kg}$

Se determina el peso total que resistirá la estructura:

$$W_t = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 \quad \text{ec2.11}$$

$$W_t = (337.5 + 337.5 + 291 + 96 + 50 + 70) \text{ kg}$$

$$W_t = 1182 \text{ kg}$$

$$W_t = 11591.46 \text{ N}$$

Si el peso total W_t se lo divide en 14 pórticos se obtendrá un peso concentrado de:

$$P = \frac{W_T}{14} \quad \text{ec2.12}$$

$$P = \frac{11591.46 \text{ N}}{14}$$

$$P = 827.92 \text{ N}$$

2.3.3 Análisis estructural del pórtico

Para el análisis de la estructura se dibujan diagramas de cuerpo libre, los mismos que se las presentan a continuación.

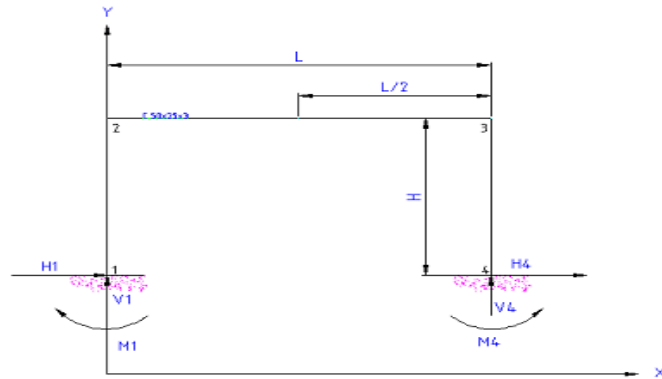


Figura 2.6 Diagramas de cuerpo libre

Se determina las constantes de diseño Φ y F estas constantes son dimensionales, que dependen de las propiedades físicas del material en este caso la C 50x25x3.

$$\Phi = \frac{I1 - 2 * L}{I4 - 3 * H} \quad \text{ec2.13}$$

$$F = 6 * \left[2 + \frac{1}{\Phi} \right] \quad \text{ec2.14}$$

Donde:

L = Es la luz del pórtico o longitud del mismo.

$L = 450 \text{ cm}$

h = Es la altura del pórtico

$h = 400 \text{ cm}$

$I1-2 = I4-3$ = Momento de inercia de la sección transversal del perfil C

$I1-2 = I4-3 = 1.57 \text{ cm}^4$

Remplazando en las ecuaciones anteriores se obtiene el resultado de las constantes requeridas para el análisis.

$$\Phi = \frac{1.57 \text{ cm}^4 \cdot 450 \text{ cm}}{1.57 \text{ cm}^4 \cdot 400 \text{ cm}}$$

$$\Phi = 1.12$$

$$F = 6 * \left[2 + \frac{1}{\Phi} \right]$$

$$F = 6 * \left[2 + \frac{1}{1.25} \right]$$

$$F = 17.35$$

El siguiente paso sería calcular los momentos en las bases del pórtico.

Pórtico de soporte fijo con carga concentrada en el centro

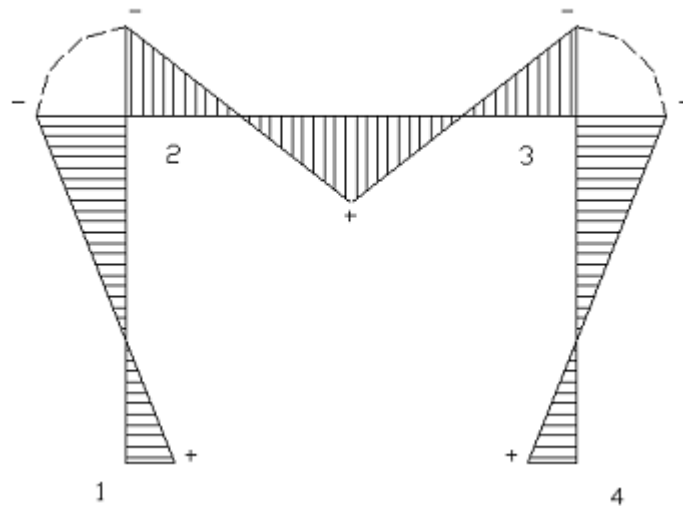


Figura 2.7 Diagramas de momentos

Se calcula los momentos en los puntos 1 y 4 de la base de la estructura.

$$M = \frac{3 \cdot P \cdot L}{4 \cdot F} \quad M = \frac{-3 \cdot P \cdot L}{4 \cdot F} \quad \text{ec2.15}$$

$$M_1 = M_4 \quad M_2 = M_3$$

Donde:

P = Carga concentrada

$$P = 827.92 \text{ N}$$

L = Es la luz del pórtico o longitud del mismo.

$$L = 4\text{m}$$

$$F = 16.80$$

Reemplazando valores de la ecuación anterior tenemos los resultados de los momentos en los puntos 1 - 2 - 3 - 4

$$M = \frac{3 \cdot P \cdot L}{4 \cdot F}$$

$$M = \frac{-3 \cdot P \cdot L}{4 \cdot F}$$

$$M = \frac{3 \cdot (827.92\text{N}) \cdot 4}{4 \cdot (17.35)}$$

$$M = \frac{-3 \cdot (827.92\text{N}) \cdot (4.5)}{4 \cdot (17.35)}$$

$$M=143.15 \text{ N.m}$$

$$M=-161.05 \text{ N.m}$$

$$M_1=M_4$$

$$M_2=M_3$$

El momento máximo de diseño se obtiene utilizando la carga concentrada en el punto medio de la viga horizontal:

$$M_x = \frac{P \cdot \frac{L}{2}}{2} + M_2 \quad \text{ec2.16}$$

Donde:

P = Carga concentrada

$$P = 827.92\text{N}$$

L = Es la luz del pórtico o longitud del mismo.

$$L = 4.5\text{m}$$

M₂ = Es el momento en el punto 2

$$M_2 = 161.05 \text{ N.m}$$

Reemplazando datos se obtiene el valor del momento máximo de diseño:

$$M_x = \frac{P \frac{L}{2}}{2} + M_2$$

$$M_x = \frac{827.92 \text{ N} \frac{4.5 \text{ m}}{2}}{2} + 161.05 \text{ N.m}$$

$$M_x = 1092.46$$

Se calcula las reacciones horizontales en las bases de la estructura en los puntos 1-4.

$$H_1 = \frac{3 * M_1}{h} \quad \text{ec2.17}$$

Donde:

h = es la altura del pórtico

h = 4 m

M1 = Momento en el punto 1 o en la base

M1 = 143.15 N.m

Reemplazando datos se obtiene que las reacciones en la base en los puntos 1 y 4 la cual será:

$$H_1 = \frac{3 * M_1}{h}$$

$$H_1 = \frac{3 * (143.15 \text{ N.m})}{4}$$

$$H_1 = 107.36 \text{ N}$$

$$H_1 = H_4$$

Se determina los valores de las reacciones verticales en los puntos 1 y 4 con la siguiente ecuación:

$$V_1 = \frac{P}{2} \quad \text{ec2.18}$$

Dónde: P = Carga concentrada

$$P = 827.92 \text{ N}$$

Se reemplaza valores en la ecuación anterior y se obtiene el siguiente resultado de reacción vertical en el punto 1 – 4.

$$V_1 = \frac{P}{2}$$

$$V_1 = \frac{827.92 \text{ N}}{2}$$

$$V_1 = 413.96 \text{ N}$$

$$V_1 = V_4$$

2.3.4 Cálculo del Esfuerzo máximo

El esfuerzo máximo que soporta la viga horizontal se determina de la siguiente forma:

$$\sigma = \frac{M_{L/2}}{Z} \quad \text{ec2.19}$$

Donde:

σ = Esfuerzo máximo que soporta la viga horizontal [N/m²]

Z = Modulo de sección del eje X [cm³]

$$Z = 3.88 \text{ cm}^3$$

Mx = Momento máximo de diseño

$$Mx = 1092.46$$

Reemplazando valores tenemos:

$$\sigma = \frac{M_{L/2}}{Z}$$
$$\sigma = \frac{1092.46}{3.88 \text{ cm}^3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}$$
$$\sigma = 281443298.96 \text{ N/m}^2$$

2.3.5 Cálculo del Factor de Seguridad

Para calcular el factor de seguridad de la estructura es necesario conocer la resistencia a la fluencia del material y el esfuerzo máximo, entonces utilizamos la siguiente ecuación.

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{ec2.20}$$

Donde:

S_y = Resistencia a la fluencia del acero [Kg/cm^2]

$S_y = 4489.8 \text{ Kg.cm}^2$

$S_y = 440 \text{ MPa}$

Σ = Esfuerzo máximo que soporta la viga horizontal [N/m^2]

$\sigma = 400247422.68 \text{ N/m}^2$

$\sigma = 400.24 \text{ MPa}$

$$n = \frac{440 \text{ MPa}}{281.44 \text{ MPa}}$$

$n = 1.56$

2.4 Diseño de la iluminación

Los niveles mínimos de iluminación que deben presentarse en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la tabla siguiente.

Tabla 2.1 niveles mínimos de iluminación

<i>TAREA VISUAL DEL PUESTO DE TRABAJO</i>	<i>ÁREA DE TRABAJO</i>	<i>NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN (LUX)</i>
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales exteriores: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50

Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies, y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos.	Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Áreas de proceso de gran exactitud.	2,000

2.4.1 Calculo del flujo luminoso

Se determinará el flujo luminoso total que se necesita en el interior de la cámara, para lo cual se usará la siguiente expresión:

$$\Phi_T = \frac{E * S}{\mu * M} \quad \text{ec2.21}$$

Dónde:

Φ_T = Flujo luminoso total [Lux].

S = Superficie del local a iluminar [m²].

E = Nivel de iluminación que se pretende conseguir 750[Lux].

μ = Factor de utilización (en función de reflexión paredes techo).

M = Factor de mantenimiento (tablas).

2.4.2 Determinando la superficie de la cámara:

$$S = (\text{Ancho} * \text{Largo})[\text{m}^2] \quad \text{ec2.22}$$

$$S = (4.5 * 10)[\text{m}]$$

$$S = 45\text{m}^2$$

Para el factor de utilización, es necesario determinar el índice del local:

El plano de trabajo será de 0.10 m sobre el suelo para un nivel de iluminación de 750 lux.

ec2.23

$$K = \frac{A * B}{h(A + B)}$$

K= Factor de utilización

A=4m

B=10m

h=2.25m

$$K = \frac{4.5m * 10m}{4m(4.5m + 10m)}$$

$$K = 0.77$$

$$K = 1$$

Con este dato se ingresa a la tabla (ANEXOS) y se determina el factor de utilización (μ) para iluminación tipo industrial es de $\mu=0.28$.

Para el factor de mantenimiento:

Tabla 1.2 Factor de mantenimiento.

Tipo de local	Factor de mantenimiento
Mala	0.50
Regular	0.65
Buena	0.80

- Se considera un sistema de iluminación M= 0.65

Remplazando en la ecuación principal se obtiene que el flujo de iluminación total es:

$$\phi_T = \frac{750 * 45}{0.28 * 0.65}$$

$$\phi_T = 145440 \text{lux}$$

2.4.2 Calculo del número de lámparas.

Se determinará el número de lámparas que necesitamos para iluminar el interior de la cámara.

$$N_L = \frac{\phi_T}{n\phi_L} \quad \text{ec2.24}$$

Dónde:

N_L = Número de lámparas

ϕ_T = Flujo luminoso total

ϕ_L = flujo luminoso de lámpara (catalogo).

n = Numero de luminarias por punto

Se emplearán lámparas led Sylvania Toledo Superia T8 de 24.5 w de catálogo.
(Anexo No 7)

$$N_L = \frac{145440 \text{lux}}{4 * 3200}$$

$$N_L = 11.48$$

$$N_L = 12$$

Distribución de las luminarias (Anexo No 3)

2.5 Sistema de aire comprimido:

Se comienza por determinar las características de los equipos que se utilizarían en el área para la realización del servicio de pintado. Una vez establecidas las necesidades preliminares, quedan marcadas las condiciones para que resulte rentable el aire comprimido y que son: evitar la caída de presión, las fugas de aire y ofrecerle calidad para mejorar su contenido. Para continuar, se definirán varios conceptos que serán de utilidad.

2.5.1 Consumo específico

El consumo específico de una herramienta o equipo se refiere al consumo de aire requerido para servicio continuo a la presión de trabajo dada por el fabricante. Se expresa en condiciones normales (Metros cúbicos normales por minuto Nm³/min o litros normales por minuto NI/min).

2.5.2 Coeficiente de utilización

Para determinar la capacidad del compresor, aparte de conocer el consumo específico de una herramienta, máquina o elemento neumático, es necesario también conocer el factor de servicio denominado Coeficiente de Utilización (Cu). Este coeficiente representa la relación entre el tiempo de trabajo efectivo respecto de un tiempo total de funcionamiento y es propio de cada equipo.

$$C_u = \frac{\text{tiempo de trabajo efectivo}}{\text{Tiempo de funcionamiento}} \quad \text{ec2.25}$$

Donde:

-Cu: Coeficiente de utilización.

-Tiempo de trabajo efectivo [seg].

-Tiempo total de funcionamiento [seg].

Equipos de pintura HVLP:

$$C_u = \frac{60\text{seg}}{60\text{seg}} = 1$$

Equipos de pintura airless:

$$C_u = \frac{60\text{seg}}{60\text{seg}} = 1$$

Cabe mencionar que a partir del coeficiente de utilización (C_u) se puede hallar el consumo promedio de aire comprimido de una máquina y/o herramienta neumática.

consumo promedio = Consumo específico * coeficiente de utilización

Demanda de aire comprimido de la Cabina

Definición de Parámetros de operación y diseño

Para el cálculo de consumos se consideran las siguientes condiciones normales de presión y temperatura (condiciones ambientales):

$$P = 1\text{Bar}$$

$$T = 20^{\circ}\text{C}$$

Las condiciones normales de operación suelen fijarse en torno a las condiciones ambientales.

Las máquinas y/o herramientas presentes en la cabina tienen consumos de aire a presiones que oscilan entre los 11bar y 19.9bar. Por ello se determinará una presión de operación de 20 bar.

La temperatura de operación considerada para el sistema de aire comprimido se establece como 30, ya que tras la compresión del aire este se calienta.

2.5.3 Identificación de sistemas y elementos neumáticos

- Cálculo de consumo de aire comprimido

El área de pintura cuenta con un total de 2 elementos neumáticos, usados para aplicar los recubrimientos.

El área de pintura cuenta con un total de 2 elementos neumáticos, usados para el pintado de las cerraduras.

Requerimiento de aire comprimido:

- 2 equipos de pintura cuyas características son similares, con un consumo de aire comprimido de 28.2 l/min a 8 bar.

$$Q_2 = \left(\frac{P_1}{P_2} \right) * \left(\frac{T_1}{T_2} \right) * Q_1 \quad \text{ec2.25}$$

Donde:

Q_1 : Caudal en condiciones iniciales l/min.

Q_2 : Caudal en condiciones finales l/min.

P_1 : Presión absoluta en bar

P_2 : Presión atmosférica en bar

T_1 : Temperatura en condiciones iniciales en °C

T_2 : Temperatura en condiciones finales en °C

Establecemos que para este caso las condiciones de temperaturas serán las mismas:

$$Q_2 = \left(\frac{8\text{bar} + 1\text{bar}}{1\text{bar}} \right) * 28.2 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 253.8 \text{ l/min}$$

Aplicando la ecuación (2.25) se tiene el consumo promedio que este caso es igual por el coeficiente de utilización es igual a 1.

2.5.4 Dimensionamiento de la red de aire

Presiones de operación

Se fijará la presión de operación del sistema en la presión de aire de los equipos, siendo la máxima presión de 7 bar, Por ello se desea que la presión de servicio de la instalación (presión en el depósito) esté comprendida entre 7 bar. y 7.5 bar. Se asumirá que la presión atmosférica es de 1 bar y la temperatura 20°C.

2.5.5 Factores de dimensionamiento

-Coeficiente de mayor ración por fugas (C_{MF})

Toda instalación de aire comprimido por muy perfecta que sea sufre eventuales y a veces continuas fugas, que es preciso considerar en el momento de diseñar. Puesto que las fugas dependen del número y del tipo de conexiones, de la calidad de la instalación, de los años de la misma y de la presión de trabajo, es difícil determinar un valor esperado de fugas en la instalación. Como regla general, es de esperar que muchos puntos de consumo con necesidades bajas tendrán muchas más fugas que pocos puntos de consumo con necesidades de caudal altas.

Instalaciones bien conservadas presentan normalmente fugas que rondan entre el 2 y el 5%. Instalaciones con varios años de servicio pueden llegar a tener fugas del orden del 10%. Si, las condiciones de mantenimiento son malas, estas pueden llegar a alcanzar valores del 25%.

Se considerará que el montaje de la instalación será realizado por personal calificado y con materiales de calidad por ello se tomará el factor de 5 %.

-Coeficiente de mayoración para futuras ampliaciones (C_{MF})

Otro factor que hemos de tener en cuenta a la hora de diseñar una instalación de aire comprimido es una probable ampliación de las instalaciones a corto/medio plazo, en este tipo de instalaciones, los valores pueden llegar a oscilar en un 15% a 25%.

Para fines de este diseño se va considerar un factor de 20%.

2.5.6 Dimensionamiento de las tuberías de la red

Para elegir el diámetro de las tuberías se debe considerar la suposición de consumos de aire más desfavorable respecto a las pérdidas de carga que se producen en la instalación. En este caso, la hipótesis más desfavorable es el trabajo simultaneo de las de sistemas de rociado de pintura. Los diámetros de las tuberías se dimensionarán por el criterio de la velocidad típica del aire en los diferentes tipos de conducto:

Tabla 2.3 Velocidades típicas en conductos

Línea principal	6 a 10 m/s
Acometidas	15 a 20 m/s

Los diámetros nominales y reales de las tuberías de acero se muestran en la figura 2.8

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR	DIÁMETRO INTERIOR
Pulgadas	mm	mm
1/8	10,2	4,9
1/4	13,5	7,7
3/8	17,2	11,4
1/2	21,3	14,8
3/4	26,9	20,4
1	33,7	25,6
1 ¼	42,4	34,3
1 ½	48,3	40,2
2	60,3	51,3
2 ½	76,1	67,1
3	88,9	79,2
4	114,3	103,5
5	139,7	128,9
6	165,1	154,3

Figura 2.8 Diámetros de tuberías comerciales según norma DIN 2441

Se calcula el caudal de aire a una presión de 7 bar, que circula por cada una de las tuberías de la instalación cuando todas las máquinas están consumiendo aire a la vez.

$$Q_2 = \left(\frac{8bsr + 1\text{bar}}{7 + 1\text{bar}} \right) * 28.2 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 36.25 \text{ l/min}$$

Diámetro (preliminar) de la tubería principal, se determinará los valores entre los que se tiene que encontrar el diámetro de tubería más adecuado teniendo en cuenta que en el futuro es posible que se sumen a la instalación más máquinas que consumen aire comprimido.

Se tiene $Q_{mqpintura} = 36.25 \text{ l/min} = 0.000608 \text{ m}^3/\text{s} = 0.608 * 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

Usando la ecuación:

$$Q = v * A = v * \frac{\pi * D^2}{4} \quad \text{ec2.26}$$

Donde:

- Q =Caudal m^3/s
- A =Area m^2
- V =velocidad m/s
- D =diámetro m

$$D_{min} = \sqrt{\frac{Q * 4}{v * \pi}} = \sqrt{\frac{(0.608 * 10^{-3}) * 4}{10 * \pi}} = 0.0088 \text{ m} = 8.8 \text{ mm}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{Q * 4}{v * \pi}} = \sqrt{\frac{(0.608 * 10^{-3}) * 4}{6 * \pi}} = 0.01136 = 11.36 \text{ mm}$$

El diámetro interior de la tubería principal debe estar entre 8 y 11 mm.

Diámetro (preliminar) de las tuberías de acometidas, se determinará los valores entre los que se tiene que encontrar el diámetro de las tuberías de acometida para que en la tubería con mayor caudal se cumpla el criterio de la velocidad descrito.

En este caso se calcula el diámetro de las mangueras para la las máquinas y pistolas de pintura del área.

$$D_{min} = \sqrt{\frac{Q * 4}{v * \pi}} = \sqrt{\frac{(0.608 * 10^{-3}) * 4}{20 * \pi}} = 0.00622 \text{ m} = 6.22 \text{ mm}$$

$$D_{max} = \sqrt{\frac{Q * 4}{v * \pi}} = \sqrt{\frac{(0.608 * 10^{-3}) * 4}{15 * \pi}} = 0.00710 \text{ m} = 7.18 \text{ mm}$$

El diámetro interior de las tuberías de acometidas debe estar entre 6 y 7 mm.

2.5.6 Cálculo de las pérdidas de carga

Toda la presión a la salida del compresor no se puede utilizar, dado que debido al rozamiento del aire con las paredes de la tubería por donde circula hasta llegar a los puntos de consumo, más los efectos de estrangulamientos que se originan en las válvulas de paso, los cambios de dirección en el flujo en los codos, todo ello repercute en pérdidas a través de un aumento en la temperatura del aire que se transforma finalmente en una pérdida de presión estática en el flujo.

Por ello toda red de distribución de aire comprimido debe dimensionarse de tal forma que la caída de presión máxima entre la salida del compresor y el punto de consumo más lejano sea como máximo de 0,1 bar. En la siguiente tabla se indican los valores recomendados de pérdida de carga en cada zona de una instalación fija de aire comprimido:

Tabla 2.4 Distribución de caídas de presión en tuberías fijas

Caída de presión en ramal principal	0,02 bar
Caída de presión en tuberías de distribución	0,05 bar
Caída de presión en tuberías de servicios	0,03 bar
Caída de presión total en instalación de tuberías fijas	0,10 bar

Cálculo de pérdidas de carga en tubería de servicio (acometida)

La tubería que se dispondrá dentro de la cabina como la única acometida previendo otras que pudieran necesitarse en futuras áreas de producción cercanas al compresor. Las pérdidas por rozamiento del sistema actual son despreciables. Los fabricantes aseguran que la caída es menor $0.10 \times P = 0.7$ bar.

La línea principal es de 5m desde el compresor hasta a la canalización de servicio dentro de la cabina.

En las canalizaciones de servicio (acometida). Se tiene una longitud lineal (L) de 22.5 metros y una longitud equivalente correspondiente a los siguientes accesorios: 1 T de paso recto, 1 válvula de esfera, 3 codos, 3 elemento de conexión de tuberías y una unidad de mantenimiento (filtro, regulador de presión y lubricación).

2.5.7 Selección del Compresor

Para seleccionar un compresor adecuado para la instalación se debe contemplar la hipótesis de consumos que se considere que va ser el más habitual. El depósito de regulación que se dimensionará más adelante permitirá dar respuesta a los picos de consumo que se puedan producir. La regulación de la presión del depósito se va realizar mediante la parada y puesta en marcha del compresor del compresor cuando se alcancen unas presiones de 7.5 y 7 bar respectivamente.

Para establecer una hipótesis de consumos realistas hay que conocer con cierto detalle el uso habitual que se hace de todas las máquinas que alimenta la instalación. Para ello se emplearán los coeficientes ya definidos anteriormente. Coeficiente de utilización (C_u) y Coeficiente de simultaneidad (C_s). Asimismo, teniendo en cuenta el consumo específico de cada máquina (Q_{esp}) se tiene:

$$Q_{consumo\ real} = C_s * \sum_{i=1}^n Q_{esp0i} * C_{ui} \quad \text{ec2.27}$$

Donde:

- C_s : Factor de simultaneidad
- $\sum_{i=1}^n Q_{esp0i} * C_{ui}$: Consumo promedio

$$Q_{consumo\ real} = 1 * 253.8 \text{ NI/min} = 253.8 \text{ NI/min}$$

Al momento de calcular el caudal que tiene que proporcionar el compresor también se aplican tres coeficientes más, los cuales son:

-Coeficiente de mayor ración por fugas (C_{MF}), cuyo valor, definido anteriormente, es de 5%.

-Coeficiente de mayor ración para futuras ampliaciones (C_{MA}), cuyo valor, definido anteriormente, es de 20%.

-Coeficiente de ciclo de funcionamiento del compresor (C_{cc}), es el cociente entre la duración total del ciclo de funcionamiento (tiempo de arranques) y el tiempo en el que el compresor produce aire comprimido (compresor funcionando).

En este caso se va a suponer el compresor está en marcha durante la mitad del ciclo, por lo que el valor de este cociente va ser igual a 2. Aplicando estos tres

coeficientes, el caudal que tiene que proporcionar el compresor se definirá de la siguiente forma:

Aplicando estos tres coeficientes, el caudal que tiene que proporcionar el compresor se definirá de la siguiente forma:

$$Q_{comp} = C_s * C_{MF} * C_{MA} * C_{cc} * \sum_{i=1}^n Q_{esp0i} * C_{ui} \quad \text{ec2.27}$$

Donde:

- C_s : Coeficiente de simultaneidad.
- C_{MF} : Coeficiente de mayoración por fugas.
- C_{MA} : Coeficiente de mayoración para futuras ampliaciones.
- C_{cc} : Coeficiente de ciclo de funcionamiento del compresor
- $\sum_{i=1}^n Q_{esp0i} * C_{ui}$: Consumo promedio.

Utilizando la ecuación

$$Q_{comp} = 1 * 1.05 * 1.20 * 2 * 253.8 \text{ NI/min}$$

$$Q_{comp} = 639.6 \text{ NI/min}$$

2.5.7 Calculo de tanque de almacenamiento

El depósito de regulación de una instalación neumática tiene varios cometidos. El más importante es el proporcionar aire a la presión deseada de forma de

inmediata, sin tener que poner en marcha el compresor. Además, se encarga de atender picos de consumo de la instalación y amortigua las pulsaciones de presión que producen habitualmente los compresores, sobre todo los alternativos.

El volumen del depósito de regulación se calcula con diferentes criterios en función de la variabilidad que puede haber en el consumo de aire y de la forma en la que se controla la producción de aire comprimido por parte del compresor. En este caso, como la producción de aire comprimido se va a controlar con la parada y puesta en marcha del compresor, interesa que el número de conexiones y desconexiones de éste sea como máximo de 15 veces por hora por recomendación del fabricante. Una frecuencia mayor supondría una fatiga excesiva de las diferentes partes del compresor y su vida se vería notablemente reducida. La ecuación de diseño que se usa habitualmente cuando se quiere limitar el número de arranques y paradas del compresor es la siguiente:

$$V_{dep} = \frac{15 * Q_{comp} * P_{atm}}{Z_s * \Delta P} \quad \text{ec2.27}$$

Donde:

- V_{dep} : Capacidad del depósito m^3
- Q_{comp} : Caudal proporcionado por el compresor Nm^3/min
- P_{atm} : Presión atmosférica absoluta bar
- Z_s : Frecuencia de conexión del compresor h^{-1}
- ΔP : Variación de presión en el depósito $(P_{max} - P_{min}) \text{ bar}$

Calculando el volumen del depósito adecuado para la instalación.

$$Q_{comp} = 0.6396 Nm^3/min$$

$$P_{atm} = 1bar$$

$$Z_s = 15h^{-1}$$

$$\Delta P = 0.5 bar$$

En la ecuación:

$$V_{dep} = \frac{15 * 0.6396 * 1}{15 * 0.5}$$

$$V_{dep} = 1.279 Nm^3 = 1279 Nl$$

Al momento de la selección se tiene como opciones usar compresores de pistones ó de tornillos rotativos sin embargo revisando las propiedades de cada una de ellos se tiene que la eficiencia del compresor de tornillo es considerada para garantizar el máximo uso de la energía eléctrica, menos ruidos en el área de trabajo y aire limpio de mayor calidad. Con el costo de la electricidad siendo uno de los gastos mayores de cualquier operación o negocio, así como el incremento en costos de mantenimiento, se considerarán los compresores Rotativos de Tornillo como parte de este diseño.

Por lo tanto se seleccionarán un compresor tipo tornillo con inyección de aceite de la marca Fisalis modelo Tifón-7C para proporcionar el caudal total de 660 Nl/min

y tiene un depósito de 2500 Nl.(Anexo No 2)

2.5.8 Selección de tuberías

Las cualidades que ha de tener una conducción de aire comprimido son fundamentalmente estanquidad y resistencia a la presión interna y a las sollicitaciones externas.

Las tuberías más comúnmente empleadas son las de acero galvanizado, unidas mediante roscado. En la unión roscada, para evitar las fugas, se utiliza estopa impregnada en minio, o mejor cinta de teflón. Externamente deberán tener un tratamiento antioxidante e irán pintadas en color azul moderado, según prescripción de la norma UNE 1063.

El diámetro interior preliminar de la tubería principal se encuentra entre los valores de 8 y 11 mm. Por lo tanto, el diámetro nominal seleccionado para la tubería principal será de 3/8.

-El diámetro interior preliminar de las tuberías de acometidas se encuentra entre los valores de 6 y 7 mm. Por lo tanto, el diámetro nominal seleccionado para la tubería de servicio será de 1/4.

DIÁMETRO NOMINAL	DIÁMETRO EXTERIOR	DIÁMETRO INTERIOR
Pulgadas	mm	mm
1/8	10,2	4,9
1/4	13,5	7,7
3/8	17,2	11,4
1/2	21,3	14,8
3/4	26,9	20,4

Conclusiones parciales del capítulo II

- A partir del objeto de mayor tamaño se determinaron las dimensiones del área de la cabina
- Se seleccionan los ventiladores que aseguran el flujo de aire teniendo en cuenta su curva característica.
- La estructura de soportación diseñada tiene un factor de seguridad aceptado.
- Los filtros seleccionados aseguran tanto la calidad del aire que entra a la cabina como la retención de las partículas que contiene en la salida.
- El sistema de iluminación asegura 750 lúmenes en toda la cabina.
- La unidad de compresión y el taque seleccionado garantizan la calidad del suministro de aire comprimido en la instalación.

Capitulo III

Capítulo III Estudio de la factibilidad económica del diseño construido.

3.1 Presupuesto de construcción de la cabina

El presupuesto de construcción se realiza en correspondencia con los datos y documentación gráfica de la Capilla de Pintura.

El valor del Presupuesto se calculó en Moneda Total.

Sistema Presupuestario Utilizado para los costos directos (mano de obra, equipos y materiales) es el Precons II, utilizando el programa de cálculo Preswin 8.1, auxiliado por el SICTEC, desarrollado por el Ing. Omar Delgado Curbelo y de uso en las entidades constructoras.

El presupuesto se confecciona por Renglones Variantes, que se relacionan con las diferentes actividades y unidades de obra.

Se desagregó por etapas o especialidades para un solo elemento u objeto Capilla de pintura. **(Ver Anexo No 10)**

3.1.1 Precio de suministros

Se tomaron precios de ofertas de proveedores y precios de la base de datos del Preswin actualizados.

3.1.2 Otros gastos directos de obra

Se calculan por un % de referencia de acuerdo a la experiencia de trabajo y de otros presupuestos similares, y que serán ejecutados en condiciones de taller en lo referente a fabricaciones. El % asumido es del 3% sobre los costos directos.

3.1.3 Gastos Generales de Obra

Se asume un % de referencia igual a 1.5% de los costos directos, para los gastos de salario y de materiales de oficina y comunicación. El % asumido cubre dichos gastos para el personal técnico y de dirección de los trabajos, ya que se desarrollará en la instalación con la fuerza de trabajo existente y dentro de la jornada laboral, cuyos gastos están en función de todos los trabajos a desarrollar dentro de la etapa.

3.1.4 Gastos Indirectos

Se calcula según Res 201-2006. Se establece un 12.36% del Total de Gastos Directos.

3.1.5 Presupuestos Independientes

- Facilidades Temporales. Se considera que no serán necesarias por realizarse el trabajo en una instalación con las condiciones necesarias y solo se presupone un gasto mínimo de extensiones o iluminación, así como alguna condición menor de bienestar posible. Este presupuesto tiene límites y su valor se incluye en la sumatoria de límite hasta el 10%.
- Gastos Adicionales: se consideró el cálculo de los viajes posibles de transporte de personal y otros equipos según las Res 259/2012 con sus modificaciones y hasta el valor permisible para cumplir con el acotamiento de los presupuestos que tienen límite.
- Transporte de suministros: se considera un mínimo de viajes dentro de un radio de 10 km. También calculado por la Res 259/2012.
- Imprevistos: se calcula sobre un 3.5% del total de gastos directos, para posibles traslados de equipos u otro elemento que se requiera desde distancias mayores mediante alquileres o la propia Res 259/2012. Además de cambio de tarifas de la mano de obra directa, esperadas hasta alcanzar las del 2005, aun no incluidas en PRECON II; y también la posible diferencia de precios del combustible sobre el precio de \$ 0.50/L incluido en las tarifas de los equipos utilizados y relacionados en los costos directos.

Sobre la base de no pasar los presupuestos independientes con límites de cálculo, cuya sumatoria debe ser igual o inferior al %, se ajustaron a los valores calculados.

- Contribuciones y tributos: No se consideran gastos para esta partida ya referencia y a entidad solicitante ejecutora contribuye a la Organización Superior de sus utilidades.

Tabla 3.1 Presupuesto de construcción

Conceptos	Importe
1.- Costo Directo de Materiales	53,717.54
2.- Costo Directo de Mano de obra	1,522.58
3.- Costo Directo de Equipos de Construcción	288.89
4.- Otros Costos Directos	0
5.- Total de Costos Directos (1+2+3+4)	55,529.01
6.- Otros gastos directos de Obra	1665.87
7.- Gastos Generales de Obra	832.94
8.- TOTAL GASTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN (5+6+7)	58,027.82
9.- Gastos Indirectos de Obra	7,172.24
10.- TOTAL GASTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN (9)	7,172.24
11.- SUBTOTAL DE GASTOS (8+10)	65,200.05
12.- Presupuesto Independiente Facilidades Temporales	71.72
13.- Presupuesto Independiente Otros Gastos Adicionales	4417.31
14.- Presupuesto Independiente Gastos Bancarios	0
15.- Presupuesto Independiente Seguros de la Obra	0
16.- Presupuesto Independiente de Imprevistos	2030.97
17.- Presupuesto Independiente Transportación de Suministros y Medios diversos	95.00
18.- Presupuesto Independiente Contribuciones, aportes pago de derechos y tributos y otros pagos	0
19.- SUBTOTAL PRESUPUESTOS INDEPENDIENTES (12+13+14+15+16+17+18)	6615.01
20.- COSTO TOTAL (11+19)	71,815.06
21.- UTILIDAD 20% (20-19-1)	2,296.50
22.- Precio del Servicio de Construcción (20 + 21)	74,111.56
23.- Servicio Ingenieros	0
24.- Otros Servicio Recibidos	0
28.- Total Servicio de Construcción (22+23+24+25)	74,111.56

3.2 Estimación de los ingresos anuales

Las estructuras modulares realizadas por la empresa MICALUM cubren una amplia gama de necesidades de sus clientes de ahí que tamaños y forma sea una variable constante. Muchos de ellos exigen acabados de pintura personalizado con colores y esquemas diferentes, otros solo desean protégelos de la acción del medio obteniendo como resultado una ganancia por la pintura variable de entre 500-1500\$ según datos suministrados por el departamento comercial. Haciendo promedio de estos trabajos podemos llegar a un valor agregado de \$800 por estructura modular.

Para lo que queda de año y el año que viene se prevé por los comerciales de empresa una producción de 10-15 estructuras de gran tamaño en cada mes. Para la realización de los planes de producción de la empresa se proyectaron 8 estructuras modulares por mes.

Lo que reportaría unos ingresos por concepto de pintura de \$6400 mensuales y \$ 76 800 en un año.

3.3 Estimación de los gastos anuales

Los gastos fundamentales que genera la cabina son el consumo eléctrico, los insumo como son la pintura, diluentes y otros gastos englobados.

3.3.1 Estimación de los gastos anuales de electricidad

Para calcular el consumo de los motores eléctricos de los ventiladores calculamos su potencia de entrada con la expresión siguiente.

$$P_e = \frac{P_s}{\eta} \quad \text{ec3.1}$$

P_e - Potencia de entrada

P_s - Potencia de salida

η - Eficiencia

Ambas unidades de ventilación cuentan con motores de 5.5 W IE-2 lo cual indica una eficiencia de 86 % para motores trifásicos (Anexo No 11).

$$\frac{5.5 \text{ kW}}{0.86} = 6 \text{ kW}$$

La unida de compresión seleccionada es accionada por un motor con una potencia 5.5 W IE-3 serie premium con una eficiencia del 95 %.

$$\frac{5.5 \text{ kW}}{0.90} = 6.1 \text{ kW}$$

En la siguiente tabla se referirá el consumo eléctrico de los diferentes equipos de la misma para un promedio 1564 horas de trabajo anual y su importe teniendo en cuenta un valor promedio del valor kWh basado en la factura de 6 meses anteriores de la empresa.

Tabla 2.2 Importe estimado del consumo de energía eléctrica anual

Equipo	Cantidad	Potencia de entrada W	Eficiencia	Potencia de Salida kW	Consumo anual kWh	Importe
lámparas	48	24.5	A	1.176	1839	\$459.82
Motor Ei2	2	5.5	IE-2	6.39535	20005	\$5,001.16
compresor	1	5.5	IE-3	6.11111	2389	\$597.36

Lo que nos da un consumo aproximado para un año de \$6058. señalar que el mayor consumo se encuentra en el sistema de ventilación.

3.3.2 Estimación de los gastos anuales de insumos

La empresa en estos momentos presenta problema con los suministradores de pinturas y diluyentes teniendo que recurrir a su compra a precios muy variables y formatos diferentes por consiguiente es un poco difícil estimar el gasto.

En este caso se toma el valor de toda la pintura y diluyentes usada en el 2018 que es de \$33546 con un aumento del 10 % previendo la inestabilidad en los suministros como el gasto de materiales de este tipo en los periodos estimados. El resultado es de \$33882.

3.2.3 Estimación de otros gastos

En otros gastos englobamos los gastos de mantenimiento de la instalación y la compra de medios de protección.

Los gastos de mantenimiento se estiman en 5% del presupuesto de ejecución de la obra y se consideran los gastos en medios de protección por hombres para dos operadores de la cabina.

3.4.4 Calculo de los gastos totales anuales estimados

Sumando todos los gastos antes referidos tenemos el total de gastos para un año que puede generar la instalación de la cabina.

**gastos anuales de electricidad + gastos anuales de insumos + otros gastos =
gastos totales anuales**

$$\$6058 + \$33882 + \$4105 = \$44045$$

3.4 Proyección del flujo de caja generado por la cabina

Existen diversas técnicas de valor descontado, aunque todas se basan en el descuento a valor presente de las cantidades futuras de flujos de caja.

Los flujos de caja son la diferencia neta entre beneficios y costos en cada uno de los años, refleja el dinero real en caja.

$$Fc_i = (I_i - G_i - Dep) * (1 - t/100) + Dep \quad ec3.1$$

Donde:

I – Ingresos en el año i , \$.

G – Gastos en el año i , \$.

T – Tasa de impuesto sobre las ganancias, %.

Dep – Depreciación del equipamiento, según su valor (\$).

A continuación, procederemos al cálculo del flujo de caja que generaría la cabina tomando una depreciación lineal repartida por los 10 años y un impuesto sobre las ganancias del 33%

$$Fc_i = (\$76\,800 - \$44\,045 - \$7\,411) * (1 - 33/100) + \$7\,411$$

$$Fc_i = \$24\,390$$

3.5 Calculo del Valor presente neto

El valor presente neto (VPN) de los flujos de caja proyectados para todos los años durante el periodo de evaluación nos da la factibilidad de proyecto aceptándose en caso de ser positivo.

$$VPN = -K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{Fc_i}{(1 + D)^i} \quad ec3.2$$

Donde:

K_0 - Inversión o capital inicial.

Fc_i - Flujo de caja en el año i .

D – Tasa de descuento real utilizada.

A continuación, procederemos al cálculo del mismo para nuestro proyecto tomando un periodo de evaluación de 10 años con la inversión inicial y el flujo de caja anteriormente calculado sumándole un aumento del 3% con respecto al año anterior previendo la oportunidad de los nuevos trabajos que se pueden realizar en

este espacio. Se tomará una tasa de descuento del 15 % y calcularemos el Tasa interna de retorno como apoyo a la validación de la factibilidad de nuestro proyecto.

Desarrollando la ecuación 3.2

$$VPN = -K_0 + \frac{Fc_i}{(1+D)^1} + \frac{Fc_i}{(1+D)^2} + \frac{Fc_i}{(1+D)^3} + \frac{Fc_i}{(1+D)^4} + \frac{Fc_i}{(1+D)^5} + \frac{Fc_i}{(1+D)^6} + \frac{Fc_i}{(1+D)^7} + \frac{Fc_i}{(1+D)^8} + \frac{Fc_i}{(1+D)^9} + \frac{Fc_i}{(1+D)^{10}}$$

$$VPN = -74111.56 + \frac{21209}{(1+0.15)^1} + \frac{18996}{(1+0.15)^2} + \frac{17014}{(1+0.15)^3} + \frac{15238}{(1+0.15)^4} + \frac{13648}{(1+0.15)^5} + \frac{12224}{(1+0.15)^6} + \frac{10948}{(1+0.15)^7} + \frac{9806}{(1+0.15)^8} + \frac{8783}{(1+0.15)^9} + \frac{7866}{(1+0.15)^{10}}$$

$$VPN = 61624$$

El VPN es mayor que cero, por el rango de valores límite el proyecto es económicamente viable.

Conclusiones parciales del capítulo III

- En el desarrollo de este capítulo se elaboró un presupuesto para la construcción de la cabina con el uso de los siguientes programas Precons II, Preswin 8.1 y SICTEC.
- Se proyectaron las ganancias y gastos anuales, con estos datos se estimó el flujo de caja.
- La factibilidad del proyecto se confirmó con el cálculo del VPN para un periodo de 10 años con depreciación lineal que da por el rango de valores límite que el proyecto es económicamente viable.

Conclusiones

Conclusiones

- A partir del objeto de mayor tamaño se determinaron las dimensiones del área de la cabina. Se seleccionan los ventiladores que aseguran la ventilación.
- Los filtros seleccionados aseguran tanto la calidad del aire que entra a la cabina como la retención de las partículas que de otra forma contaminarían el medio.
- La estructura de suportación diseñada tiene un factor de seguridad aceptado.
- El sistema de iluminación asegura 750 lúmenes en toda la cabina.
- La unidad de compresión y el taque seleccionado garantizan la calidad del suministro de aire comprimido en la instalación.
- La inversión se recupera en 3 años y 11 meses, la factibilidad del diseño es respaldada por el cálculo del valor presente neto

Recomendaciones

Recomendaciones

Realizar la validación del cálculo de la ventilación mediante software de simulación para comprobar que no se crean zonas de turbulencias en el diseño.

Someter la estructura a simulaciones de carga para conocer su altura y factor de seguridad crítico.

Diseñar el panel de control de los diferentes componentes eléctricos.

Elaboración de los manuales de implementación de la cabina de pintura diseñada.

Establecer los esquemas de pintura para las diferentes producciones.

Referencias bibliográficas

Referencias bibliográficas

González, R. A. (2014). *Diseño de la cabina de pintura de un taller automotriz de enderezado y pintura* (Tesis de pregrado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

Guevara, J. F. (2015). *Implementación de una cabina de pintura* (Tesis de pregrado). Universidad técnica de Ambato, Ecuador.

Rivera, Juan, F. (2018). *Diseño de una cabina de pintura para puertas de grandes dimensiones* (Tesis de pregrado). Universidad de Cantabria, España.

Manual. Difusión Textil Integral. (2015). Diseño de ductos. In D. T. Integral (Ed.). Irapuato, Gto.

Isover Saint Gobain. (2009). *Manual de Conductos de aire acondicionado CLIMAVER*. In I. S. Gobain (Ed.): Saint-Gobain Cristalería S.A. Division Aislamiento.

Salvador Escoda S.A. (2017). *Manual Práctico de Ventilación*, Catalogo técnico. In S.

Soler & Palau. (2011). *Manual Práctico de Ventilación de Soler & Palau*. In S. Palau (Ed.): Soler & Palau

Mazariegos, E. L. (2007). *Diseño e instalación del sistema de ductería para la distribución de aire acondicionado dado por cuatro manejadoras en Almacenes Carrión* (Tesis de pregrado). Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Narrea, J.I. (2016). *Diseño del sistema de aire comprimido para la planta metalmecánica Cantol* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Pita, E.G (2005). *Acondicionamiento de aire. Principios y Sistemas*. D.F México, México. San Juan Jalpa

Blog de Raúl Álvarez López para temas relacionados con refrigeración. http://raa-alvarez-lopez-raul.blogspot.com/2010_08_01_archive.html.

Página web de Airtec® Fugas de aire comprimido – Ahorro de energía industrial. <http://ahorroenergíayairecomprimido.com/fugas-de-aire/>

Evelio, B. D. (2016) *Ejemplo de instalación de aire comprimido en taller mecánico*. Recuperado de http://www4.tecnun.es/asignaturas/neumatica/Practica%20Neumatica_Sol.pdf

Ventiladores centrífugos, (2017). Recuperado de: http://www.fi.uba.ar/archivos/posgrados_apuntes_CAPITULO_VENTILADOS

Morrow, L. (2000) *Manual de Mantenimiento Industrial*. D.F México, México.

Sylvania,Havells. (2015). *“Catálogo de lámparas led Sylvania”*. Recuperado de: www.havells-sylvania.com

Fisalis. (2016). *Fisalis Compresores*. Compresores José Lorén S.L.Pol. Ind. Malpica, c/F, 50 A Dcha.50016 Zaragoza.

Mauricio, M., Gómez, O., Astrid, L., Calderón, E., Jorge, B., Laínez, A., et al. (2015). *Manual de fabricación de prototipo de cabina para tratamiento de madera bajo ambientes controlados*, 1-19.

Ramos, S., Guasch, L. (2016). *Calculo luminotécnico del alumbrado en interiores* (Tesis de pregrado). Universidad Rovira, España

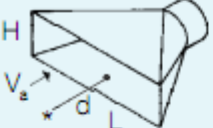
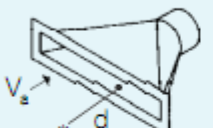
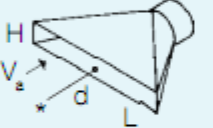
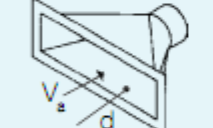
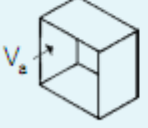
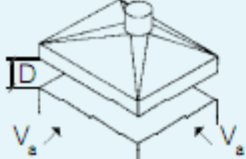
Mindan, J.F, Toapanta, M.N (2013). *Diseñar y construir una cámara de pintura automotriz y secado funcional que servirá como material didáctico para su*

demonstración práctica, en las instalaciones de la Universidad Técnica del Norte
(Tesis de pregrado). Universidad técnica del norte, Ecuador.

Anexo

Anexos

Anexo No 1: Captación de aire contaminado

CAPTACION DE AIRE CONTAMINADO			
TIPO DE BOCA	ABERTURA	DIMENS.	CAUDAL NECESARIO
 V_s = Velocidad aire captación	RANURA	$\frac{H}{L} \leq 0,2$	$Q = 13500 V_s Ld$
	RANURA CON BRIDA	$\frac{H}{L} \leq 0,2$	$Q = 10000 V_s Ld$
	A CANTO VIVO	$\frac{H}{L} \geq 0,2$	$Q = 3600 V_s (10 d^2 + S)$ $S = L \times H$
	CANTO CON BRIDA	$\frac{H}{L} \geq 0,2$	$Q = 2750 V_s (10 d^2 + S)$ $S = L \times H$
	CABINA	De acuerdo a la función	$Q = 3600 V_s S$
	CAMPANA	De acuerdo a la función	$Q = 5000 V_s PD$ P = Perímetro [m]

Anexo No 2: Compresor seleccionado para el Sistema de aire

Compresores de tornillo Serie Tifón

Estacionarios

La serie Tifón, son compresores de tornillo estacionarios, lubricados por aceite y transmisión mediante correas POLY-V.

Han sido diseñados con la tecnología más moderna, fabricados con componentes de alta calidad y ensamblados en plantas de montaje de vanguardia.

Las unidades de tornillo fabricadas en un solo bloque han sido integradas y concebidas para facilitar los trabajos de mantenimiento. Esto permite que las operaciones periódicas de mantenimiento sean más rápidas, permitiendo un ahorro de tiempo y de costes.

El diseño de la estructura interna es innovador en su género y garantiza una gran robustez y un bajo nivel sonoro durante el funcionamiento del compresor.

La utilización de estas soluciones técnicas y la estandarización de los componentes internos, permiten la simplificación de la gestión de los recambios, garantizando un eficaz servicio post-venta.



Compresores trifásicos de tornillo estacionarios – 400 V – 50 Hz

	CV	Kw	Nivel sonoro dB(A)	Presión Máx. Bar	l/min	Kg	L x W x H mm	€
TIFÓN-5A	5,5	4	65	8	625	113	800 x 630 x 950	
TIFÓN-5B				10	565			
TIFÓN-5C				13	455			
TIFÓN-7A	7,5	5,5	66	8	905	116	800 x 630 x 950	
TIFÓN-7B				10	790			
TIFÓN-7C				13	660			
TIFÓN-10A	10	7,5	67	8	1270	159	800 x 630 x 950	
TIFÓN-10B				10	1080			
TIFÓN-10C				13	890			
TIFÓN-15A	15	11	68	8	1710	219	840 x 730 x 1010	
TIFÓN-15B				10	1560			
TIFÓN-15C				13	1260			
TIFÓN-20A	20	15	68	8	2240	228	840 x 730 x 1010	
TIFÓN-20B				10	2140			
TIFÓN-20C				13	1750			

23 Equipos diseñados y fabricados íntegramente en la CE

Compresores trifásicos a 230 V = Consultar

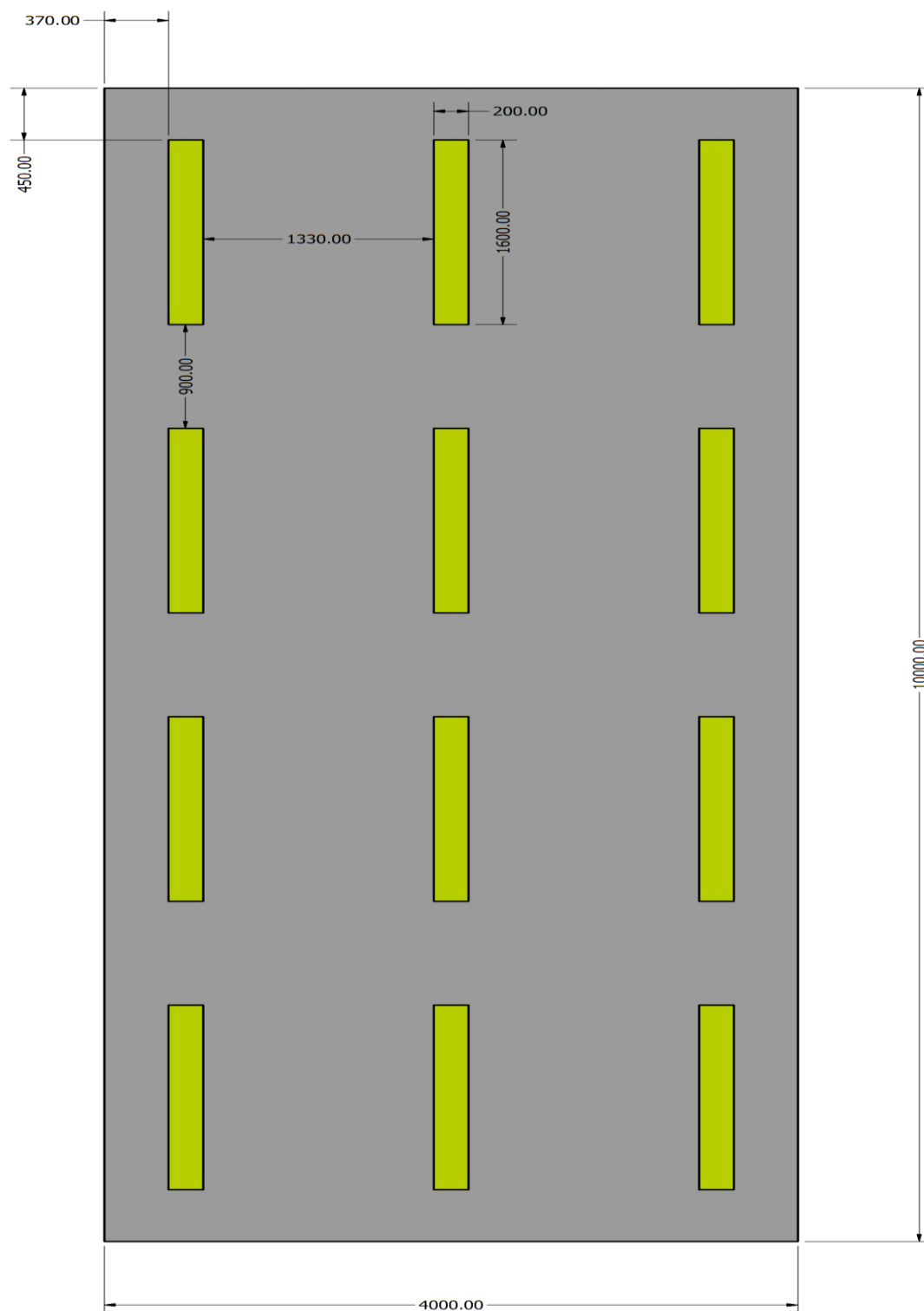
Compresores de tornillo Serie Tifón



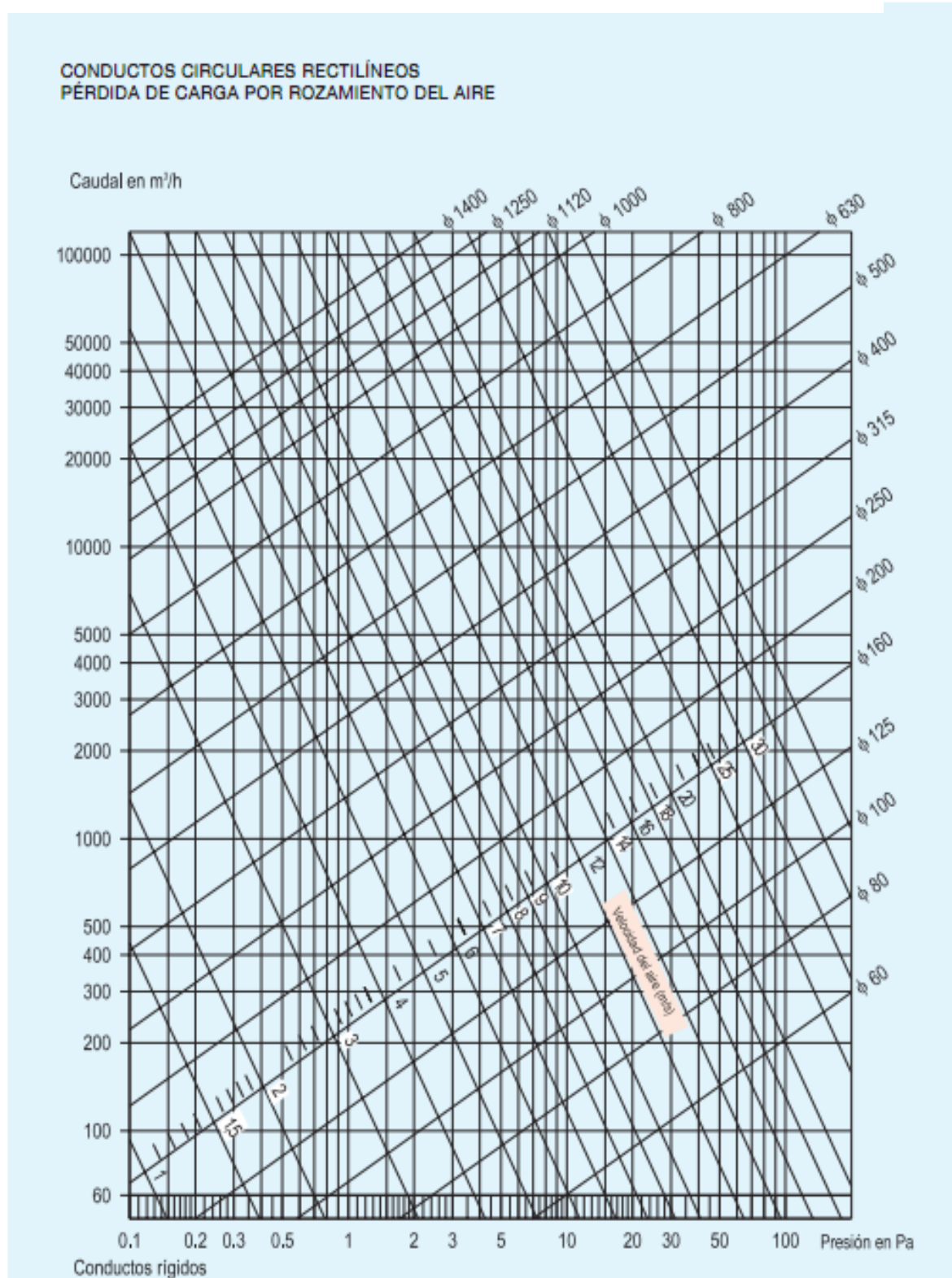
Ventajas

- Prefiltro exterior.
- Fácil acceso para mantenimientos y rápida apertura de puertas.
- Bajo nivel sonoro.
- Mínimo contenido de aceite y precio competitivo de consumibles (mantenimientos muy económicos).
- Refrigeración controlada para evitar condensados. Margen de trabajo entre 76° y 82° (equilibrio térmico).
- Quadro eléctrico y microprocesador en disposición vertical para evitar depósitos de polvo y suciedad.
- Ventilador refrigerador independiente del motor (ahorro energético).
- Transmisión por correa Poly-V (eficacia y durabilidad).
- Posibilidad de regular purga temporizada del depósito a través de placa del compresor.
- Control de arranques máximos a la hora para protección del motor.
- Componentes "vmc".

Anexo No 3 Distribución de las luminarias



Anexo No 4: Conductos circulares rectilíneos, pérdida de cargas por rozamiento del aire.



Anexo No 5: Filtros de Techo para cabina



FILTRO DE TECHO FINAL PARA CABINAS DE PINTURA



Descripción	Art. N°	U/E
Filtro techo cabina pintura 1x20m	0719 000 000	1

Datos técnicos	
Material	Fibras sintéticas estables Polyester
Clase de Filtración (EN 779)	M5
Rendimiento Ashrae gravimétrico	98%
Eficacia media Ashrae Dust Spot	50%
Rango funcionamiento dif. Presión inicial a final (Pa)	41 hasta 450 Pa
Temperatura de trabajo	100°C
Autoextinguible (DIN 53438)	F1
Medidas rollo (AxL m)	1x20
Espesor (mm)	20
Volumen unitario (m³)	0,44
Sup. filtrante (m²)	20
V. nominal (m/s)/Pa	0,25/41
Peso (kg)	12

Manta filtrante de entrada de aire para cabinas de pintura

Características

- Tejido sin tejer formado por diferentes capas de fibras sintéticas impregnadas de forma permanente por resina sintética.
- Manta de filtración final de aire en cabinas de pintura. Pre-filtración absoluta.
- Calidad de filtración M5 según norma DIN 779.
- Autoextinguible F1 según norma DIN 53438.
- Temperatura de trabajo 100°C.
- Se recomienda el cambio de filtro cuando la máquina trabaje con una diferencia de presión que se sitúe fuera del rango indicado.
- Utilizable en cualquier línea de aplicación de pintura y barniz: vehículos, muebles, etc.

Ventajas

- Elevada capacidad de retención de partículas.
- Suministrados en rollos para cortar a medida según necesidades.
- Fácil sustitución de los filtros.

Beneficios

- La alta calidad de los materiales empleados en la confección de los filtros les confieren grandes prestaciones.
- Elevado rendimiento de filtración, alarga la vida útil y disminuye la frecuencia de cambios.

Aplicación

JANU 09/15 © Wurth España. Prohibida su reproducción, impresión en España.



Anexo No 6: Filtros de retención para cabinas de pintura.



FILTROS DE RETENCIÓN PARA CABINAS DE PINTURA



Fig.	Descripción	Art. N°	U/E
1	Filtro suelo fibra cabina pint 1x20m	0719 001 000	1
2	Filtro suelo kraft cabina pint 1x12m	0719 001 001	1

Datos técnicos		
Art. N°	0719 001 000	0719 001 001
Material	Fibra de vidrio	6 capas papel Kraft
Eficacia media pintura pulverizada	95%	96% (4-6kg/m²)
Rango funcionamiento dif. Presión inicial o final (Pa)	4-10 hasta 200 Pa	7,8 hasta 147 Pa
Temperatura de trabajo	100-120°C	80°C
Medidas rollo (AxL, m)	1x20	1,07x12
Espesor (mm)	50	10
Volumen unitario (m³)	0,05	0,07
Sup. filtrante (m²)	20	12,84
V. nominal (m/s)/Pa	0,7-2,5/4-10	0,75-1/8-12
Peso (kg)	4,2	4,62

Aplicación



Detalle filtro papel kraft.



Suelo cabina auto.



Extractor barnizador muebles filtro fibra/ papel Kraft.



Retención en salidas de aire de pinturas, barnices, lacas, etc. en cabinas de pintura

Características

- Filtros disponibles en 2 calidades de filtración: la tradicional en fibra de vidrio y en papel Kraft.
- Filtros de retención en cabinas de filtración seca.
- Filtro fibra de vidrio: compuesto por fibras entrelazadas y aglutinadas con una resina sintética no inflamable. Para la retención de pinturas y líquidos pulverizados.
- Filtro Kraft: filtro de cartón troquelado con varias capas ensambladas de papel kraft creando un sistema filtración multi-etapa en cabinas de filtración seca (barniz, laca, pintura, etc...).
- Utilizables en cualquier línea de aplicación de pintura y barniz: vehículos, muebles, etc.

Ventajas

- Elevada capacidad de retención de partículas.
- Suministrados en rollos para cortar a medida según necesidades.
- Fácil sustitución de los filtros.

Beneficios

- La alta calidad de los materiales empleados en la confección de los filtros les confieren grandes prestaciones y evitan roturas por acumulación de polvo.
- Elevado rendimiento de retención, alarga la vida útil y disminuye la frecuencia de cambios.
- El filtro de papel kraft tiene una vida útil entre 3-4 veces superior a un filtro tradicional de fibra de vidrio, reduciendo de forma considerable la frecuencia de cambios, los costes y el tiempo invertido en mantenimiento con respecto a los de fibra de vidrio.

Anexo No 7 Lámparas usadas en el sistema de iluminación

TUBOS ToLEDo SUPERIA T8



24

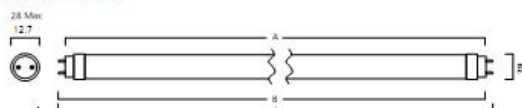
TUBO ToLEDo SUPERIA T8

- Tubos de vidrio para ofrecer una experiencia de luz superior
- 320 grados de distribución de la luz
- Mejor uniformidad y transmisión de la luz, no hay sombras visibles
- No flexible sin envejecimiento de la lámpara e inflamable
- Producto de larga duración con 50.000 horas de vida
- Producto de alta eficiencia con hasta 131lm / W
- ADVERTENCIA: Si la cubierta exterior está rota, los elementos conductores pueden seguir activos. Las lámparas no pueden tocarse, asegúrese antes de que no están conectadas. Apague la fuente de alimentación antes de cambiar la lámpara!



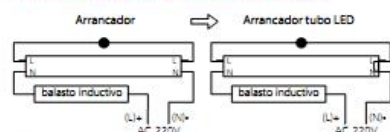
Código	Potencia (W)	Casquillo	Temp. color (Kelvin)	Apertura (°)	Regulable	Voltaje (V)	Lúmenes	Lm/W	Acabado	Vida (h)	Clase energética	Unidades por pack
ToLEDo Superia Tube T8 V2 2ft - 600mm												
0027350	10	G13	3000	320	No	220-240	1200	120	Satinado	50.000	A+	6
0027351	10	G13	4000	320	No	220-240	1250	125	Satinado	50.000	A+	6
0027352	10	G13	6500	320	No	220-240	1250	125	Satinado	50.000	A+	6
ToLEDo Superia Tube T8 V2 4ft - 1200mm												
0027356	20,5	G13	3000	320	No	220-240	2550	124	Satinado	50.000	A+	6
0027357	20,5	G13	4000	320	No	220-240	2650	129	Satinado	50.000	A+	6
0027358	20,5	G13	6500	320	No	220-240	2650	129	Satinado	50.000	A+	6
ToLEDo Superia T8 Tube V2 5ft - 1500mm												
0027359	24,5	G13	3000	320	No	220-240	3050	122	Satinado	50.000	A+	6
0027360	24,5	G13	4000	320	No	220-240	3200	131	Satinado	50.000	A+	6
0027361	24,5	G13	6500	320	No	220-240	3200	131	Satinado	50.000	A+	6

DIMENSIONES (MM)



	A	B	C
600mm	598,8	596,5	604,0
1200mm	1199,4	1206,5	1216,6
1500mm	1500,0	1499,8	1514,2

Instrucciones para balasto magnético



Retire arrancador existente y reemplazarlo con el arrancador proporcionado con la lámpara. No es adecuado para su uso en aplicaciones de emergencia o en tándem.

SYLVANIA

Anexo No 8: Ventilador seleccionado para la cámara de pintura

CJBX CJBX/AL



CJBX



CJBX/AL

CJBX

CJBX: Unidades de ventilación a transmisión, aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de doble aspiración de la serie CBX, CBXC y CBXR

CJBX/AL: Unidades de ventilación a transmisión con perfilera de aluminio, aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de doble aspiración de la serie CBX, CBXC, CBXR

Ventilador:

- Estructura en chapa de acero galvanizado, con aislamiento térmico y acústico
- Turbina con álabes hacia delante, en chapa de acero galvanizado
- Prensaestopas para entrada de cable
- CJBX/AL: con perfilera de aluminio

Motor:

- Motores eficiencia IE-2, excepto potencias inferiores a 0,75 kw monofásico y 2 velocidades
- Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55
- Trifásicos 220/380V. 60Hz (hasta 5,5CV) y 380/660V. 60Hz (potencias superiores a 5,5CV)
- Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C.+ 60°C.

Acabado:

- Anticorrosivo en chapa de acero galvanizado

Bajo demanda:

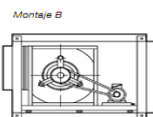
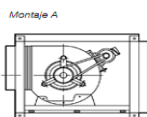
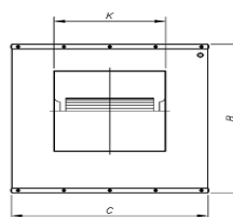
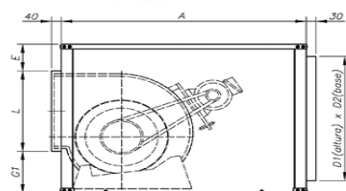
- Con impulsión circular



Turbina de alta calidad y gran robustez, equilibrada dinámicamente según ISO-1940



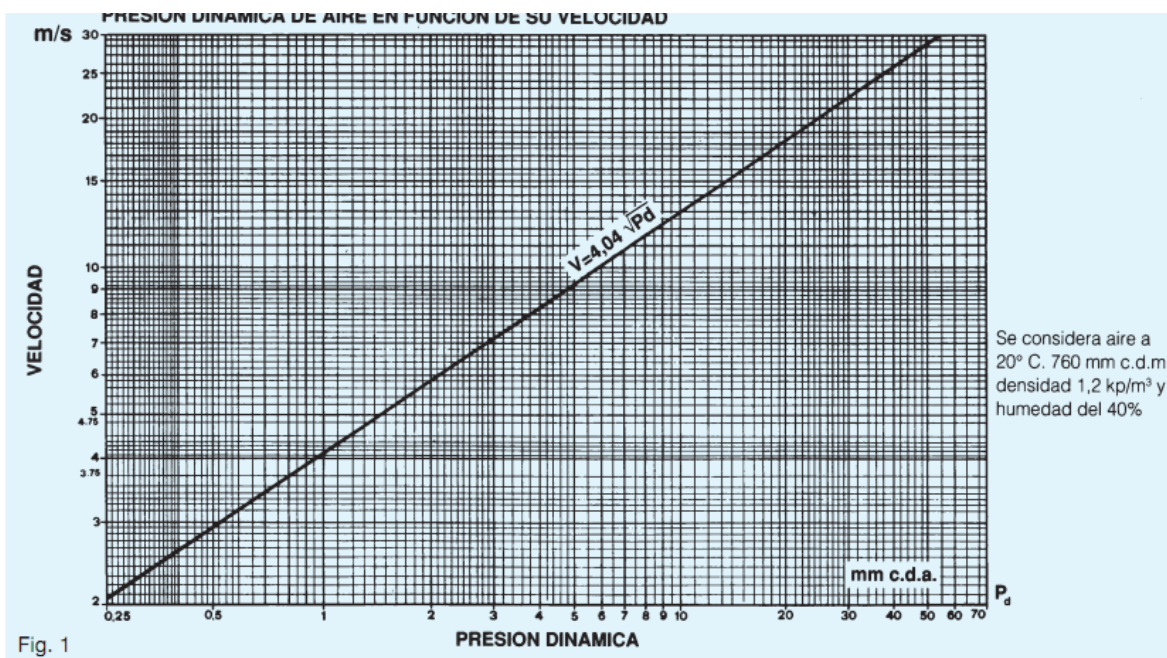
CJBX/ALF



Modelo	A	B	C	D1xD2	E	G1	L	K
CJBX-7/7	650	460	500	364x404	114	142	204	226
CJBX-9/9	700	522	550	426x454	108,5	157,5	256	296
CJBX-10/10	750	575	600	479x504	107	182	286	322
CJBX-12/12	850	650	700	554x604	95	214	341	383
CJBX-15/15	1000	755	800	659x704	74	277	404	471
CJBX-18/18	1200	875	1000	779x904	57,5	337,5	480	537
CJBX-20/20	1400	1175	1100	1079x1004	147	428	600	600
CJBX-22/22	1460	1250	1250	1154x1154	145	413	692	653
CJBX-25/25	1550	1375	1450	1279x1354	152	431	792	762
CJBX-30/28	1800	1600	1650	1504x1554	140	528	932	885

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A) 230V 400V 690V	Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)	Tipo Montaje
CJBX CJBX/AL 20/20-5,5	635	14,10 8,12	4,00	15500	61	237,5	B
CJBX CJBX/AL 20/20-7,5	675	11,60 6,72	5,50	17500	63	251,5	B
CJBX CJBX/AL 20/20-10	725	14,20 8,20	7,50	20000	65	266,5	B
CJBX CJBX/AL 22/22-2	385	5,96 3,44	1,50	14000	50	250,0	B

Anexo No 9 Presión dinámica de aire en función de su velocidad



Anexo No 10: Tablas de costos directos desagregados.

Tabla Costos Directo de materiales

Descripción	U/m	Cantidad	Tarifa afectada	Importe
1.- ELECTRODOS PARA SOLDAR: DIAM, 3 MM CM - 6011	KG	23.1531	4.25	\$98.40
2.- COMPLEJIDAD II OTRAS PARTES NO INTEG. ESTRUC. BASICA	tm	0.1	1,650	\$165.00
3.- RAJON DE VOLADURA	M3	0.42	6.28	\$2.64
4.- CONDUCTO RECTO SECC.RECTANG. LISO GALV. CHAPA 1.1-2.0 MM	m2	19.908	76.5	\$1,522.96
5.- AISLAMIENTO TERMICO. LANA MINERAL	M	161	14.5	\$2,334.50
6.- ARENA BENEFOICIADA	M3	5.9	22.12	\$130.51
7.- CANALETA PLASTICA 14 MM X 24C/TAPA. L 2.2	U	28	0.7301	\$20.44
8.- CEMENTO P-35.	T	2.95	114.55	\$337.92
9.- CABLE ELECT 12 AUC	M	150	0.4359	\$65.39
10.- INTERRUPTOR SENCILLO	U	4	1.8973	\$7.59
11.- TOMACORRIENTE DOBLE 2PIN 15 A 250 V	U	14	1.0711	\$15.00
12.- FILTRO AIRE DE ENTRADA	R	2	108.99	\$217.98
13.- FILTRO AIRE DE SALIDA	R	1	39.8	\$39.80
14.- PERFIL C 50 X 25 X 3 MM	M	136	122.7	\$16,687.20
15.- PIEDRA HORMIGON 10-19	M3	7.9	24.14	\$190.71
16.- PINTURA RECUBRIMIENTO P/ METALES	L	11.5	7	\$80.50
17.- CHAPA ACERO 1 MM	M2	400	63.35	\$25,340.00
18.- VENTILADOR CENTRIFUGO CJBX/AG20/20	U	2	3,230.50	\$6,461.00
			Total	\$53,717.54

Tabla Costos directos de Mano de obra

Descripción		Cantidad	Tarifa afectada	Importe
1.- AYUDANTE DE CONSTRUCCION DEL GRUPO SALARIAL II	hh	389.5841	1.91	\$744.11
2.- PINTOR DEL GRUPO SALARIAL II	hh	6.258	1.91	\$11.95
3.- ALBANIL DEL GRUPO SALARIAL V	hh	1.477	2.44	\$3.60
4.- ALBANIL DEL GRUPO SALARIAL IV	hh	1.4399	2.29	\$3.30
5.- ARMADOR DE ESTRUCTURAS DEL GRUPO SALARIAL V	hh	50.2735	2.44	\$122.67
6.- CARPINTERO ENCOFRADOR DEL GRUPO SALARIAL V	hh	35.3834	2.44	\$86.34
7.- ELECTRICISTA INSTALADOR DEL GRUPO SALARIAL VI	hh	0.8	2.72	\$2.18
8.- ELECTRICISTA INSTALADOR DEL GRUPO SALARIAL V	hh	9.4992	2.44	\$23.18
9.- ELECTRICISTA MONTADOR DEL GRUPO SALARIAL VI	hh	1.95	2.72	\$5.30
10.- MECANICO MONTADOR DEL GRUPO SALARIAL V	hh	12	2.44	\$29.28
11.- OPERARIO AISLAMIENTO TERMICO DEL GRUPO SALARIAL III	hh	45.6	2.12	\$96.67
12.- OPERARIO DE CHIMENEA DEL GRUPO SALARIAL VI	hh	1.838	2.72	\$5.00
13.- OPERARIO DE CHIMENEA DEL GRUPO SALARIAL IV	hh	0.7333	2.29	\$1.68
14.- PAILERO DEL GRUPO SALARIAL VI	hh	74.5016	2.72	\$202.64
15.- PINTOR DEL GRUPO SALARIAL IV	hh	6.258	2.29	\$14.33
16.- SOLDADOR DEL GRUPO SALARIAL VI	hh	62.6284	2.72	\$170.35
			Total	\$1522.58

Tabla Costos directos de equipos

Descripción		Cantidad	Tarifa afectada	Importe
1.- VIBRADOR HORM SUMERGIBLE ELECTRICO 51-70 MM DIAM CABEZA	he	4.261	2.8052	\$11.95
2.- CAMION PLANCHA 3.1-4.0 TON	he	1.8426	15.3128	\$28.22
3.- GRUA DE IZAJE SOBRE CAMION DE 3-8 TON	he	0.5945	17.3057	\$10.29
4.- GRUA DE IZAJE SOBRE CAMION DE 9-14 TON	he	1.5069	21.5234	\$32.43
5.- COMPRESOR DE AIRE MOVIL 1-3 M3/MIN	he	6.6528	6.4615	\$42.99
6.- SOLDADOR ELECT ARCO POR TRANSF 70-390 AMPERES S/JORNAL	he	82.6695	1.9718	\$163.01
			Total	\$288.89

Anexo No 11: Valores límites de eficiencia de los motores eléctricos.

Los valores límite de eficiencia IEC 60034-30, en octubre de 2008, basándose en la norma IEC 60034-2-1: estándar 2007

Pot nominal	Rendimiento estándar (IE1, 50 Hz)			Alta Eficiencia (IE2, 50 Hz)			Eficiencia Premium (IE3, 50 Hz)		
Potencia nominal	Número de polos			Número de polos			Número de polos		
kW	2	4	6	2	4	6	2	4	6
0.75	72.1	72.1	70	77.4	79.6	75.9	80.7	82.5	78.9
1.1	75	75	72.9	79.6	81.4	78.1	82.7	84.1	81
1.5	77.2	77.2	75.2	81.3	82.8	79.8	84.2	85.3	82.5
2.2	79.7	79.7	77.7	83.2	84.3	81.8	85.9	86.7	84.3
3	81.5	81.5	79.7	84.6	85.5	83.3	87.1	87.7	85.6
4	83.1	83.1	81.4	85.8	86.6	84.6	88.1	88.6	86.8
5.5	84.7	84.7	83.1	87	87.7	86	89.2	89.6	88
7.5	86	86	84.7	88.1	88.7	87.2	90.1	90.4	89.1
11	87.6	87.6	86.4	89.4	89.8	88.7	91.2	91.4	90.3
15	88.7	88.7	87.7	90.3	90.6	89.7	91.9	92.1	91.2
18.5	89.3	89.3	88.6	90.9	91.2	90.4	92.4	92.6	91.7
22	89.9	89.9	89.2	91.3	91.6	90.9	92.7	93	92.2
30	90.7	90.7	90.2	92	92.3	91.7	93.3	93.6	92.9
37	91.2	91.2	90.8	92.5	92.7	92.2	93.7	93.9	93.3
45	91.7	91.7	91.4	92.9	93.1	92.7	94	94.2	93.7
55	92.1	92.1	91.9	93.2	93.5	93.1	94.3	94.6	94.1
75	92.7	92.7	92.6	93.8	94	93.7	94.7	95	94.6
90	93	93	92.9	94.1	94.2	94	95	95.2	94.9
110	93.3	93.3	93.3	94.3	94.5	94.3	95.2	95.4	95.1
132	93.5	93.5	93.5	94.6	94.7	94.6	95.4	95.6	95.4
160	93.8	93.8	93.8	94.8	94.9	94.8	95.6	95.8	95.6
200-375	94	94	94	95	95.1	95	95.8	96	95.8