



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AERONÁUTICA

TESIS

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN TALLER DE PINTURA
PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL PROCESO DE PINTADO DE
LOS AVIONES MIG-29SMP EN EL SERVICIO DE MANTENIMIENTO
DE LA FUERZA AÉREA DEL PERÚ**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AERONÁUTICO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

MANUEL DE JESÚS SOLIS BECERRA

ASESOR

Mg.FRANCISCO MADRID CISNEROS

LIMA, PERU

2019

A mis padres, tía y abuelos por su amor y apoyo incondicional, al Universo por darme paciencia, fortaleza, aprendizaje y decisión, y a mis compañeros de promoción, por sus ánimos y buenos deseos para con mi carrera profesional.

Namasté...

Agradecimientos

A mis familiares, por la confianza a mi persona y brindarme la posibilidad de mejorar mi estatus profesional.

A la Universidad Alas Peruanas, por facilitarme documentos académicos y tecnológicos que me permitieron culminar satisfactoriamente esta maravillosa y prometedora carrera.

A los profesores de la Universidad Alas Peruanas, y a mi asesor el Magister Francisco Madrid Cisneros por sus enseñanzas y dedicación en el desarrollo del trabajo encomendado.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas y figuras.....	vi
Resumen	viii
Abstract	ix
Introducción.....	x
Capítulo I: Planteamiento del problema	1
1.1 Descripción de la situación problemática	2
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.3.1 Objetivos generales.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Justificación de la investigación	4
1.4.1 Importancia de la investigación	4
1.4.2 Viabilidad de la investigación	5
1.5 Limitaciones del estudio	6
Capítulo II: Marco teórico	7
2.1 Antecedentes de la investigación	8
2.2 Bases teóricas.....	11
2.2.1 Concepto de procedimientos.....	12
2.2.2 Características de los procedimientos.....	12
2.2.3 Importancia de los procedimientos en la organización	13
2.2.4 Beneficios de los procedimientos en la industria	13
2.2.5 Estructura de los procedimientos para validar un taller de pintura	14
2.2.6 Procedimientos para instalar un taller de pintura	17
2.3 Definición de términos básicos.....	20

Capítulo III: Propuesta de implementación del taller de pintura	22
3.1 Equipos esenciales para el proceso de pintado	23
3.1.1 Sistema de suministro de aire	23
3.1.2 Pistolas de pulverización	28
3.1.3 Sistemas de respiración de aire fresco.....	32
3.1.4 Taza medidora de viscosidad.....	34
3.2 Requisitos para que funcione un taller de pintura con ambiente controlado .	37
3.2.1 Sistemas que conforman el ambiente controlado.....	44
3.2.2 Ventiladores	44
3.2.3 Sistema de filtración de aire	90
3.2.4 Sistema de calefacción y climatización para el taller.....	103
3.2.5 Funcionamiento y dirección del flujo de aire en el taller de pintura	116
3.2.6 Iluminación	119
3.2.7 Procedimientos de pintado y acabado sugerido por la FAA	124
Capítulo IV: Metodología de la investigación.....	144
4.1 Diseño metodológico	145
4.2 Aspectos éticos	146
Capítulo V: Resultados.....	147
Capítulo VI: Discusión	152
Capítulo VII: Conclusiones y recomendaciones	154
7.1 Conclusiones.....	155
7.2 Recomendaciones.....	156
Referencias	157
Anexos	160

Índice de tablas y figuras

<i>Figura 1. Compresor de aire standard.</i>	26
<i>Figura 2. Tanque de pintura a presión.</i>	27
<i>Figura 3. Conjunto de filtros de aire.</i>	28
<i>Figura 4. Spray alimentado por sifón.</i>	29
<i>Figura 5. Pistola alimentada por gravedad.</i>	30
<i>Figura 6. Pistola HVLP (High Volume Low Pressure).</i>	31
<i>Figura 7. Pistola pulverizadora sin aire.</i>	32
<i>Figura 8. Sistema de respirador por Breathe-Cool II® con capucha.</i>	33
<i>Figura 9. Respirador con filtro de carbón.</i>	34
<i>Figura 10. Taza de medición de viscosidad Zahn.</i>	35
<i>Figura 11. Pérdida de caudal con la longitud.</i>	46
<i>Figura 12. Curva característica de un ventilador.</i>	49
<i>Figura 13. Curva de tipos de ventilador.</i>	50
<i>Figura 14. Curva de punto del trabajo.</i>	53
<i>Figura 15. Caudal, velocidad y presiones.</i>	56
<i>Figura 16. Símbolos, conceptos y unidades.</i>	57
<i>Figura 17. Variación del diámetro.</i>	58
<i>Figura 18. Revoluciones por minuto.</i>	60
<i>Figura 19. Densidades.</i>	63
<i>Figura 20. Magnitudes independientes.</i>	66
<i>Figura 21. Variación de densidad y diámetro.</i>	68
<i>Figura 22. Modelo y características del ventilador seleccionado.</i>	69
<i>Figura 23. Espectro de potencia sonora-acústica.</i>	69
<i>Figura 24. Dimensiones del ventilador seleccionado.</i>	70
<i>Figura 25. Curva de caudal y presión estática del ventilador seleccionado.</i>	70
<i>Figura 26. Ventilación ambiental localizada en depresión.</i>	72
<i>Figura 27. Renovación del aire en locales habitados.</i>	74
<i>Figura 28. Captación de aire contaminado.</i>	77
<i>Figura 29. Ventilación centralizada.</i>	78
<i>Figura 30. Campanas de extracción.</i>	81
<i>Figura 31. Cabina de captación.</i>	83
<i>Figura 32. Tipos de campana.</i>	84
<i>Figura 33. Tipos de boca de captación.</i>	85
<i>Figura 34. Modelo y características del extractor elegido.</i>	86
<i>Figura 35. Espectro de potencia sonora-acústica.</i>	87
<i>Figura 36. Dimensiones del extractor elegido.</i>	87
<i>Figura 37. Curva característica del extractor elegido.</i>	88
<i>Figura 38. Potencia absorbida del extractor elegido.</i>	89
<i>Figura 39. Filtros de bolsa.</i>	96

<i>Figura 40. Omega.</i>	98
<i>Figura 41. Características de la omega.</i>	98
<i>Figura 42. Paint Stop.</i>	99
<i>Figura 43. Características de Paint stop.</i>	100
<i>Figura 44. Filtro de Acordeón.</i>	101
<i>Figura 45. Características del filtro de Acordeón.</i>	101
<i>Figura 46. Kolossus-Columbus.</i>	102
<i>Figura 47. Características del kolossus-columbus.</i>	102
<i>Figura 48. Calentador de aire.</i>	105
<i>Figura 49. Características del sistema de climatización.</i>	107
<i>Figura 50. Características del sistema de climatización.</i>	108
<i>Figura 51. Puertas corredizas.</i>	108
<i>Figura 52. Sistema de climatización.</i>	111
<i>Figura 53. Dimensiones y montaje del Space PF 840.</i>	115
<i>Figura 54. Dimensiones y montaje del Space PF 840.</i>	116
<i>Figura 55. Funcionamiento y dirección del flujo de aire.</i>	¡Error! Marcador no definido.
<i>Figura 56. Lámparas colgantes.</i>	121
<i>Figura 57. Escala de iluminancia.</i>	122
<i>Figura 58. Tipos de lámparas.</i>	123
<i>Figura 59. Medidor de espesor por ultrasonido.</i>	129
<i>Figura 60. Plano en vista de planta y en vista frontal 1 de 2.</i>	150
<i>Figura 61. Plano en vista de planta y en vista frontal 2 de 2.</i>	152

Resumen

El diseño de la investigación ha sido descriptivo.

Para determinar la confiabilidad de los procesos de pintado, fue propuesto el capítulo 8 (*Aircraft Painting and Finishing*) del libro “Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe” de la FAA como referencia.

La investigación se ha estructurado de la siguiente forma:

El Capítulo I presenta la descripción de la situación problemática el estudio y la formulación del problema, tanto principal como secundario, objetivo de investigación general y específicos, justificación, delimitación de la investigación y limitaciones presentadas.

El Capítulo II se refieren a los antecedentes de la investigación, bases teóricas y definición de términos básicos. El Capítulo III, se desarrolló los equipos esenciales para el proceso de pintado y los requisitos para que funcione un taller de pintura con ambiente controlado.

El Capítulo IV se presenta la metodología de la investigación. El capítulo V, se informan los resultados obtenidos. En el Capítulo VI se presenta la discusión del presente trabajo.

Asimismo, se presentan las conclusiones, recomendaciones y cronograma; finalmente las referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

Palabras clave: taller de pintura, ambiente controlado, calidad del proceso de pintado.

Abstract

The design of the research has been descriptive.

To determine the reliability of the painting processes, it was as well as Chapter 8 (Aircraft Painting and Finishing) of the book "Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe" by the FAA as reference.

The investigation has been structured in the following way:

Chapter I presents the description of the problematic situation, the study and the writing of the problem, both main and secondary, objective of general and specific investigation, justification, delimitation of the investigation and limitations.

Chapter II refers to the background of the research, the theoretical basis and the definition of basic terms. Chapter III, refers to the essential elements for the painting process and the requirements for a painting workshop with a controlled environment.

Chapter IV presents the methodology of the investigation. Chapter V, the corresponding results are reported. In Chapter VI the discussion of this work is presented.

Likewise, the conclusions, recommendations and schedule are presented; Finally the bibliographical references and the corresponding annexes.

Keywords: painting workshop, controlled environment, quality of painting process.

Introducción

Este trabajo de investigación está motivado por una urgente necesidad, en el ámbito profesional, de poder implementar un taller de pintura con ambiente controlado en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP), para el caza de superioridad aérea MIG-29SMP “Fulcrum”, así como también para los cazas de ataque profundo (Deep Strike) Mirage-2000 y el avión de apoyo cercano (CAS) Su-25 “Frogfoot”.

La implementación de talleres de pintura con ambiente controlado no es un tema nuevo, este ha sido ampliamente adoptado por diversas empresas privadas y estatales aeronáuticas alrededor del mundo.

Por lo que, será una propuesta que tendrá gran impacto positivo en el ámbito económico, profesional, y sobre todo para el ámbito ambiental tanto para el personal involucrado como para el medio ambiente.

Lo que se busca conseguir en la implementación del taller de pintura con ambiente controlado, es poder controlar la humedad, la temperatura, la polución y todos los agentes externos que afectan este proceso, para así optimizar la vida útil de las pinturas de nuestras aeronaves.

Así mismo, también se busca disminuir los costos en mantenimiento, evitar la dispersión de los vapores hacia otras áreas laborales, filtrar las partículas de pintura para proteger el medio ambiente y disminuir al mínimo posibles intoxicaciones por inhalación usando los trajes de protección específicos para estas labores.

Se sabe que en la industria de la pintura son utilizadas con frecuencia sustancias tóxicas, tanto para el personal que lo emplea como para el medio ambiente, como el

Gas Butano y Propano presentes en las pinturas de aerosol; Tolueno, Cloruro de Metileno y Metanol presente en los removedores de pintura y en el thinner.

Estas sustancias se incorporan a los procesos de pintado durante su utilización y posterior gestión como residuos, estas sustancias tóxicas son emitidas al entorno dañando la salud pública y el medio ambiente.

Hoy, las cabinas en los talleres para la aplicación de pintura son equipos fundamentales en el mejoramiento y optimización de los procesos productivos al interior de las empresas.

Sus aportes van desde ahorros en la materia prima, mayor calidad en la fase de acabados, hasta procesos más limpios y seguros dentro y fuera de la planta.

Aunque en un proceso de pintura, la calidad de ésta sea la mejor del mercado, todas sus cualidades se pierden o serán mermadas, si se aplica en un ambiente adverso, cargado de residuos de polvo que se adhieran a la pieza, o que estimule el “fogueo”, la piel de naranja o el ojo de pez, “detalles” que acaban irremediablemente con lo que hubiera podido ser un excelente producto final.

Precisamente, para evitar estos problemas tan costosos existen los talleres de pintura, unidades restringidas y delimitadas por paredes, que funcionan casi como un “cuarto de cirugía”; adaptadas tecnológicamente para crear una atmósfera artificial en la que se adelanta este importante estado de la fabricación, logrando un proceso óptimo.

Capítulo I: Planteamiento del problema

1.1 Descripción de la situación problemática

El Servicio de Mantenimiento que pertenece a la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP) carece de un taller de pintura hermético para aeronaves MIG-29SMP con ambiente controlado, que permita brindar la calidad y el acabado deseado con un mínimo impacto ambiental.

Actualmente el SEMAN-FAP realiza los trabajos de pintura y acabado de las aeronaves MIG-29SMP en talleres de pintura comunes no herméticos, por lo que no disponen de ambientes controlados y debe realizar los distintos procesos de pintado en cuatro paredes, en zonas aledañas a los talleres de mantenimiento exigiendo reprocesos para mejorar la calidad.

Como consecuencia de ello, durante el proceso de pintura, diversas sustancias y partículas usadas en la industria tales como pinturas, barnices, imprimantes, removedores, adhesivos que contienen químicos como tolueno, xileno, cloroformo o metales pesados son emitidas como residuos tóxicos, contaminando el medio ambiente y afectando al personal que allí labora.

Dada esta situación, decidí proyectarme para hacer una propuesta de implementar un taller de pintura, que proporcionará no solamente un ambiente adecuado, sino también controlado (ventilación, temperatura, humedad, etc.) que permitirá realizar un correcto pintado, así como brindar alta calidad en el acabado y en toda la cadena de procesos que establece la Federal Aviation Administration (FAA).

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera la implementación de un taller de pintura con ambiente controlado mejora la calidad del pintado para los aviones

MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP)?

1.2.2 Problemas específicos

¿De qué manera la implementación de un taller de pintura reduce los reprocesos de pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP)?

¿De qué manera la implementación de un taller de pintura reduce la contaminación durante el pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP)?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar de qué manera un taller de pintura con ambiente controlado mejorará la calidad de pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP).

1.3.2 Objetivos específicos

Determinar de qué manera un taller de pintura con ambiente controlado reducirá los reprocesos de pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP).

Determinar de qué manera un taller de pintura con ambiente controlado reducirá la contaminación durante el pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP).

1.4 Justificación de la investigación

La presente investigación busca esclarecer la importancia de realizar los procesos de pintado en un taller con ambiente controlado, que garantice un acabado de primera calidad y así evitar los continuos reprocesos de pintado que generan sobrecostos y los plazos de entrega se incrementen, comparándolo con los tiempos y procedimientos de pintado ejecutados en un taller no hermético, como el taller de pintura del KT-1P (de 2 a 3 semanas).

Se trata de un tema que también vela por la salud del personal y del medio ambiente que hoy en día se está tornando muy serio a nivel global. Por lo tanto, esta investigación propone implementar un taller que será hermético y se podrá manipular la temperatura y humedad según las situaciones que lo requiera.

1.4.1 Importancia de la investigación

El SEMAN-FAP no debería continuar con el actual proceso de pintado, ya que obliga a continuos reprocesos, los que generan sobrecostos e incrementan el tiempo de entrega respecto al tiempo programado, por otro lado, los compuestos orgánicos volátiles (COV) que contienen las pinturas y derivados que circulan en el entorno, tienen un alto grado de toxicidad, volatilidad y/o son inflamables y en consecuencia afectan tanto al personal involucrado como al medio ambiente.

La investigación ofrecerá diversos beneficios para los clientes internos y externos, como también la optimización de los procesos y la calidad del pintado y acabado, y la racionalización del uso de los recursos necesarios.

Como resultado, se mejorará la eficiencia y se reducirá los plazos de entrega de los trabajos de pintura en comparación a los estándares actuales, y a la vez se minimizará el impacto ambiental sobre el personal involucrado, y el medio ambiente circundante.

Todas las ventajas antes descritas harán que el SEMAN-FAP sea más atractivo para los operadores actuales y potenciales clientes en términos “calidad/beneficio”.

1.4.2 Viabilidad de la investigación

El SEMAN-FAP cuenta con personal calificado, capacitado y con talleres, herramientas calibradas, manuales y procedimientos, que al integrarse al proyecto permitirán viabilizar la presente investigación.

Además, el personal de la alta dirección de esta institución tiene la visión de modernizar sus instalaciones a los más altos estándares.

La propuesta ofrecerá un taller de pintado con ambiente controlado, con equipamiento y herramientas básicas que permitirá ser escalable, es decir, el incremento de la demanda podrá implementarse e integrarse en el futuro con más herramientas y nuevos equipos más complejos y completos, así como con nuevos métodos y técnicas de perfeccionamiento del pintado y acabado.

El hangar que pertenece al Servicio Aerofotográfico Nacional (SAN) donde se guardan los aviones C-26, puede ser implementado convenientemente con el equipamiento que garantice los parámetros necesarios de temperatura, humedad, aislamiento y hermeticidad que son requeridos en un proceso de pintado óptimo.

1.5 Limitaciones del estudio

El trabajo no contempla los procedimientos de reciclaje ni de mantenimiento de los filtros de media y alta eficacia, tampoco contempla las instalaciones de las estructuras ni de los componentes como los ventiladores, extractores, sistema de climatización, cañerías, tuberías, canaletas, ductos y LEDs.

De Tiempo: El investigador compartirá sus obligaciones laborales con otros estudios y con la búsqueda de información en bibliotecas e Internet. Estas limitaciones no impedirán los objetivos de la investigación.

El trabajo no contempla la construcción del ambiente donde se instalará el taller de pintura (obras civiles), tampoco se contempla la creación y/o redacción de manuales de instrucción, operación, mantenimiento y tampoco capacitación.

Amplitud: No se contempla los trámites para la certificación del taller. A pesar de que esta propuesta se enfoca en el MIG-29SMP y demás caza-bombarderos de carácter militar, también se contempla albergar otras aeronaves de pequeñas dimensiones de carácter civil. Tampoco se contempla las capacitaciones al personal para el correcto pintado, ni tampoco el uso de los sistemas que compone el taller de pintura.

Capítulo II: Marco teórico

2.1 Antecedentes de la investigación

El número de investigaciones sobre el pintado y sus respectivos procesos hallados en la Internet, nos permite ver un enfoque general utilizado por cada investigador y nos demuestra las diferentes propuestas que posee el tema.

Antecedentes Nacionales

(Aliaga Lucen & Vilchez Guadalupe, 2014), realizaron la investigación titulada “Técnica ALIVIL y aprendizaje de pintado del automóvil en estudiantes de las instituciones educativas técnicas de la provincia de Tarma”, tuvo como objetivo general determinar el nivel de eficacia de la técnica ALIVIL en el aprendizaje de pintado del automóvil en los estudiantes de las instituciones educativas técnicas de la provincia de Tarma y llegó a las siguientes conclusiones:

Se determinó que la técnica ALIVIL tiene un alto nivel de eficacia para el aprendizaje de pintado del automóvil en los estudiantes de la Institución Educativa Industrial N° 32.

Se propuso la técnica ALIVIL para el aprendizaje de pintado del automóvil en los estudiantes de la Institución Educativa Industrial N° 32 donde le sugerimos a los docentes que se dicte un curso sobre pintura automotriz.

(Rojas Malpica, 2017) realizó la investigación titulada “Propuesta de implementación de una cabina de pintura y mejoramiento del proceso de pintado para el mantenimiento de aviones comerciales de pasajeros en el SEMAN Perú”, tuvo como objetivo general realizar el proceso de pintado

durante el mantenimiento de las aeronaves comerciales de pasajeros Boeing 737, 767 y Airbus 319, 320, 380 y llegó a las siguientes conclusiones:

El SEMAN PERÚ realizará proceso de pintado de las aeronaves comerciales pasajeras Boeing 737, 767, Airbus 319, 320 y 380 generando así mayor mantenimiento y reparación de aeronaves.

Se tendrá un taller especializado para el proceso de pintado de aeronaves comerciales pasajeras y cargueras, mediante la medición de temperatura y humedad relativa. Además de un sistema de purificación del aire por paneles filtrantes de partículas de polvo durante el proceso de pintado.

El SEMAN PERÚ será capaz de obtener certificados ISO9001, ISO14001, AS9100 y AS9110 como entidad de mantenimiento y reparación de aeronaves, teniendo una mayor cobertura en estados unidos, Europa y Asia.

(Valdivieso Lopez & Zuñiga Calcina, 2016), titulado “Diagnóstico y mejora de los procesos de un taller de reparación de carrocería y pintura aplicando herramientas de lean”, tuvo como objetivo general elaborar una propuesta de mejora en el proceso de reparación de carrocería y Pintura, para poder aminorar el Lead Time de reparación, mediante la elaboración de un correcto control de la producción del local de San Luis y tuvo las siguientes conclusiones:

La herramienta Lean ha permitido tener un panorama más claro del proceso productivo, permitiendo identificar y atacar fácilmente los problemas de orden y control de las reparaciones de carrocería y pintura, así mismo logro cumplir con el objetivo de disminuir el tiempo de permanencia de un vehículo en el taller.

En cuanto a la implantación de la herramienta Lean, se logró desarrollar el VALUE STREAM MAPPING (VSM) estado presente. Esto dio como resultado

una información muy importante ya que se logró evidenciar que un vehículo que tiene actualmente una permanencia de 18.3 días, solo tiene un tiempo trabajo productivo de 2.5 días.

Antecedentes Internacionales

A continuación, se presenta los proyectos a nivel hispano y latinoamericano respectivamente:

(Solaegui Nebradt, 2010), realizó la investigación titulada “Análisis y optimización del proceso de pintura de una aeronave Bombardier CRJ-200”, en México D.F., tuvo como objetivo general dar a conocer las etapas básicas del proceso a seguir para pintar una aeronave desde su preparación hasta su retorno a servicio y tuvo las siguientes conclusiones:

Se mejoró un formato de recepción y de retorno a servicio por mantenimiento; permitiendo llevar un registro de las condiciones de llegada de la aeronave para la detección, solicitud de partes y corrección de fallas antes del ingreso a línea de pintura garantizando un despacho confiable al liberarse el avión y son parte de los formatos aprobados del taller.

Se obtuvieron los tiempos de procesos en cada uno de los tres turnos a lo largo de la estadía del avión para determinar los estándares de periodicidad y continuidad al realizar una tarea determinada.

(Bustamante Rodriguez, y otros, 2011), realizaron la investigación titulada “Taller de pintura aeronáutica grupo aeronaval del caribe, en la Escuela naval de Suboficiales arc Barranquilla”, tuvo como objetivo diseñar un taller de pintura aeronáutica y tuvieron las siguientes conclusiones:

En términos energéticos, la sustitución de 95.000 litros/año de gasóleo en calderas, con ahorro de 25.000 termias/año, y sustitución de 613 MWh/año en cabina, por 1.337.040 termias/año de gas natural, en términos medioambientales se eliminan las emisiones de SO₂ y otros contaminantes, ausentes en el gas Natural y se reduce el impacto medioambiental en la generación de energía Eléctrica.

En términos económicos, los ahorros energéticos en términos económicos, alcanzan Sustitución de 95.000 litros/año de gasóleo en calderas, con ahorro de 25.000 termias/año, y sustitución de 613 MWh/año en cabina, por 1.337.040 termias/año de gas natural 10.310 Kptas/año. El ahorro económico real es superior, teniendo en cuenta otros conceptos no energéticos; tales como mejora de la productividad y calidad.

2.2 Bases teóricas

Para que todo trabajo o producto tenga un resultado satisfactorio y de calidad, es necesario que pase por una cadena o serie de procedimientos que garantice el correcto acabado y calidad esperada según demande la guía de trabajo u otro documento que indique las acciones a efectuar.

En el ámbito aeronáutico toma una importancia aún más estricta y relevante, ya que el mercado de aviación es de gran demanda en temas económicos, de máxima seguridad y de tiempo, por lo que, en un taller de pintura debe de realizarse según indique el manual de cada fabricante.

En este caso, tomaré las referencias generales de las normas y procedimientos de pintado a una aeronave "X" y equipos a usar en el taller del capítulo 8 (*Aircraft Painting and Finishing*) del libro "Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe" de la FAA, que describiré con mayor detalle más adelante en la sección de "Procedimientos de pintado".

2.2.1 Concepto de procedimientos

Se define como planes, cuando se establece un método habitual para llevar a cabo actividades futuras. Son guías de una serie de actividades que detallan la forma exacta de cómo debe cumplirse.

Según (Melinkoff, 1990), "Los procedimientos consiste en describir detalladamente cada una de las actividades a seguir en un proceso laboral, por medio del cual se garantiza la disminución de errores" (p.28).

2.2.2 Características de los procedimientos

Para (Melinkoff, 1990), las características de los procedimientos se describen de las siguientes maneras:

- No son de aplicación general, sino que su aplicación va a depender de cada situación en particular.
- Son de gran aplicación en los trabajos que se repiten, de manera que facilita la aplicación continua y sistemática.
- Son flexibles y elásticos, pueden adaptarse a las exigencias de nuevas situaciones. (p.28)

Para (Gómez, 1997) desde otra perspectiva se enfoca en las siguientes características de procedimientos:

- Por no ser un sistema; ya que un conjunto de procedimientos tendientes a un mismo fin se conoce como un sistema.
- Por no ser un método individual de trabajo. El método se refiere específicamente a como un empleado ejecuta una determinada actividad en su trabajo.
- Por no ser una actividad específica. Una actividad específica es la que realiza un empleado como parte de su trabajo en su puesto. (p.53)

2.2.3 Importancia de los procedimientos en la organización

Los procedimientos están muy presentes a lo largo y ancho de un sistema de organización, además de la necesidad de tener un control más riguroso y adquirir como resultado una mayor eficiencia en la cadena de procesos.

Según (Biegler, 1980): "Los procedimientos representan la empresa de forma ordenada de proceder a realizar los trabajos administrativos para su mejor función en cuanto a las actividades dentro de la organización" (p.54).

2.2.4 Beneficios de los procedimientos en la industria

(Melinkoff, 1990) conceptualiza que: "El aumento del rendimiento laboral, permite adaptar las mejores soluciones para los problemas y contribuye a llevar una buena coordinación y orden en las actividades de la organización" (p.30).

2.2.5 Estructura de los procedimientos para validar un taller de pintura

Los procedimientos que propongo, se estructurarán bajo los requisitos que exige la Dirección General de Aeronáutica Civil (DGAC) en la RAP N° 145 (Organizaciones de Mantenimiento Aprobadas) con Resolución Directoral N° 415-2018-MTC.

Esto se recomienda con la finalidad de tomar las altas exigencias y procedimientos que ordena la DGAC para lograr la calidad de acabado deseado efectuado por el personal calificado en el taller de pintado.

Según lo especificado por la DGAC

145.305 Personal de certificación

(a) La OMA RAP 145 debe asegurar que el personal de certificación posee una licencia de técnico de mantenimiento de aeronaves, vigente y emitida por la DGAC; y tiene un adecuado conocimiento de las aeronaves y/o componentes de aeronaves que van a ser mantenidos y de los procedimientos asociados de la organización de mantenimiento antes de que se le emita o se le renueve la autorización de certificación RAP 145.

(b) La OMA RAP 145 debe asegurar que todo el personal que emite certificación de conformidad de mantenimiento de una aeronave o componentes de aeronaves haya ejercido las facultades de su autorización de certificación RAP 145 en un período de seis (6) meses, en los últimos dos (2) años.

(c) Antes de emitir o renovar una autorización de certificación RAP 145, todo el personal de certificación debe ser evaluado conforme a lo

requerido en este Capítulo, en cuanto a competencia, calificaciones y capacidad para llevar a cabo sus obligaciones de certificación.

(d) La OMA RAP 145 debe emitir al personal de certificación una autorización de certificación que especifique claramente los alcances y límites para certificar a nombre de la organización de mantenimiento.

Esta autorización de certificación se emite una vez que la OMA, se asegure de que este personal cumple con los párrafos (a), (b), (c) y (e) de esta sección, que sean aplicables. La validez continua de la autorización de certificación depende del continuo cumplimiento de los párrafos (a), (b) y (c) de esta sección, según sea aplicable.

(e) El gerente responsable será el encargado, en nombre de la OMA RAP 145, de la expedición y de la renovación de las autorizaciones de certificación al personal de certificación.

El gerente responsable podrá delegar en otras personas esta función de certificación de conformidad con el procedimiento especificado en el manual de la organización de mantenimiento (MOM).

(f) La OMA RAP 145 debe mantener un registro de todo el personal de certificación, incluyendo detalles de cualquier licencia e instrucción completada y el alcance de sus autorizaciones de certificación RAP 145.

(g) La OMA RAP 145 debe proveer al personal de certificación de una copia de su autorización de certificación RAP 145. Esta copia puede ser un documento o en formato electrónico. El personal de certificación

debe ser capaz de mostrar esta autorización a cualquier persona autorizada de la DGAC en un tiempo razonable.

145.310 Edificios y las instalaciones

(a) La OMA RAP 145 debe proveer instalaciones apropiadas para todo el trabajo que planea realizar, asegurando en particular, protección de los fenómenos del medio ambiente, del polvo y el calor.

Las áreas donde se realizan trabajos especializados y las áreas de los hangares deben estar separadas como sea necesario, para asegurar que sea poco probable que suceda una contaminación del ambiente o de las áreas de trabajo.

(b) Debe proveer espacio de oficinas apropiado para la administración adecuada de las tareas del trabajo planificadas en el párrafo (a) de esta sección, incluyendo en particular, la administración de la calidad y el SMS, planeamiento y registros técnicos.

(c) El ambiente de trabajo debe ser apropiado para las tareas que se van a realizar y en particular, cumplir con requerimientos especiales que se deben observar. A menos que sea requerido de otra forma por el ambiente particular de una tarea, el ambiente de trabajo debe ser tal que la efectividad del personal no se vea afectada.

(d) Debe proveer instalaciones seguras de almacenamiento para los componentes de aeronaves, equipamientos, herramientas y materiales.

Las condiciones de almacenamiento deben asegurar segregación entre los componentes y materiales certificados para liberarse al servicio.

Las condiciones de almacenamiento deben estar en conformidad con las instrucciones del fabricante para prevenir el deterioro y daño de los elementos almacenados. El acceso a las instalaciones de almacenaje debe ser restringido a personal no autorizado.

145.320 Equipamientos, herramientas y materiales

(a) La OMA RAP 145 debe tener el equipamiento, herramientas y materiales adecuados y necesarios para realizar cualquier trabajo de mantenimiento dentro del alcance de su Lista de Capacidad.

(b) Cuando las herramientas, equipamientos y equipo particular requieran calibración deben ser controlados y calibrados usando estándares aceptables a la DGAC, a una frecuencia que asegure su correcta operación y precisión.

Los registros de estas calibraciones indicadas y el estándar utilizado deben ser mantenidos por la OMA RAP 145, durante la vida útil de la herramienta o dos (2) años desde su última calibración, lo que ocurra último. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, págs. 10-12)

2.2.6 Procedimientos para instalar un taller de pintura

Luego de verificar los requisitos de la DGAC para validar por certificado el taller de pintura que propongo, nos enfocaremos en inspeccionar los materiales y tipo de suelo que deberá tener el terreno para una adecuada instalación.

Cabe recordar que tanto los talleres de pintura como los hangares, tienen muchísimas similitudes en cuanto a construcción, mantenimiento y materiales (a excepción de un ambiente controlado por temperatura y humedad que carece un hangar común y corriente para guardar un avión).

Por otro lado, la empresa británica REIDsteel (John Reid and Sons Ltd., 2017): recomienda que un hangar sea tan ancho y alto como sea posible y que sus puertas se puedan abrir a todo lo alto y a todo lo ancho.

Salvo que el hangar esté diseñado para un tipo de avión concreto y nunca se vaya a albergar otros tipos de aviones, suele ser mejor construir un hangar grande para aumentar su flexibilidad y su valor de cara al futuro.

En el caso de los hangares de pintura, sin embargo, es preciso contar con calefacción o aire acondicionado en el interior y renovar el aire para eliminar disolventes. (p.01)

El diseño debe hacerse sobre una superficie plana con medidas fundamentadas en un estudio adecuado: para la circulación, entrada y salida de la avioneta; vehículo o carro: entrada y salida; además de la circulación peatonal dentro del mismo ambiente; asimismo, que sea techado con buena ventilación.

Componentes de un taller

- Suelo firme, preferentemente piso de concreto alisado y pintado, con un porcentaje de inclinación (desnivel) no mayor del 1%.

- Instalaciones básicas mínimas, agua potable, electricidad de preferencia una unidad fuerza, una luz, retirada y no por encima de la avioneta.
- Estructura preferentemente de acero atornillada o soldada y de fácil manipulación.
- Paredes de materiales no corrosivos y de fácil manipulación al igual que la cubierta del techo.
- El ingreso con portones diseñados con los mismos materiales, poseen diseños específicos para la entrada y salida de la avioneta, carros y o personas.

Construcción

Los materiales a usar, tienen que ser los que menos se corroan a los vapores del encendido del motor, así como de los materiales almacenados para el mantenimiento del mismo; además deberían ir protegidos con pintura anticorrosiva: paredes, techos y piso.

Los materiales más comunes y baratos son: concreto reforzado en el piso y cimientos para bases de columnas de acero en paredes, puertas y techos de lámina galvanizada; estos materiales son los que se pueden manipular y transportar más fácilmente; la construcción debe tener los servicios básicos como agua y electricidad. (Granados Gallardo, 2010, pág. 14)

Si en caso se elige el acero como estructura para el taller, se debe de mencionar que en su forma estándar se somete a un chorreado

abrasivo de grado SA2½ y se trata con 75 micras de fosfato de zinc como imprimación.

Si el taller está situado en un lugar con clima corrosivo, recomendamos la galvanización por inmersión en caliente.

Este tratamiento es mucho mejor, más barato y más resistente que la aplicación de varias capas de cualquier pintura, aunque el acero galvanizado resulta más difícil de pintar. (John Reid and Sons Ltd., 2017)

Como alternativa económica, se podría tomar como referencia el hangar de la Dirección General de Aerofotografía (DIGAF), para adaptarlo a un ambiente controlado y realizar algunas modificaciones en las ventanas para convertirlas en herméticas.

2.3 Definición de términos básicos

- Calidad de acabado: Excelencia en el pintado de una aeronave realizado por los procedimientos estandarizado de la FAA y manual del fabricante.
- CFM: Pies cúbicos por minuto para el compresor de aire.
- Composites: Son materiales sintéticos mezclados heterogéneamente formando un compuesto.
- Copa Zahn: Es un recipiente en acero inoxidable e instrumento de medida de la viscosidad.
- COV: Es todo compuesto orgánico que tenga a 293,15 K una presión de vapor de 0,01 kPa o más, o que tenga una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso.

- DGAC: Dirección General de Aeronáutica Civil
- Galvanización por inmersión en caliente: Es un proceso cuyo objetivo es brindar protección contra la corrosión adhiriendo capas de zinc a estructuras de acero. Este proceso es la máxima protección anticorrosiva para cualquier producto fabricado de acero.
- Isocianuro: Son compuestos orgánicos formados por la unión de un hidrocarburo cualquiera (R') a un grupo $N\equiv C$ con enlace triple
- Imprimante epóxico: O también llamado resinas epoxídicas, son un tipo de adhesivos llamados estructurales o de ingeniería; el grupo incluye el poliuretano, acrílico y cianoacrilato.
- MEK: También llamado butanona, es un compuesto químico orgánico que, en condiciones ambiente, se presenta en forma de líquido incoloro inflamable, de olor dulzón y penetrante.
- MOM: Manual de la Organización de Mantenimiento
- MPI: Procesos de Inspección.
- OMA: Organización de Mantenimiento Aeronáutico
- Overspray: partículas de pintura que salen de la pistola de pintura a alta presión, pero que no se adhieren a la superficie a pintar, y flotan en el ambiente o son arrastradas por el extractor de aire en una cabina de pintura.
- Proficiencia: Capacidad que demuestra una persona en el uso de una lengua extranjera.

- Trampa de agua: Es una especie de filtro que retiene el agua producto del condensado y puede drenarla de forma manual o automática dependiendo del tipo de filtro que se instale.
- 14 CFR: Título 14 del Código de Regulaciones Federales.

Capítulo III: Propuesta de implementación del taller de pintura

3.1 Equipos esenciales para el proceso de pintado

3.1.1 Sistema de suministro de aire

El suministro de aire para la pulverización de pintura, con una pistola de pulverización alimentado de un sifón convencional debe provenir de un compresor de aire con un depósito de almacenamiento lo suficientemente grande para proporcionar un suministro ininterrumpido de aire de al menos 90 libras por pulgada cuadrada (psi) proveyendo 10 pies cúbicos por minuto (CFM) de aire a la pistola pulverizadora.

El compresor debe estar equipado con un regulador, trampa de agua, manguera de aire y un sistema de filtro adecuado para garantizar que se entregue aire limpio, seco y sin aceite a la pistola de pulverización.

Si utiliza una de las pistolas de pulverización de alto volumen de baja presión (HVLP) y utiliza un compresor convencional, es mejor usar un compresor de dos etapas de al menos 5 caballos de potencia (hp) que opera a 90 psi y proporciona 20 CFM (pie cúbico por minuto) a la pistola.

La clave para el funcionamiento de las pistolas de pulverización HVLP más nuevas es el volumen de aire, no la presión.

Si compra un nuevo sistema HVLP completo, el suministro de aire proviene de un compresor de turbina. Una turbina HVLP tiene una serie de ventiladores, o etapas, que mueven una gran cantidad de aire a baja presión.

Las etapas más proveen una mayor salida de aire (clasificada en CFM – pie cúbico por minuto) que significa una mejor atomización del recubrimiento que se pulveriza.

El aire de admisión es también el aire de enfriamiento para el motor. Este aire se filtra de la suciedad y partículas de polvo antes de entrar a la turbina. Algunas turbinas también tienen un segundo filtro para el suministro de aire a la pistola de pulverización.

La turbina no produce aceite o agua para contaminar el suministro de aire, pero el suministro de aire de la turbina se calienta y la pintura se seca más rápido, por lo que es posible que necesite una longitud adicional de manguera para reducir la temperatura del aire en la pistola de pulverización.

Éstos se anotarán en cada uso en el formato-C (ver Anexo N°3).

Equipo de pulverización:

Compresor de aire

Los compresores del tipo pistón, están disponibles con compresores de una etapa y múltiples etapas, motores de diversos tamaños y también tanques de suministro de distintos tamaños. El principal requisito para

pintar es garantizar que la pistola de pulverización tenga un volumen continuo de aire suministrado.

Los compresores del tipo pistón comprimen el aire y lo entregan a un tanque de almacenamiento. La mayoría de los compresores proporcionan más de 100 psi, pero solo los más grandes proporcionan el volumen de aire necesario para un suministro ininterrumpido de la pistola.

El compresor multi-etapa es una buena opción para una tienda cuando se necesita un gran volumen de aire para herramientas neumáticas.

Según (Beltran Gomez & Orduz Martinez, 2006) afirman: (...) Son máquinas que elevan la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor. Los compresores se clasifican generalmente como máquinas de alta presión, mientras que los ventiladores y soplantes se consideran de baja presión.

Los compresores se emplean para aumentar la presión de una variedad de gases y vapores para un gran número de aplicaciones. Un caso común es el compresor de aire, que suministra aire a elevada presión para transporte, pintura a pistolas, inflamiento de neumáticos, limpieza, herramientas neumáticas y perforadoras. (p.60)

Éstos se anotarán en cada uso en el formato-D (ver Anexo N°4).



Figura 1. Compresor de aire standard. Recuperado de www.sweethaven02.com/Aviation/MaintHandbook/ama_Ch08.pdf
Grandes contenedores de recubrimiento

Para grandes proyectos de pintura, como rociar una aeronave completa, la cantidad de pintura mezclada en un tanque a presión proporciona muchas ventajas.

La configuración permite cubrir un área mayor sin tener que detenerse y llenar el recipiente con una pistola de pulverización. El pintor puede mantener una línea de pintura húmeda y se aplica más material a la superficie con menos exceso de pulverización.

Proporciona la flexibilidad de maniobrar la pistola de pulverización en cualquier posición sin la restricción y el peso de una copa de pintura adjunta. Los tanques de presión remota están disponibles en tamaños desde 2 cuartos a más de 60 galones.

Éstos se anotarán en cada uso en el formato-E (ver Anexo N^o5).



Figura 2. Tanque de pintura a presión. Recuperado de www.sweethaven02.com/Aviation/MaintHandbook/ama_Ch08.pdf
Sistema de filtro de aire para la pulverización de pintura

El uso del compresor de aire tipo pistón para pintar requiere que las líneas de suministro de aire incluyan filtros para eliminar el agua y aceite.

Varias herramientas y equipo de pintura, algunas herramientas que están disponibles para el pintor incluyen:

- Papel protector/Dispensador de papel que admite varios anchos de papel protector. Incluye un dispensador de cinta adhesiva que aplica la cinta a un borde del papel mientras se desplaza para facilitar que una persona aplique el papel y la cinta en un solo paso.
- Medidores de espesor de pintura electrónico y magnético para medir el espesor de pintura seca.

- Medidores de película húmeda para medir la pintura húmeda recién aplicada.
- Termómetros infrarrojos para medir el revestimiento y las superficies del sustrato para verificar que caigan en el rango de temperatura recomendado antes de la pulverización.

Éstos se anotarán en cada uso en el formato-F (ver Anexo N°6).



Figura 3. Conjunto de filtros de aire. Recuperado de www.sweethaven02.com/Aviation/MaintHandbook/ama_Ch08.pdf

3.1.2 Pistolas de pulverización

Una pistola pulverizadora de alta calidad es un componente clave para producir un acabado de calidad en cualquier proceso de recubrimiento.

Es especialmente importante cuando se pinta un avión debido a la gran superficie y las superficies variadas que se deben rociar.

Al pintar con pistola, es de suma importancia seguir las instrucciones del fabricante sobre el tamaño correcto de la tapa de aire, la punta del fluido y las combinaciones de agujas.

La combinación correcta brinda la mejor cobertura y el acabado de la mejor calidad en el menor tiempo posible. Todos los ejemplos siguientes de varias pistolas de pulverización (excepto la de sin aire) son del tipo de atomización de aire.

Son los más capaces de proporcionar el acabado de más alta calidad y éstos se anotarán en el formato-G (ver Anexo N°7).



Figura 4. Spray alimentado por sifón. Recuperado de www.sweethaven02.com/Aviation/MaintHandbook/ama_Ch08.pdf

Pistola alimentada por gravedad

Una pistola de alimentación por gravedad proporciona el mismo acabado de alta calidad que una pistola de alimentación por sifón, pero el suministro de pintura está ubicado en una taza en la parte superior de la pistola y se suministra por gravedad.

El operador puede hacer ajustes finos entre la presión de atomización y el flujo de fluido y usar todo el material en la taza. Esta también es una pistola de mezcla externa.



Figura 5. Pistola alimentada por gravedad. Recuperado de www.sweethaven02.com/Aviation/MaintHandbook/ama_Ch08.pdf

La producción de la pistola HVLP es de mezcla interna. El aire y el fluido se mezclan dentro de la tapa de aire. Debido a la baja presión utilizada en la aplicación de pintura, transfiere al menos un 65 por ciento y más del 80 por ciento del material de acabado a la superficie.

Las pistolas HVLP están disponibles con una copa estándar ubicada debajo o en un modelo de alimentación por gravedad con la copa en la parte superior.

La imagen que se muestra se puede conectar con mangueras a un contenedor de material de pintura remoto que contiene desde 2 cuartos a 60 galones.



Figura 6. Pistola HVLP (High Volume Low Pressure). Recuperado de www.sweethaven02.com/Aviation/MaintHandbook/ama_Ch08.pdf

Pistola de pulverización sin aire

La pulverización sin aire no utiliza directamente aire comprimido para atomizar el revestimiento del recubrimiento. Una bomba distribuye

pintura a la pistola rociadora bajo una alta presión hidráulica (500 a 4.500 psi) para atomizar el fluido.

El fluido se libera a través de un orificio en la boquilla de pulverización.

Este sistema aumenta la eficiencia de transferencia y la velocidad de producción con menos sobre-pulverización que los sistemas de pulverización atomizados de aire convencionales. Se usa para trabajos de producción, pero no proporciona el acabado fino de los sistemas atomizados con aire.



Figura 7. Pistola pulverizadora sin aire. Recuperado de www.sweethaven02.com/Aviation/MaintHandbook/ama_Ch08.pdf

3.1.3 Sistemas de respiración de aire fresco

Se deben usar sistemas de respiración de aire fresco cada vez que se rocíe un recubrimiento que contenga isocianuros. Esto incluye todos los revestimientos de poliuretano. El sistema incorpora una turbina de aire eléctrica de alta capacidad que proporciona una fuente constante de aire fresco a la máscara.

El uso de sistemas de respiración de aire fresco también es muy recomendable cuando se pulverizan imprimador de cromato y químicos removedores.

El sistema proporciona aire respirable filtrado fresco con hasta 200 pies de manguera, lo que permite que la entrada de la bomba de aire se coloque en un área de aire fresco, bien fuera del área de pulverización.



*Figura 8. Sistema de respirador por Breathe-Cool II® con capucha.
Recuperado de
www.sweethaven02.com/Aviation/MaintHandbook/ama_Ch08.pdf*

Se debe usar un respirador con filtro de carbón para todas las demás operaciones de rociado y lijado para proteger los pulmones y el tracto respiratorio.

El respirador debe ser de doble cartucho, tipo de vapor orgánico que proporciona un sello hermético alrededor de la nariz y la boca.

Los cartuchos se pueden cambiar por separado y deben cambiarse cuando detecte el olor o experimente irritación en la nariz o la garganta.

Los pre-filtros externos deberían cambiarse si experimentan una mayor resistencia a la respiración, éstos se anotarán en el formato-H (ver Anexo N°8).

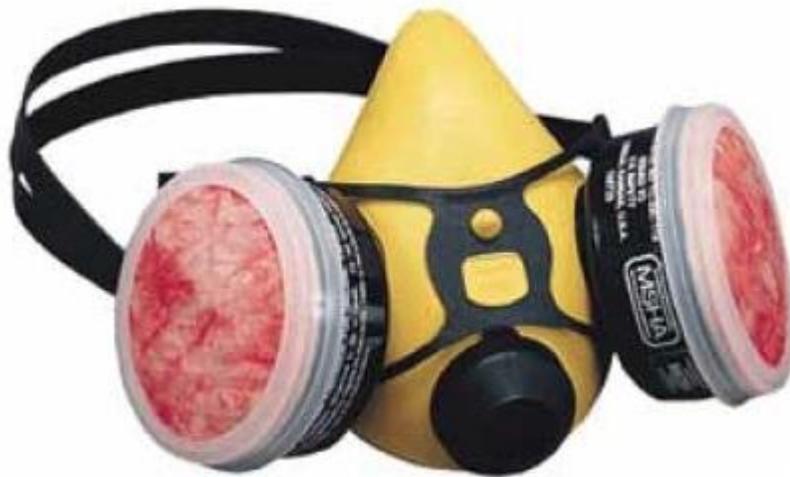


Figura 9. Respirador con filtro de carbón. Recuperado de www.sweethaven02.com/Aviation/MaintHandbook/ama_Ch08.pdf

3.1.4 Taza medidora de viscosidad

Esta es una taza pequeña con un mango largo y un orificio calibrado en la parte inferior, que permite que el líquido en la taza se drene a una velocidad específica.

Los fabricantes de revestimientos recomiendan rociar sus productos a una presión y viscosidad específicas.

Esa viscosidad se determina midiendo el tiempo de salida (drenaje) del recubrimiento líquido a través del orificio de la taza.

El tiempo (en segundos) figura en la lista en la mayoría de las páginas de productos / datos técnicos de los fabricantes de pinturas.

La medición determina si el recubrimiento mixto cumple con la viscosidad recomendada para la pulverización.

Existen diferentes fabricantes de dispositivos de medición de la viscosidad, pero el más común enumerado y utilizado para la pintura en aerosol se conoce como taza Zahn.

El número de orificio debe corresponder con el que figura en el producto / hoja de datos técnicos. Para la mayoría de los imprimantes y capas finales, la copa Zahn N° 2 o N° 3 es la recomendada.

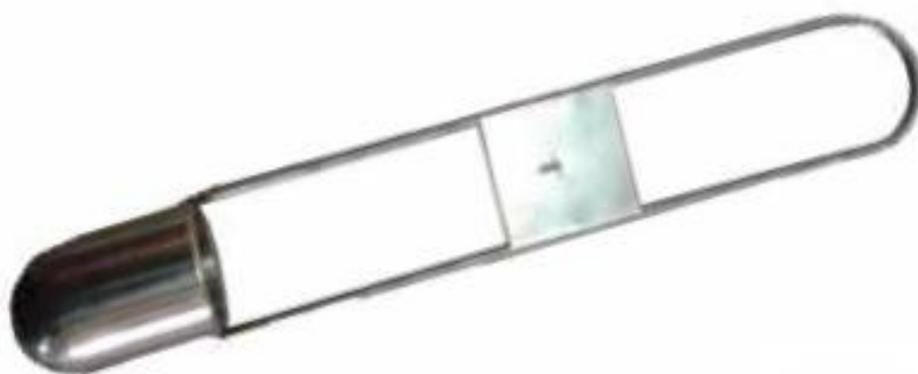


Figura 10. Taza de medición de viscosidad Zahn. Recuperado de www.sweethaven02.com/Aviation/MaintHandbook/ama_Ch08.pdf

Para realizar una medición precisa de la viscosidad, es muy importante que la temperatura del material de muestra sea dentro del rango recomendado de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, y luego proceda de la siguiente manera:

- Mezcle bien la muestra con las burbujas mínimas.
- Sumerja la copa Zahn verticalmente en la muestra que está siendo probado, sumergiendo totalmente la taza debajo de la superficie.
- Con un cronómetro en una mano, levante rápidamente la copa de la muestra. Cuando el borde superior de la taza rompa la superficie, inicie el cronómetro.
- Detenga el cronómetro cuando observe la primera ruptura en el flujo del líquido en la salida del orificio. El número en segundos se conoce como el tiempo de salida.
- Registre la hora en el cronómetro y compárelo con las recomendaciones del fabricante del recubrimiento. Ajuste la viscosidad, si es necesario, pero tenga en cuenta que no diluya el recubrimiento debajo de las recomendaciones que podrían dar lugar a la liberación de compuestos orgánicos volátiles (VOC) en la atmósfera por encima de las limitaciones reguladas.

Equipo de mezcla

Use un agitador de pintura para todos los recubrimientos dentro de los 5 días de la aplicación para asegurarse de que el material esté bien mezclado. Use un agitador mecánico de pintura para mezclar grandes cantidades de material.

Si un agitador mecánico es impulsado por un taladro, el taladro debe ser neumático, en lugar de eléctrico. Las chispas de un taladro eléctrico pueden causar una explosión de los vapores de pintura. (FAA, 2012, págs. 6-9)

3.2 Requisitos para que funcione un taller de pintura con ambiente controlado

Para que funcione el taller de pintura con ambiente controlado, es necesario describir los componentes y elementos que lo integrarán, dividiéndose en dos categorías principales:

Estructura:

- Las paredes internas de la estructura estarán revestidas con material anti-corrosivo como planchas de acero inoxidable AISI C304 de 1mm de espesor e instalada con tornillos o soldadura eléctrica.
- La estructura se fijará sobre una base, consistente en un cimiento de concreto armado de 0,25m de espesor.
- Las columnas, puertas y techo serán fabricada con planchas de acero galvanizado.
- El material de las puertas que comprende plancha acanalada de sección trapezoidal.
- Las ventanas llevarán un marco de acero y un forro de poliuretano.
- Los ductos de aire de ingreso y salida serán de acero galvanizado de 2mm de espesor.
- Las canaletas para el drenaje de agua serán de acero galvanizado.

- Las tuberías y accesorios de tuberías (codos, T, niples, etc.) serán de acero galvanizado.

Equipamiento:

- Nueve (09) ventiladores “HCH 100-4T-20” con $72000 \text{ m}^3/h$ cada uno.
- Ocho (08) extractores “HTP-100-4T-40” con $80500 \text{ m}^3/h$ cada uno.
- Tres mil doscientos (3200) pre-filtros de 200x20mm.
- Dieciséis (16) filtros de media eficiencia de 200x20x50mm, instalados en los extractores.
- Dieciséis (16) filtros de alta eficiencia de 200x20x50mm, instalados en los extractores.
- Ocho (08) sistemas de climatización PF 840.
- Un (01) sensor de humedad relativa.
- Un (01) tablero eléctrico para el control de iluminación, de ventilación y de extracción.
- Un (01) sensor de temperatura ambiente.
- Trescientas veinte (320) lámparas LED, tipo campana.
- Dos (02) luces de advertencia.
- Un (01) extintor de clase “C” polvo químico.

- Cuatro (04) mesas de madera de 3000x2000x750mm ubicadas en la zona de mezcla.
- Ocho (08) estantes metálicos de 4000x800x2000mm ubicados en el almacén.

La sala de pintura (hangar) debe de cumplir con unos requerimientos y requisitos mínimos para que pueda funcionar adecuadamente.

Según (González Dávila, 2004) menciona: La velocidad de aire en el interior de la cabina hay quien afirma que es la característica fundamental, y debe ser siempre superior a 30 m/s para asegurar una correcta evacuación de gases. Esta magnitud debe asegurar una renovación de aire alrededor de los 150-275 renovaciones/hora. O sea, la ventilación de la cabina debe garantizar una sobrepresión constante y uniforme en el interior del habitáculo, y además se tiene que ajustar al tipo de pintura que se use.

Tampoco hay que olvidar que el caudal de aire debe estar de acuerdo al espacio.

El nivel de iluminación de una cabina de pintura debe ser uniforme y nunca inferior a 750 LUX...

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

La cabina de pintura debe constar de un sistema de calefacción y de regulación que garantice una temperatura constante y uniforme en toda la superficie y a todas las alturas con una diferencia de $\pm 5^{\circ}$ C.

La cabina de pintura tiene que contar con una adecuada superficie de filtros para pintura en expulsión, bien colocados en la zona de paso de aire, que garanticen una retención no inferior al 85-90% de las partículas de pintura overspray que no se depositan. (p.6-7)

La cabina será del tipo flujo vertical, donde la corriente de aire desciende desde el techo hacia el suelo en sentido vertical.

En cuanto al sistema de filtrado, es prácticamente iguales a los demás modelos, siendo el más común el uso de filtros secos.

Requerimientos de aire en la cabina

Continuamos en hacer referencia a (González Dávila, 2004): Una cabina de pintura requiere un diseño de aire mínimo o velocidad, medida en pies lineales por minuto (fpm), y 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.

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:

- la succión y filtros de la descarga, y
- la succión y sistema de tubería de la descarga.

La presión estática de cualquier filtro es determinada por cuánto aire atravesará ese filtro. Los filtros de succión de aire para el flujo horizontal son más densos y dejan pasar menos aire que los filtros de la succión para el flujo vertical o semi-vertical.

Por consiguiente, los filtros de succión de aire para el flujo vertical de una cabina, tienen una presión estática más elevada que los filtros de succión de otro tipo de sistema de aire de cabina de pintura.

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. (p.17-18)

Dimensiones:

Las dimensiones del taller de pintura propuesto son de: 24 metros de largo, 30 metros de ancho y 8 metros de alto.

Secciones:

Consta de un total de 4 secciones o habitaciones que son:

- Hangar: Mide 24 metros de largo y 20 metros de ancho, es el área donde se pintará la aeronave de manera cómoda por su gran espacio.
- Almacén: Mide 8 metros de largo y 10 metros de ancho, es el área donde se guardará las pinturas y derivados, instrumentos de pintado, así como los compresores de aire y similares.
- Habitación de mezcla: Mide 8 metros de largo y 10 metros de ancho, es un área segura y aislada donde se realizará las mezclas de pinturas y otros productos químicos requeridos para el pintado.
- Sala de control: Mide 8 metros de largo y 10 metros de ancho, es el área donde se podrá manipular la circulación del aire y ajustar las temperaturas requeridas para el pintado, así como encender y apagar las luces.

Calidad de Aire

Existen tres factores primordiales para la calidad en la aplicación de la pintura, controlar los parámetros de:

- Partículas
- Temperatura
- Humedad relativa

Las partículas se dividen en:

- Fuentes Externas: Son las que entran del exterior la mayor parte de estas entran por al aire acondicionado y se controlan a través de filtros, presurizando la cabina y sellando toda abertura en la misma.

- Fuentes Internas: Estas son generadas por los usuarios, equipos de proceso y el mismo proceso, se controla por medio de la vestimenta especializada y baños de aire limpio y filtrado. En algunas aplicaciones hay partículas tan pequeñas 5.0 micrómetros o menores, y estas pueden ser responsables de los defectos visibles en los objetos pintados. Estas deben ser controladas por medio de la medición de partículas en tamaño y cantidad a través de un contador de partículas.

Temperatura

Los parámetros deben ser controlados de acuerdo a los valores recomendados por el fabricante de la misma. Se ha determinado que al aplicar el esmalte a temperaturas mayores a los 29°C e inferiores a los 19°C y humedad relativa superior a 72% e inferior a 42% puede generar defectos sobre la pintura aplicada.

La temperatura en la cabina debe ser controlada para garantizar la viscosidad adecuada de esta. Cuando se tiene una temperatura alta, la pintura no se adhiere correctamente y se provocan escurridos en la pintura aplicada. Cuando se tiene baja temperatura, la pintura no seca adecuadamente. La temperatura ideal de trabajo está comprendida entre 22° C y 26° C.

Humedad Relativa

En una masa de aire se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene este elemento.

El control de la humedad relativa es fundamental, evita la contaminación y vigila el espesor de la película de la pintura, se usa también para el control de fibras y polvo presente en el aire de la planta pintura.

La humedad relativa influye en el nivel de carga electrostática, por consecuencia reduce los contaminantes en las superficies; cuando la humedad es controlada en un rango de 50% a 60% mejora la carga electrostática de pintura en polvo e incrementa la eficiencia de la transferencia. (Air Quality de Mexico, 2017)

3.2.1 Sistemas que conforman el ambiente controlado en el taller de pintado

Según (Beltran Gomez & Orduz Martinez, 2006) afirma que: “dentro del taller de pintura, en la sección del hangar se instalarán los componentes básicos y esenciales para el correcto funcionamiento del área mencionada (...) dentro de sus componentes esenciales están:

El sistema de ventilación y extracción de aire, el sistema de filtración de aire, el sistema de iluminación”. (p.21), así como también, el sistema de calefacción y de regulación respectivamente.

3.2.2 Ventiladores

Los ventiladores se pueden clasificar en dos grandes grupos: centrífugos y axiales. La diferencia entre los ventiladores centrífugos y los de flujo axial es la dirección del flujo de aire que pasa por ellos.

Según (González Dávila, 2004) afirma que: En un ventilador centrífugo, se impulsa el aire a lo largo del eje del ventilador, y a continuación es desviado rápidamente en forma radial de dicho eje.

El aire se reúne en una carcasa o caracol, y se concentra en una dirección. En un ventilador de flujo axial, se impulsa el aire a lo largo del eje del ventilador, y después sale en la misma dirección. (p.22)

Curva característica

El ensayo de ventiladores tiene por objeto 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.

La curva característica de un ventilado se obtiene dibujando en unos ejes de coordenadas los distintos valores caudal-presión, obtenidos mediante ensayo en un laboratorio.

Para entender mejor el concepto de curva característica pondremos el siguiente ejemplo. Supongamos un ventilador tubular trabajando según indica la posición a) de la figura siguiente. Al medir el caudal de aire que proporciona, encontramos $Q_1 = 10.000 \text{ m}^3/\text{hora}$.

Si repetimos el ensayo empalmado un conducto de 10 m por el lado de admisión (posición b) y medimos de nuevo el caudal, nos encontramos con que ha bajado a $Q_2 = 8.000 \text{ m}^3/\text{hora}$.

En otro ensayo, acoplamos un tubo de 50 m de longitud (posición c), y comprobamos que el caudal ha descendido a $Q_3 = 5.000 \text{ m}^3/\text{hora}$.

Las experiencias anteriores nos demuestran que no es suficiente conocer el caudal que es capaz de suministrar un ventilador a descarga libre (posición a), esto es, sin obstrucciones, para poder catalogarlo.

Es necesario conocer qué caudales irá proporcionando según sean las distintas pérdidas de carga que deba vencer.

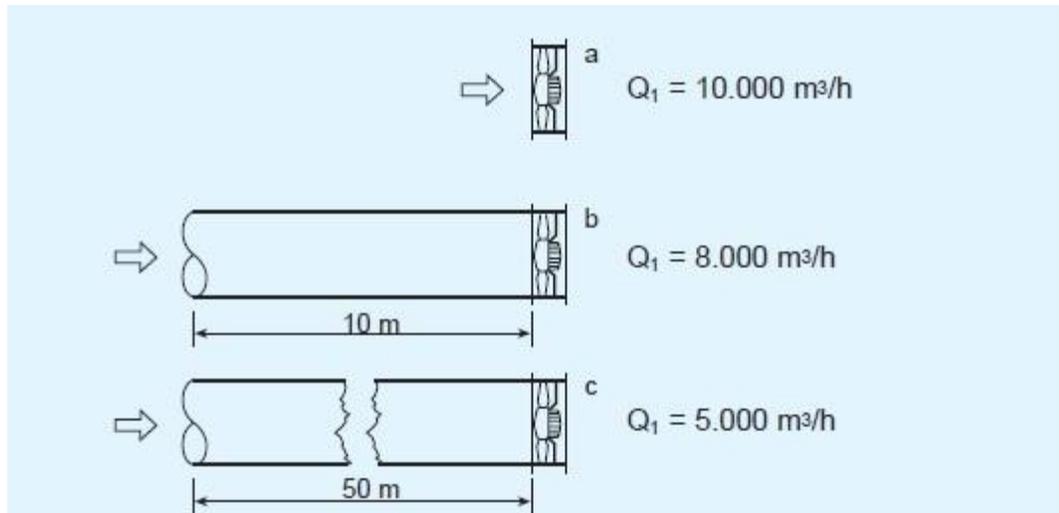


Figura 11. Pérdida de caudal con la longitud. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

En la siguiente figura tenemos representada una curva característica de un ventilador.

Observemos en primer lugar en la figura curvas diferentes. Cada una de ellas representa un valor distinto y su lectura se hace en las diferentes escalas que están a la izquierda de la figura.

Tres están relacionadas con la presión que da el ventilador para distintos caudales (son las denominadas P_t , P_e , P_d).

- P_e : es la Presión Estática
- P_d : es la Presión Dinámica (debido a la velocidad)
- P_t : es la Presión Total

Cumpléndose en todo momento " $P_t = P_e + P_d$ "

Obsérvese que, a descarga libre; es decir, cuando la Presión Estática (P_e) es nula, el ventilador da el máximo caudal que puede mover; en este punto la Presión Total es igual a la Dinámica ($P_t=P_d$).

Asimismo, cuando el ventilador está obturado, es decir que da el mínimo caudal, la Presión Dinámica (P_d) es nula; en este punto, la Presión Total es igual a la Estática ($P_t= P_e$).

Otra curva que podemos ver en el gráfico es: la curva de potencia absorbida (W), que leeremos en la escala vertical situada más a la izquierda (en watios).

Esta curva nos da la potencia que consume el motor que acciona el ventilador, y podemos ver que presenta un máximo (en la figura corresponde al punto de caudal $3.000 \text{ m}^3/\text{h}$).

También tenemos representada la curva de rendimiento (η), que se lee en % en la escala vertical intermedia, se puede ver que el rendimiento del ventilador depende del caudal que está moviendo.

El conjunto de estas curvas recibe el nombre de característica de un ventilador.

La característica de un ventilador es la mejor referencia del mismo, ya que siempre nos indicará su comportamiento según sea el caudal y la presión que esté dando.

En los catálogos comerciales, suele darse solamente una curva, que es la de mayor importancia la de Presión Estática (P_e). Los servicios técnicos suministran más información si se les solicita.

El punto ideal de funcionamiento del ventilador, aquél para el que ha sido diseñado, es el correspondiente al máximo rendimiento. Cuanto más cerca de este punto trabaje el ventilador, más económico será su funcionamiento.

El punto R de la figura posterior se conoce como punto de desprendimientos, y la zona a la izquierda de éste es de funcionamiento inestable.

Debe, por tanto, escogerse el ventilador de manera que el punto de trabajo esté a la derecha de R; de esta manera se evita la inestabilidad de funcionamiento.

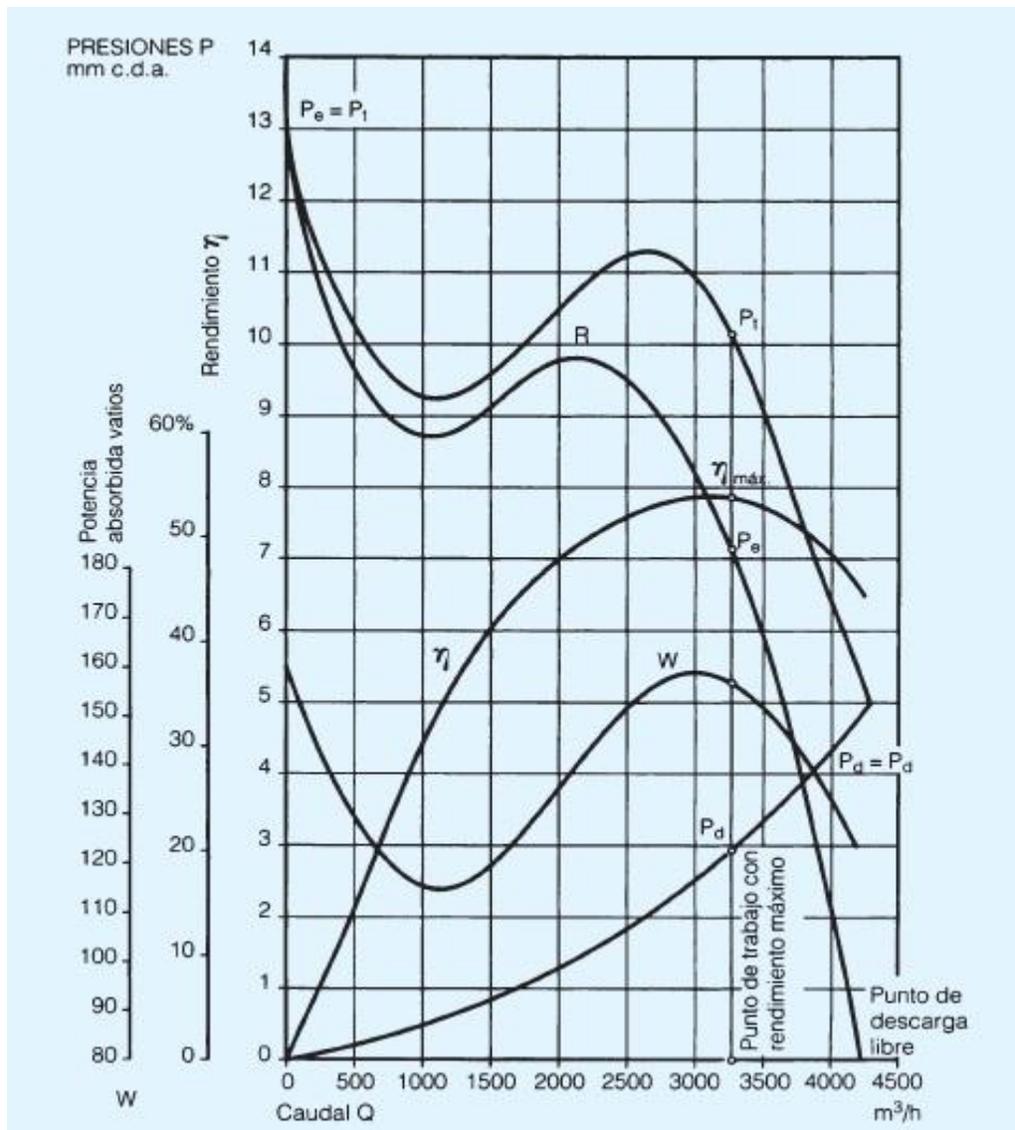


Figura 12. Curva característica de un ventilador. Recuperado de <https://www.salvadorescod.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Observemos la figura siguiente en que se han representado las curvas características de los tipos fundamentales de ventilación, para poder comprender mejor su comportamiento.

Los tres ventiladores que se comparan tienen el mismo diámetro de rodete. Podemos ver que, a igualdad de caudal impulsado (Q), los ventiladores centrífugos dan más presión que los helicentrífugos, y éstos a su vez más que los helicoidales.

También se observa que, los centrífugos mueven caudales menores que los helicocentrífugos, y éstos menos que los helicoidales.

Por tanto, puede aceptarse que los ventiladores más adecuados cuando los caudales sean grandes y las presiones que deban vencer sean pequeñas son los helicoidales. Este tipo de ventilador tiene además la ventaja de la facilidad de instalación.

Los ventiladores indicados para mover caudales pequeños, pero a elevada presión son los centrífugos; finalmente, un caso intermedio es el de los ventiladores helicocentrífugos. (Salvador Escoda S.A., págs. 2-3)

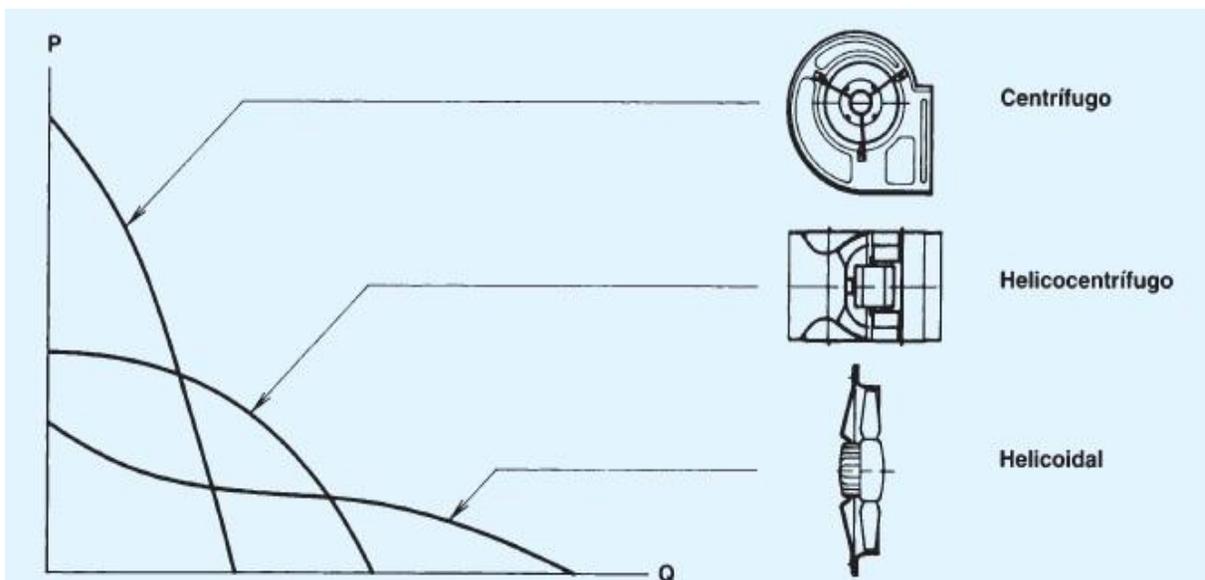


Figura 13. Curva de tipos de ventilador. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Punto de trabajo

La curva característica del ventilador depende únicamente del ventilador, y solamente puede variar si el ventilador funciona a una velocidad de rotación distinta.

Puede aceptarse en principio que la curva característica es totalmente independiente del sistema de conductos al que se acople.

Sin embargo, hay que considerar que un ventilador puede funcionar moviendo distintos caudales y comunicándoles distintas presiones, de tal forma que todos los puntos posibles de funcionamiento se hallen representados sobre la curva (P_e).

Para saber exactamente en qué condiciones funcionará el ventilador, debemos conocer la curva resistente de la instalación, es decir, la curva que relaciona la pérdida de carga de la instalación con el caudal que pasa por ella.

Podemos encontrar de forma fácil el punto de trabajo de un ventilador simplemente superponiendo las curvas características del ventilador y resistente del conducto según se indica en la siguiente figura.

Se puede comprobar que la pérdida de carga de una conducción varía proporcionalmente con el cuadrado del caudal según la fórmula:

$$P_2 = P_1 \left[\frac{Q_2}{Q_1} \right]^2$$

Por lo que, para encontrar la característica resistente y una vez hallada la pérdida de carga inicial (P_1) a un determinado caudal (Q_1), bastará con suponer un segundo caudal (Q_2), para hallar un segundo punto de la característica resistente (P_2).

Si fuese necesario se podrían suponer más caudales con los que se hallarían, siempre para la misma instalación, nuevos puntos de pérdida de carga. Uniendo todos los puntos encontrados se representará la característica resistente de la instalación estudiada.

La intersección entre la curva del ventilador y la característica resistente de la instalación nos dará el punto de trabajo.

Ejemplo

Supongamos que en una conducción circula un caudal de aire de 6.000 m^3/h , originando una pérdida de carga de 3,5 mm c.d.a.

La pérdida de carga que provocará un caudal de 8.000 m^3/h la encontraremos mediante la siguiente expresión:

$$P_2 = 3,5 \times \left[\frac{8000}{6000} \right]^2$$

$$P = 1,342 \times 3,5 = 4,7 \text{ mm c.d.a.}$$

Si el caudal lo suponemos de 4.000 m^3/h la pérdida de carga será:

$$P_2 = 3,5 \times \left[\frac{4000}{6000} \right]^2$$

$$P = 0,6692 \times 3,5 = 2,34 \text{ mm c.d.a.}$$

Llevando todo este conjunto de valores sobre unos ejes de coordenadas obtendremos la característica del sistema tal como se muestra en la siguiente figura.

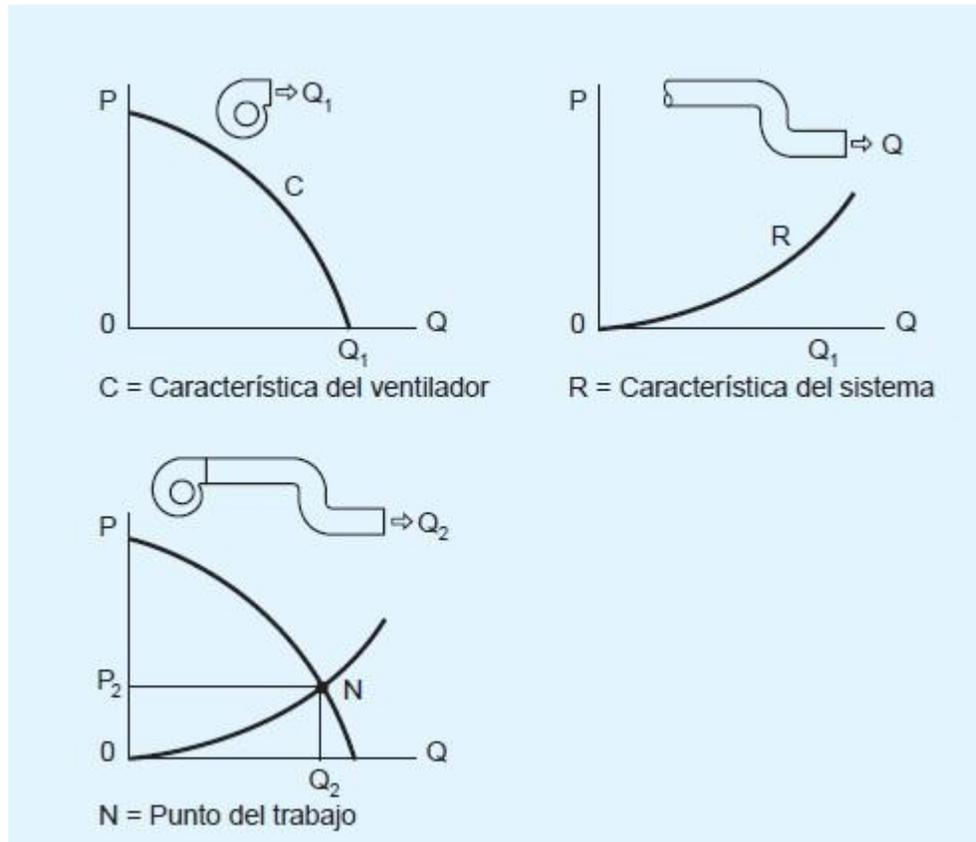


Figura 14. Curva de punto del trabajo. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

De todo lo dicho hasta ahora pueden sacarse dos conclusiones importantes:

- Para cualquier proyectista, instalador o diseñador es indispensable que en el catálogo de ventiladores que esté consultando estén reflejadas las curvas características correspondientes a los ventiladores.

- Estas curvas características deben estar garantizadas por el fabricante y dar referencia expresa de la normalización que se ha utilizado para lograrlas.

Para determinar la curva característica de los ventiladores es necesario disponer de un laboratorio conveniente debidamente equipado, contar con unos técnicos analistas muy preparados y dedicar la atención y tiempo preciso para determinarlas, cuestión ésta delicada y muy laboriosa.

Es preciso también verificar los ensayos según una normalización determinada y tenerla en cuenta para comparar dos aparatos entre sí ya que es de esperar una discrepancia de resultados, a veces notable, si no se ha utilizado la misma normalización para efectuarlos e incluso la misma disposición de ensayo dentro de la misma norma. (Salvador Escoda S.A., pág. 4)

Circulación del aire

El aire circula por un conducto gracias a la diferencia de presión que existe entre sus extremos.

Para diferencias de nivel de hasta 100 m, velocidades inferiores a 50 m/s (caso que puede considerarse al aire como incompresible) y régimen estacionario, las presiones obedecen al siguiente teorema:

Teorema de Bernouilli

La expresión analítica del mismo dice: La suma de la presión estática, la dinámica y la debida a la altura, es constante para todos los puntos de un filete de fluido.

Presiones

Si el conducto es horizontal, o la diferencia es inferior a 100 metros, la presión por diferencia de altura es cero.

La presión estática P_e actúa en todos sentidos dentro del conducto. Se manifiesta en el mismo sentido y en el contrario de la corriente.

La presión dinámica P_d actúa en el sentido de la velocidad del aire.

La presión total P_t es constante en todos los puntos del filete de fluido considerado y su expresión es: $P_t = P_e + P_d$

Caudal

Es la cantidad de aire que circula por el conducto. Su expresión es:

$$Q = v S \text{ (m}^3\text{/h)}$$

En la figura que se muestra a continuación, se ha representado un tramo de conducto horizontal de aire (considerado sin pérdidas, para simplificar), recorrido por el caudal Q (m³/h), con la velocidad v (m/s) y de

Sección S (m²). Una Sonda de Presión estática P_e y un Tubo de Prandtl nos da la Presión Dinámica.

Las fórmulas de relación de todos estos parámetros se indican en la misma figura. (Salvador Escoda S.A., págs. 5,6,8)

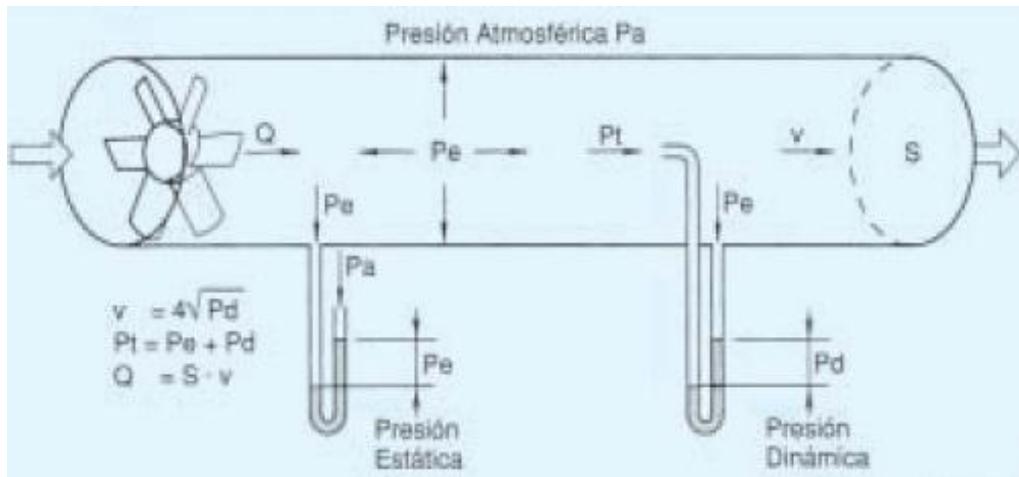


Figura 15. Caudal, velocidad y presiones. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Leyes de los ventiladores

Las variables que comprenden a un ventilador son la velocidad de rotación, el diámetro de la hélice o rodete, las presiones totales, estática y dinámica, el caudal, la densidad del gas, la potencia absorbida, el rendimiento y el nivel sonoro.

Las normas internacionales ISO, 5801-96 (E) y WD 13348-1998, a estas variables les asignan los siguientes símbolos y unidades, que aquí usaremos para ilustrar las definiciones y aplicaciones.

Símbolo	Concepto	Unidad
D_R	Diámetro hélice/rodete	m
L_{wt}	Nivel Potencia total sonora	dB
n	Velocidad rotacional	s^{-1}
P_r	Potencia mecánica suministrada al ventilador	W
p_f	Presión del ventilador	Pa

q_v	Caudal de entrada	$m^3 s^{-1}$
ρ	Densidad	$kg m^{-3}$

Figura 16. Símbolos, conceptos y unidades. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Además, debe tenerse en cuenta, antes de aplicar las leyes de los ventiladores que los valores conocidos lo sean de un aparato de la misma familia trabajando en las mismas condiciones bajo las cuales queremos determinar los nuevos valores y que las condiciones del ventilador considerado sean todas proporcionales a las correspondientes del tomado como punto de partida y cuyos valores reales de ensayo se conozcan.

También es necesario que la velocidad del fluido dentro del ventilador sea proporcional de uno a otro y para lo cual debe comprobarse que la razón entre la velocidad periférica de dos puntos de un rodete sea la misma que la de entre la de dos puntos semejantes del otro rodete.

A medida que se vayan exponiendo las leyes que rigen para las variaciones de los ventiladores, se desarrollarán ejemplos de aplicación para mejor facilitar su comprensión.

Variación del diámetro

Citando las fórmulas a considerar:

$$\text{Caudal: } q_v = q_{v0} \left(\frac{D_r}{D_{r0}} \right)^3$$

$$\text{Presión: } p_F = p_{F0} \left(\frac{D_r}{D_{r0}} \right)^2$$

Potencia: $P_r = P_{r0} \left(\frac{D_r}{D_{r0}} \right)^5$

Nivel Potencia sonora: $L_{wt} = L_{wt0} + 70 \log \frac{D_r}{D_{r0}}$

* El subíndice cero (0) indica la condición inicial de la variable considerada.

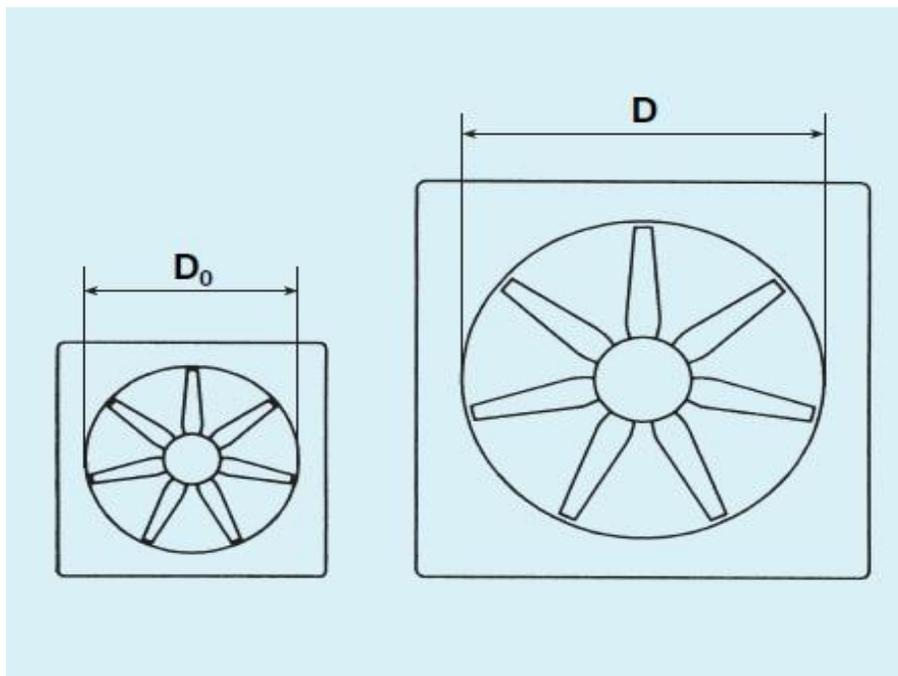


Figura 17. Variación del diámetro. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Ejemplo de aplicación

Las fórmulas para el cambio de diámetro deben usarse con precaución ya que solo son válidas si los ventiladores que relacionan son rigurosamente semejantes.

En la práctica siempre hay desviaciones de semejanza, que no se aprecian ostensiblemente y más cuando se trata de aparatos de la misma familia.

Supongamos un ventilador de 450 mm de diámetro del que conocemos da 5.000 m^3/h a 12 mm c.d.a. con un nivel sonoro de 65 db (A) y que absorbe de la red 480 W. ¿Qué caudal, presión, ruido y potencia sonora tendrá otro aparato semejante de 630 mm?

Las aplicaciones de las ecuaciones del cuadro anterior resuelven el problema:

El ventilador de 630 mm tendrá:

$$\text{Caudal } q_v = 5000 \left(\frac{630}{450} \right)^3 = 13720 \text{ m}^3/h$$

$$\text{Presión } p = 22 \left(\frac{630}{450} \right)^2 = 43 \text{ mm c.d.a.}$$

$$\text{Potencia absorbida} = 480 \left(\frac{630}{450} \right)^5 = 2582 \text{ W}$$

$$\text{Nivel sonoro } L_{wt} = 65 + 70 \log \frac{630}{450} = 75 \text{ dB (A)}$$

Variación de la velocidad

$$\text{Caudal: } q_v = q_{v0} \frac{n}{n_0}$$

$$\text{Presión: } p_F = p_{F0} \left(\frac{n}{n_0} \right)^2$$

Potencia:
$$P_r = P_{r0} \left(\frac{n}{n_0} \right)^3$$

Nivel Potencia sonora:
$$L_{wt} = L_{wt0} + 50 \log \frac{n}{n_0}$$

* El subíndice cero (0) indica la condición inicial de la variable considerada.

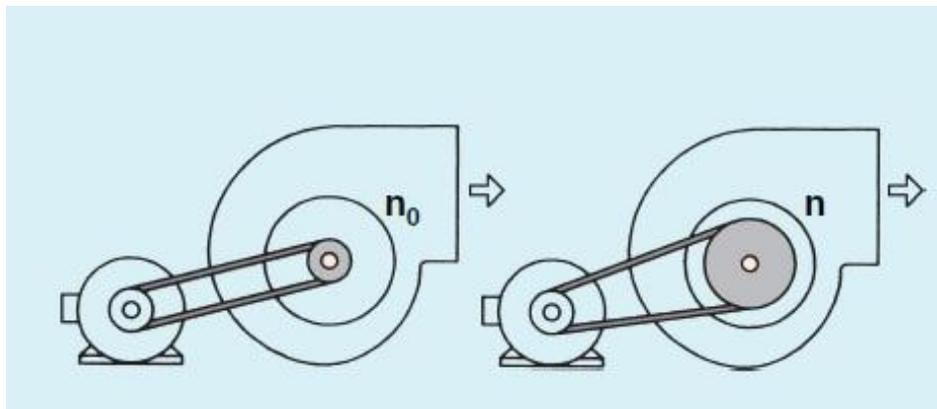


Figura 18. Revoluciones por minuto. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Ejemplo de aplicación

Sea un ventilador que, girando a 1.400 rev/min, dé un caudal de 15.000 m^3/h a una presión de 22 mm c.d.a. instalado en un sistema determinado. La potencia absorbida y la potencia sonora sean respectivamente 1.500 W y 88 dB (A).

Se pregunta, ¿Qué presión y caudal daría girando a 2.000 rev/min?
¿Cuánto consumiría entonces? Y el ruido, ¿qué valor alcanzaría?

$$\text{Caudal } q_v = 1500 \frac{2000}{1400} = 2143 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Presión } p_f = 22 \left(\frac{2000}{1400} \right)^2 = 44,9 \text{ mm c.d.a.}$$

$$\text{Potencia } P_r = 1500 \left(\frac{2000}{1400} \right)^3 = 4373 \text{ W}$$

$$\text{Nivel potencia sonora } L_{wt} = 88 + 50 \log \frac{2000}{1400} = 95,7 \text{ dB (A)}$$

Con estas mismas fórmulas se puede resolver un problema muy común en la práctica.

Supongamos que después de haber hecho una instalación con un ventilador determinado comprobamos que rinde un caudal de 2.300 m^3/h en vez de los 3.000 que exigía el pliego de condiciones.

Si actualmente el ventilador gira a 800 rev/min se nos plantean las siguientes preguntas:

¿A qué velocidad deberá girar el aparato para cumplir las especificaciones? ¿En qué proporción aumentará la potencia absorbida por el motor? ¿Cuánto aumentará el ruido?

Despejando «n» de la fórmula del caudal, tendremos:

$$n = n \frac{q_v}{q_{v0}} = 800 \frac{3000}{2300} = 1043 \text{ rev/min}$$

O sea, que si podemos aumentar la velocidad del ventilador hasta las 1.043 rev/min se obtendrán los 3.000 m^3/h deseados.

Pero la potencia consumida será mucho mayor, ya que:

$$\frac{P_r}{P_{r0}} = \left(\frac{1043}{800}\right)^3 = 2,22$$

vendrá multiplicada por 2,22 lo que traerá consigo cambiar el motor.

El ruido aumentará en:

$$L_{wt} - L_{wt0} = 50 \log \frac{1043}{800} = 5,8 \text{ dB (A)}$$

lo que, según los casos, puede ser preocupante.

Variación de la densidad

Caudal: $q_v = q_{v0}$

Presión: $p_F = p_{F0} \frac{\rho}{\rho_0}$

Nivel potencia sonora: $L_{wt} = L_{wt0} + 20 \log \frac{\rho}{\rho_0}$

* El subíndice cero (0) indica la condición inicial de la variable considerada.

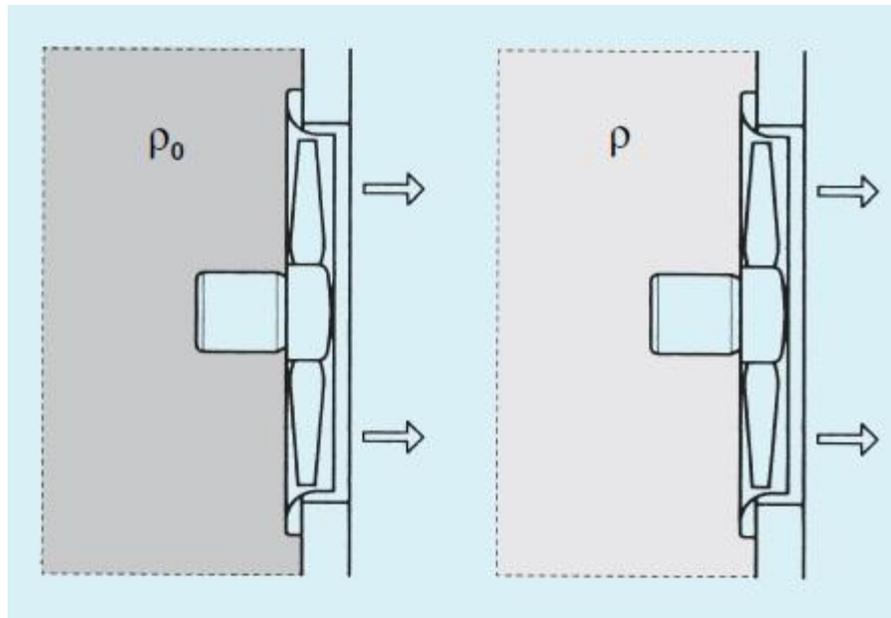


Figura 19. Densidades. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Ejemplo de aplicación

Las curvas características de los ventiladores que figuran en el catálogo están dadas a condiciones normales de presión atmosférica, temperatura y humedad. Ello significa que se refiere a un aire normal estándar con una densidad de $1,2 \text{ kg/m}^3$.

En muchas ocasiones los aparatos trabajan en condiciones distintas de las normales, como es el caso de un ventilador dentro de una cámara de congelación con un aire de una densidad mucho mayor de la normal.

O bien un ventilador instalado en México DC en donde la presión atmosférica es mucho menor y por la circunstancia de la altitud moverá un aire de densidad inferior a la normal.

Sea por ejemplo un ventilador que a condiciones normales da 5.000 m^3/h , 22 mm c.d.a. de presión, que gasta 480 W y tiene un nivel de potencia sonora de 65 db (A).

¿Qué rendirá este ventilador dentro de una cámara frigorífica a $-35\text{ }^\circ\text{C}$?

Debemos calcular primero la densidad

$$\rho(273 - 35) = 1,2 (273+20) = 1,48 \text{ kg}/m^3$$

lo que se traduce en que la densidad es inversamente proporcional a las temperaturas absolutas.

Aplicando ahora las fórmulas del cuadro correspondiente, tendremos:

$$q = 5000m^3/h$$

$$p = 20 \frac{1,48}{1,2} = 27,1 \text{ mm c.d.a.}$$

$$P = 480 \frac{1,48}{1,2} = 592 \text{ W}$$

$$L = 65 + 20 \log \frac{1,48}{1,2} = 66,8 \text{ dB}$$

Hay que observar que, aunque el aumento de presión puede parecer ventajoso en algunos casos, la característica resistente del sistema aumenta en la misma proporción por lo que desaparece la ventaja del aumento de presión.

Y que, en cuanto a la potencia, sí que debe tenerse en cuenta el aumento experimentado, aunque en el caso concreto de aumento de densidad por disminución de temperatura el motor no se recalientará en exceso por disfrutar de una mayor refrigeración, si es que la realiza con el aire frío.

De todas formas, es aconsejable controlar el gasto del motor. Las fórmulas de los cuadros anteriores pueden resumirse en los dos a continuación, que nos permiten calcular el caudal, la presión, la potencia y el ruido de un ventilador variando varios parámetros a la vez.

Variación de varios parámetros

$$q_v = q_{v0} \left(\frac{D_r}{D_{r0}} \right)^3 \frac{n}{n_0}$$

$$p = p \left(\frac{D_r}{D_{r0}} \right)^2 \left(\frac{n}{n_0} \right)^2 \frac{\rho}{\rho_0}$$

$$P = P \left(\frac{D_r}{D_{r0}} \right)^5 \left(\frac{n}{n_0} \right)^3 \frac{\rho}{\rho_0}$$

$$L_{wt} = L_{wt0} + 70 \log \frac{D_r}{D_{r0}} + 50 \log \frac{n}{n_0} + 20 \log \frac{\rho}{\rho_0}$$

* El subíndice cero (0) indica la condición inicial de la variable considerada.

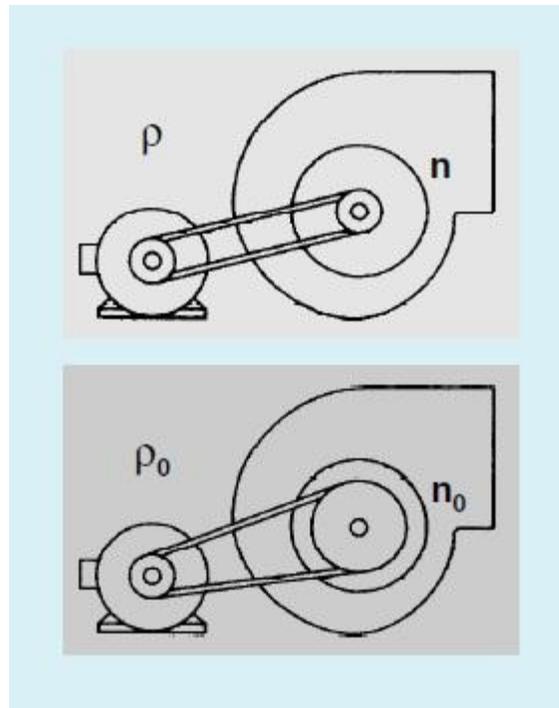


Figura 20. Magnitudes independientes. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Todas estas fórmulas hasta ahora resuelven el problema directo, en efecto variando magnitudes independientes como son el diámetro, la velocidad y la densidad, nos permiten hallar el resultado aerodinámico y acústico consecuencia de tales variaciones es decir encontramos el caudal, presión y nivel sonoro.

Pero algunas veces es práctico poder resolver el problema inverso, como, por ejemplo:

¿Qué diámetro deberá tener un ventilador para conseguir tal caudal y tal presión? ¿A qué velocidad deberá girar el aparato?

Las fórmulas del cuadro siguiente resuelven algunos de estos casos inversos si bien cabe mencionar que proceden de las anteriores, sin más que despejar las magnitudes que se requieren calcular.

Variación de varias prestaciones

$$D = D_0 \left(\frac{Q}{Q_0}\right)^{1/2} \left(\frac{p}{p_0}\right)^{1/4} \left(\frac{\rho}{\rho_0}\right)^{1/4}$$

$$n = n_0 \left(\frac{Q_0}{Q}\right)^{1/2} \left(\frac{p}{p_0}\right)^{3/4} \left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)^{3/4}$$

$$P = P_0 \frac{Q}{Q_0} \frac{p}{p_0}$$

$$L_{wt} = L_{wt0} + 10 \log \frac{Q}{Q_0} + 20 \log \frac{p}{p_0}$$

* El subíndice cero (0) indica la condición inicial de la variable considerada. (Salvador Escoda S.A., págs. 9-12)

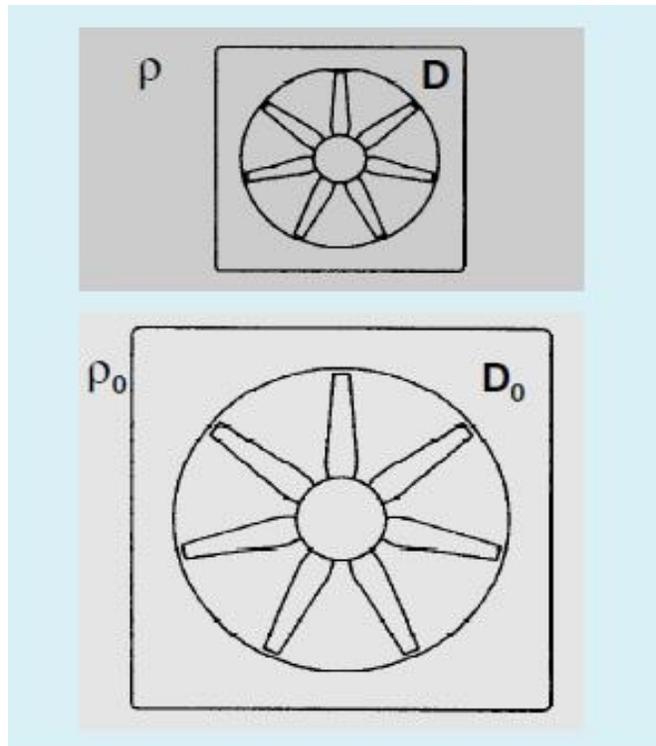


Figura 21. Variación de densidad y diámetro. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

En nuestro caso, del taller de pintura propuesto, aplicaremos las siguientes fórmulas:

$Q = \text{Ancho} \times \text{Largo} \times \text{Altura} \times \text{Renovación de aire por hora}$

$Q = 20\text{m} \times 24\text{m} \times 8\text{m} \times 150/\text{h}$

$Q = 576000\text{m}^3/\text{h}$

Por lo que usaré 9 ventiladores con $72000\text{m}^3/\text{h}$ cada uno.

Elegí el ventilador helicoidal de pared "HCH 100-4T-20" que cumple con el caudal requerido calculado previamente.

Modelo		Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)		
			230V	400V	690V				HCH	HCT	
HCH	HFT	HCT	90-6T-2	950	7,62	4,40	1,50	34300	77	59	87
HCH	HFT	HCT	90-6/12T-2	970/470	-	4,60/1,90	1,50/0,25	34300/17150	77/62	69	97
HCH	HFT	HCT	90-6T-3	950	9,35	5,40	2,20	38000	78	64	92
HCH	HFT	HCT	90-6/12T-3	940/470	-	5,60/2,20	2,20/0,37	38000/19000	78/63	69	97
HCH	HFT	HCT	90-6T-4	950	12,66	7,31	3,00	42400	79	88	114
HCH	HFT	HCT	90-6/12T-4	960/470	-	8,20/3,40	3,00/0,55	42400/21200	79/64	87	113
HCH	HFT	HCT	90-8T-1	720	4,23	2,44	0,75	22500	71	57	85
HCH	HFT	HCT	90-8T-1,5	720	5,99	3,46	1,10	24000	72	60	88
HCH	HFT	HCT	90-8T-2	720	7,36	4,25	1,50	26000	73	71	99
HCH	HFT	HCT	90-8T-3	720	9,75	5,63	2,20	30000	74	98	124
HCH	HFT	HCT	100-4T-7,5	1450	-	11,90	6,90	54000	92	91	121
HCH	HFT	HCT	100-4/8T-7,5	1460/725	-	12,50/4,10	5,50/1,10	54000/27000	92/77	101	128
HCH	HFT	HCT	100-4T-10	1450	-	16,90	9,80	63000	93	102	131
HCH	HFT	HCT	100-4/8T-10	1460/725	-	16,90/5,40	7,50/1,50	63000/31500	93/78	106	135
HCH	HFT	HCT	100-4T-15	1460	-	22,50	13,00	68000	94	125	160
HCH	HFT	HCT	100-4/8T-15	1460/735	-	21,00/7,40	10,50/2,20	68000/34000	94/79	125	160
HCH	HFT	HCT	100-4T-20	1455	-	30,00	17,30	72000	95	144	179
HCH	HFT	HCT	100-4/8T-20	1460/735	-	30,00/9,50	15,50/2,70	72000/36000	95/80	140	175
HCH	HFT	HCT	100-6T-3	950	10,05	5,80	2,20	43000	82	72	103
HCH	HFT	HCT	100-6/12T-3	940/470	-	5,80/2,20	2,20/0,37	43000/21500	82/67	77	108
HCH	HFT	HCT	100-6T-4	950	12,66	7,31	3,00	47000	83	96	125
HCH	HFT	HCT	100-6/12T-4	960/470	-	8,20/3,40	3,00/0,55	47000/23500	83/68	95	124
HCH	HFT	HCT	100-6T-5,5	950	15,76	9,10	4,00	53000	84	104	133
HCH	HFT	HCT	100-6/12T-5,5	970/480	-	11,00/4,00	4,00/0,65	53000/26500	84/69	100	129
HCH	HFT	HCT	100-8T-1,5	720	6,32	3,65	1,10	32500	76	67	99

Figura 22. Modelo y características del ventilador seleccionado. Recuperado de <https://www.issuu.com/home/drafts/a25ki0xnzji/file>

Características acústicas

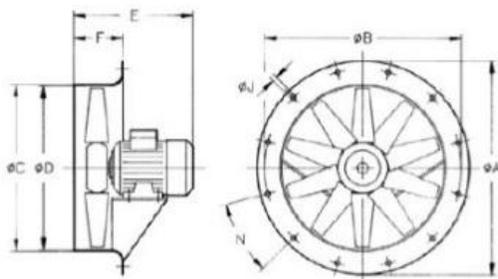
Los valores indicados, se determinan mediante medidas de nivel de presión y potencia sonora en dB(A) obtenidas en campo libre a una distancia equivalente a dos veces la envergadura del ventilador más el diámetro de la hélice, con un mínimo de 1,5 mts.

Modelo	80	125	250	500	1000	2000	4000	8000
90-6-2	65	76	83	88	91	87	80	69
90-12-3 (2v)	40	61	68	73	76	72	66	64
90-6-3	66	77	84	89	92	88	81	70
90-12-3 (2v)	41	62	69	74	77	73	66	66
90-6-4	67	78	85	90	93	89	82	71
90-12-4 (2v)	42	63	70	75	78	74	67	66
90-8-1	49	70	77	82	85	81	74	63
90-8-1,5	60	71	78	83	86	82	75	64
90-8-2	61	72	79	84	87	83	76	66
90-8-3	62	73	80	85	88	84	77	66
100-4-7,5	72	92	100	106	107	104	97	86
100-8-7,5 (2v)	67	77	85	90	92	89	82	71
100-4-10	73	93	101	106	108	106	98	87
100-8-10 (2v)	68	78	86	91	93	90	83	72

Modelo	80	125	250	500	1000	2000	4000	8000
100-4-16	74	94	102	107	109	106	99	88
100-8-16 (2v)	69	79	87	92	94	91	84	73
100-4-20	75	95	103	108	110	107	100	89
100-8-20 (2v)	60	80	88	93	95	92	85	74
100-6-3	62	82	90	95	97	94	87	76
100-12-3 (2v)	47	67	75	80	82	79	72	61
100-6-4	63	83	91	96	98	95	88	77
100-12-4 (2v)	48	68	76	81	83	80	73	62
100-6-5,5	64	84	92	97	99	96	89	78
100-12-5,5 (2v)	49	69	77	82	84	81	74	63
100-8-1,5	65	76	84	89	91	88	81	70
100-8-2	67	77	85	90	92	89	82	71
100-8-3	67	77	85	90	92	89	82	71
100-8-4	68	78	86	91	93	90	83	72

Figura 23. Espectro de potencia sonora-acústica. Recuperado de <https://www.issuu.com/home/drafts/a25ki0xnzji/file>

HCH



Modelo	eA	eB	eC	eD	E										F	eJ	N			
					0,16	0,33	0,5	0,75	1	1,5	2	3	4	5,5				7,5	10	15
HCH-35-2	425	395	358	355	-	-	285	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110	10	8 X 45°
HCH-35-4	425	395	358	355	257	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	110	10	8 X 45°
HCH-40-2	490	450	414	410	-	-	-	-	-	314	-	-	-	-	-	-	-	120	12	8 X 45°
HCH-40-4	490	450	414	410	-	295	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	12	8 X 45°
HCH-45-4	540	500	464	460	-	-	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	12	8 X 45°
HCH-45-6	540	500	464	460	-	280	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	12	8 X 45°
HCH-56-4	660	620	564	560	-	-	-	310	310	330	350	-	-	-	-	-	-	120	12	12 X 30°
HCH-56-6	660	620	564	560	-	285	310	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	12	12 X 30°
HCH-63-4	730	690	645	640	-	-	-	-	325	325	355	405	405	-	-	-	-	150	12	12 X 30°
HCH-63-6	730	690	645	640	-	-	-	325	325	335	-	-	-	-	-	-	-	150	12	12 X 30°
HCH-71-4	810	770	715	710	-	-	-	-	-	330	350	415	415	-	-	-	-	150	12	16 X 22°30'
HCH-71-6	810	770	715	710	-	-	-	315	330	350	-	-	-	-	-	-	-	150	12	16 X 22°30'
HCH-80-4	900	860	805	800	-	-	-	-	-	-	425	425	445	-	-	-	-	180	12	16 X 22°30'
HCH-80-6	900	860	805	800	-	-	-	-	355	375	425	445	-	-	-	-	-	180	12	16 X 22°30'
HCH-80-8	900	860	805	800	-	-	380	380	410	-	-	-	-	-	-	-	-	180	12	16 X 22°30'
HCH-90-4	1015	970	906	900	-	-	-	-	-	-	-	425	430	465	465	-	-	180	15	16 X 22°30'
HCH-90-6	1015	970	906	900	-	-	-	-	-	425	430	465	-	-	-	-	-	180	15	16 X 22°30'
HCH-90-8	1015	970	906	900	-	-	-	410	410	395	460	-	-	-	-	-	-	180	15	16 X 22°30'
HCH-100-4	1115	1070	1006	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	480	480	590	590	-	200	15	16 X 22°30'
HCH-100-6	1115	1070	1006	1000	-	-	-	-	-	-	440	480	480	-	-	-	-	200	15	16 X 22°30'
HCH-100-8	1115	1070	1006	1000	-	-	-	-	405	405	470	470	-	-	-	-	-	200	15	16 X 22°30'

Figura 24. Dimensiones del ventilador seleccionado. Recuperado de <https://www.issuu.com/home/drafts/a25ki0xnzji/file>

Q= Caudal en m³/h, m³/s y cfm. Pe= Presión estática en mm. c.a., Pa e inwg.

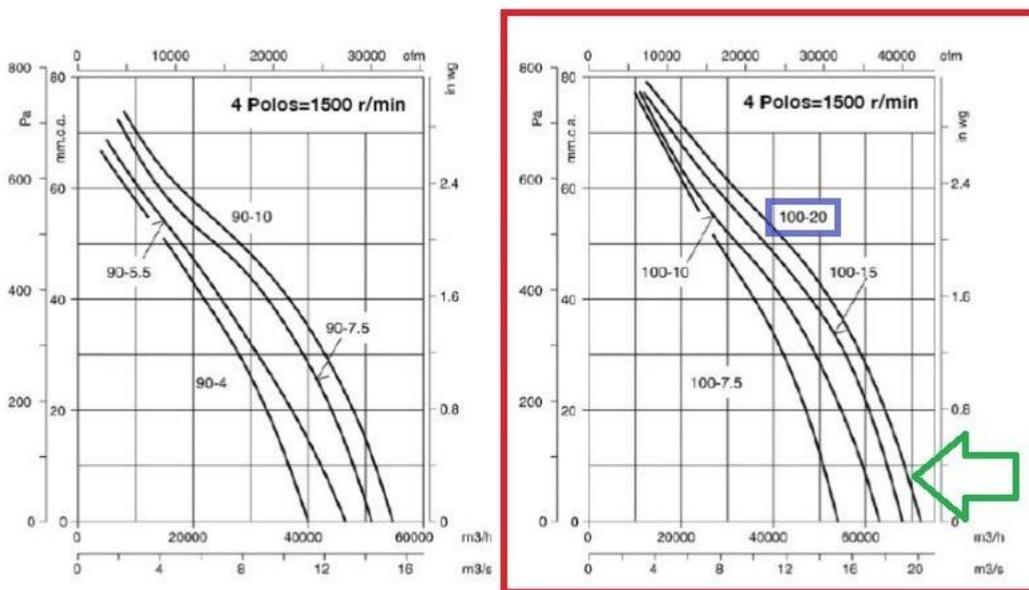


Figura 25. Curva de caudal y presión estática del ventilador seleccionado. Recuperado de <https://www.issuu.com/home/drafts/a25ki0xnzji/file>

Sistemas de ventilación

Los sistemas de ventilación que son parte esencial de una cabina para pintar se basan principalmente en la generación de una corriente de aire, que circula por toda la cabina, la cual se encarga de ir recogiendo las partículas generadas en el proceso de pintado de muebles y permitiendo ser llevadas hacia los sistemas de extracción de aire.

El caudal de aire del sistema de ventilación, que no define por sí mismo la calidad de la instalación, debe ser el suficiente para mantener una velocidad media del aire igual o superior a 0,4 metros por segundo, con valores individuales no inferiores a 0,3 m/seg. (Beltran Gomez & Orduz Martinez, 2006, pág. 33)

Conceptos ventilación

Puede definirse la Ventilación como aquella técnica que permite sustituir el aire ambiente interior de un local, considerado inconveniente por su falta de pureza, temperatura inadecuada o humedad excesiva, por otro exterior de mejores características.

Funciones de la Ventilación

A los seres vivos, personas principalmente, la ventilación les resuelve funciones vitales como la provisión de oxígeno para su respiración y el control del calor que producen, a la vez que les proporciona condiciones de confort afectando a la temperatura del aire, su humedad, la velocidad del mismo y la dilución de olores indeseables.

A las máquinas e instalaciones y procesos industriales la ventilación permite controlar el calor, la toxicidad o la potencial explosividad de su ambiente.

Tipo de ventilación:

Ventilación ambiental

El aire que entra en el local se difunde por todo el espacio interior antes de alcanzar la salida. Este tipo de ventilación tiene el inconveniente de que, de existir un foco contaminante concreto, como es el caso de cubas industriales con desprendimientos de gases y vapores molestos o tóxicos, el aire de una ventilación general esparce el contaminante por todo el local antes de ser captado hacia la salida.



Figura 26. Ventilación ambiental localizada en depresión. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Ventilación general

Para ventilar un local por el sistema de ventilación general lo primero que debe considerarse es el tipo de actividad de los ocupantes del mismo.

No es lo mismo una oficina moderna, espaciosa, con bajo índice de ocupación, que una cafetería, una sala de fiestas, un taller de confección o de pintura.

La razón de ventilar los habitáculos humanos es el de proporcionar un ambiente higiénico y confortable a los ocupantes ya que se estima que pasan encerrados en locales un noventa por ciento de su tiempo.

Hay que diluir el olor corporal, controlar la humedad, el calor, el humo de tabaco y la polución que desprenden los muebles, moquetas, suelos y paredes de los edificios, además de los resultantes de las eventuales actividades industriales.

Una forma de proceder es calcular el caudal de aire necesario en base al número de ocupantes y en razón a 7,5 litros por segundo y persona para los casos normales en los que no sea significativa la polución provocada por elementos ajenos a las personas.

Pero si se hace difícil prever el número de ocupantes y se cree mejor referirse a la función del local, puede recurrirse al cálculo basado en el número de renovaciones / hora N , esto es, las veces que debe renovarse por hora todo el volumen de aire del local. Este número se encuentra en tablas como la que se muestra con el $N^{\circ} 1$.

RENOVACIÓN DEL AIRE EN LOCALES HABITADOS	Renov./hora N
Catedrales	0,5
Iglesias modernas (techos bajos)	1 - 2
Escuelas, aulas	2 - 3
Oficinas de Bancos	3 - 4
Cantinas (de fábricas o militares)	4 - 5
Hospitales	5 - 6
Oficinas generales	5 - 6
Bar de hotel	6 - 8
Restaurantes lujosos (espaciosos)	5 - 6
Laboratorios (con campanas localizadas)	6 - 8
Talleres de mecanizado	5 - 10
Tabernas (con cubas de vinos presentes)	10 - 12
Fábricas en general	5 - 10
Salas de juntas	5 - 8
Aparcamientos subterráneos	6 - 8
Salas de baile clásico	6 - 8
Discotecas	10 - 12
Restaurante medio (con un tercio de fumadores)	8 - 10
Granjas Avícolas	6 - 10
Clubs privados (con fumadores)	8 - 10
Cafés	10 - 12
Cocinas domésticas (mejor instalar campana)	10 - 15
Teatros	10 - 12
Lavabos	13 - 15
Sala de juego (con fumadores)	15 - 18
Cines	10 - 15
Cafeterías y Comidas rápidas	15 - 18
Cocinas industriales (indispensable usar campana)	15 - 20
Lavanderías	20 - 30
Fundiciones (sin extracciones localizadas)	20 - 30
Tintorerías	20 - 30
Obradores de panaderías	25 - 35
Naves industriales con hornos y baños (sin campanas)	30 - 60
Talleres de pintura (mejor instalar cabinas o campanas)	40 - 60

Figura 27. Renovación del aire en locales habitados. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Para su cálculo se determina primero el volumen del local, multiplicando el largo por el ancho y por el alto, en caso de que sea paralelepédico, o descomponiendo en figuras simples el volumen total.

$$\text{Volumen } V(m^3) = L \times A \times H (m)$$

Se escoge luego el número N de renovaciones por hora, según sea la actividad desarrollada en el local y se multiplican ambos.

$$\text{Caudal } Q(m^3/h) = V \times N$$

Ejemplo:

Un restaurante medio cuyo comedor mide 15 x 5 metros, con una altura de 3 m presenta un volumen de:

$$V = 15 \times 5 \times 3 = 225m^3$$

Ya que está permitido fumar se escogerá un número de renovaciones horarias de $N = 10$, resultando un caudal de:

$$Q = 225 \times 10 = 2250m^3/h$$

Si el local lo permite, decidiremos la disposición de colocar dos extractores de $1.200 m^3/h$ cada uno en una pared, descargando directamente al exterior con dos o tres entradas de aire, bajas, en la pared opuesta, que cerraremos con persianas de lamas fijas anti-lluvia.

A los extractores les colocaremos persianas de gravedad que se cierran automáticamente cuando se paran los aparatos, evitando la entrada de aire frío del exterior.

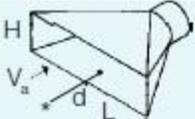
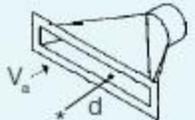
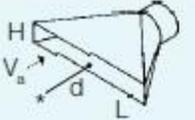
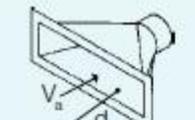
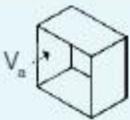
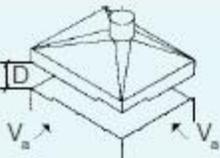
La captación

Su misión es la de poder atraer el aire con los contaminantes que contenga para trasladarlo al lugar de descarga.

Los principios de diseño son:

- El caudal de captación varía aproximadamente con el cuadrado de la distancia, o sea que, si la campana está a una distancia L del foco, necesitando un caudal Q para captarlo, si se aleja a una distancia $2L$ el caudal necesario será $4Q$.

La figura siguiente muestra diversos modelos de bocas de captación.

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

d, H, L [m]; V [m/s]; * = Punto contaminación; Q [m³/h]

Figura 28. Captación de aire contaminado. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

- Cuando se trate de gases nocivos la campana debe colocarse de modo que se evacúe fuera del espacio de respiración de los operarios, en la figura siguiente.
- La campana, o caperuza, que envuelva una máquina debe diseñarse para que las partículas a captar incidan dentro de su boca, en la figura siguiente.

- Siempre que sea posible, las boquillas de extracción deben ser con brida, reduciendo así el caudal en un 25 % aproximadamente.

La canalización ya se trató en "circulación de aire por conductos", la tecnología de separación de polvos y grasas del aire se estudiará más adelante y los extractores de aire, su clasificación y selección, está contenida en sus Hojas correspondientes.

La ventilación centralizada

Definida ya la ventilación y sus funciones en beneficio de personas, animales y máquinas o instalaciones en la hoja técnica «la ventilación», nos ocuparemos en ésta de la Ventilación Centralizada conocida por sus iniciales V.C., cada vez mejor considerada por los expertos y diseñadores de edificios al tiempo de decidir una aireación racional de sus habitáculos.

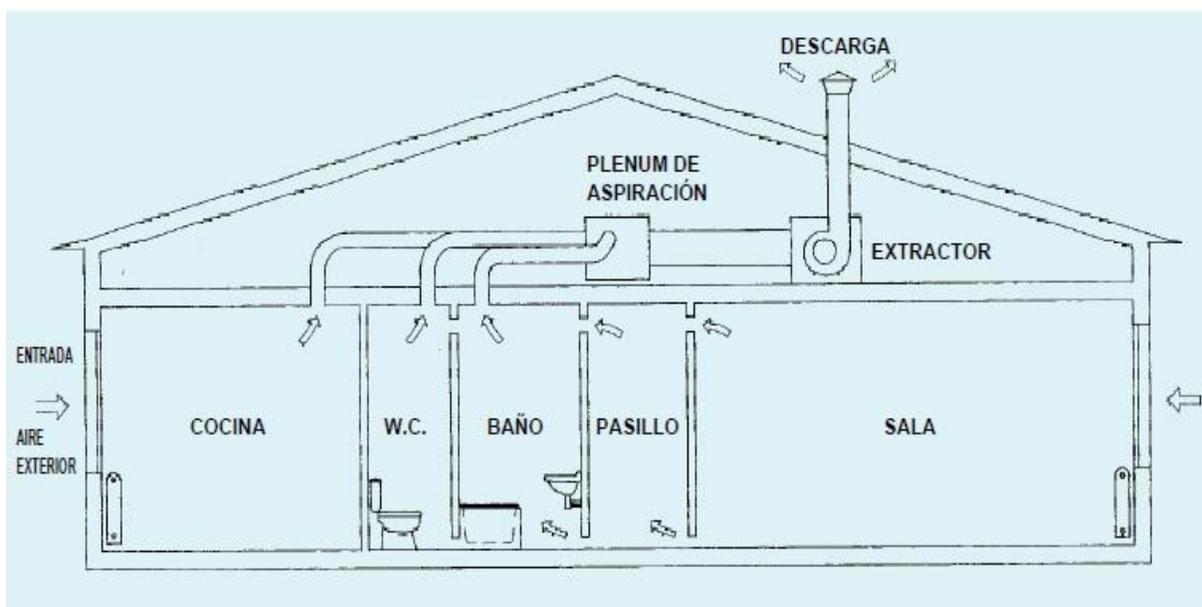


Figura 29. Ventilación centralizada. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Cualidades de la ventilación centralizada

Podemos señalar las siguientes:

- Independencias de las variaciones atmosféricas, de los obstáculos que representan las edificaciones colindantes y de la orientación del bloque.
- Economía en el coste de la instalación atendiendo a su rentabilidad térmica.
- Ventilación permanente con caudales precisos del orden que se desee.
- Expulsión controlada del aire viciado.
- Sin retornos del aire extraído.
- Mantenimiento bajo. Los equipos mecánicos son de pequeña potencia Facilidad de montaje e inspección.
- Regulación bajo control por medio de componentes fácilmente ajustables. (Salvador Escoda S.A., págs. 29-35)

Extractores

Existen tres tipos de extractores de aire: los extractores centrífugos, los helicoidales y los axiales cada uno presenta diferentes características.

Extractores centrífugos: Los extractores centrífugos son ventiladores de gran capacidad utilizados principalmente en la refrigeración y acondicionamiento de grandes ambientes como plantas de producción industrial, grandes centros comerciales y estructuras con gran requerimiento de enfriamiento, su funcionamiento básico está dado por

un rotor multi-pala capaz de generar hasta 80.000 m³ /h de aire según su capacidad y presiones hasta de 300 mmca.

Extractores helicoidales: Compuestos por un motor monofásico o trifásico de acción directa según la necesidad, un juego de paletas en aluminio fundido balanceada estática y dinámicamente con una rotación que oscila entre 1200 y 2400 RPM y un amplio rango de caudales que varían desde 2000 hasta 28000 m³/h. utilizados en instalaciones de ventilación o extracción de aire donde se requieran grandes caudales con bajas pérdidas de carga.

Extractores axiales: Los ventiladores axiales son ideales para aplicaciones en ventilación forzada, refrigeración y torres de enfriamiento, puede ser provisto de un acople directo o por medio de una transmisión, este extractor posee la ventaja de ser el más comercial de los tres lo que hace que se encuentre en presentaciones que varían en diámetros desde 25 hasta 80 cm. por lo que su rango de caudales también varía de 4200 a 12600 m³/h aproximadamente. (Beltran Gomez & Orduz Martinez, 2006, págs. 34-36)

Campanas de extracción

El sistema más racional y económico, así como el único eficaz si pretendíamos controlar emanaciones tóxicas o polvorientas o de humos, consistía en capturar la contaminación a medida que se producía y en el mismo lugar de origen, para impedir su difusión por todo el ambiente.

La Campana de captación es el elemento esencial en este caso, consistiendo en una caja cerrada con una cara abierta a la emisión

nociva y la de qué parte un conducto de evacuación activado por un extractor mecánico.

El proyecto de una campana de captación ó extracción debe resolver dos cuestiones principales:

- Forma, dimensiones y situación de la campana.
- Cálculo del caudal necesario y determinación de las velocidades de aire para la captación y el arrastre.

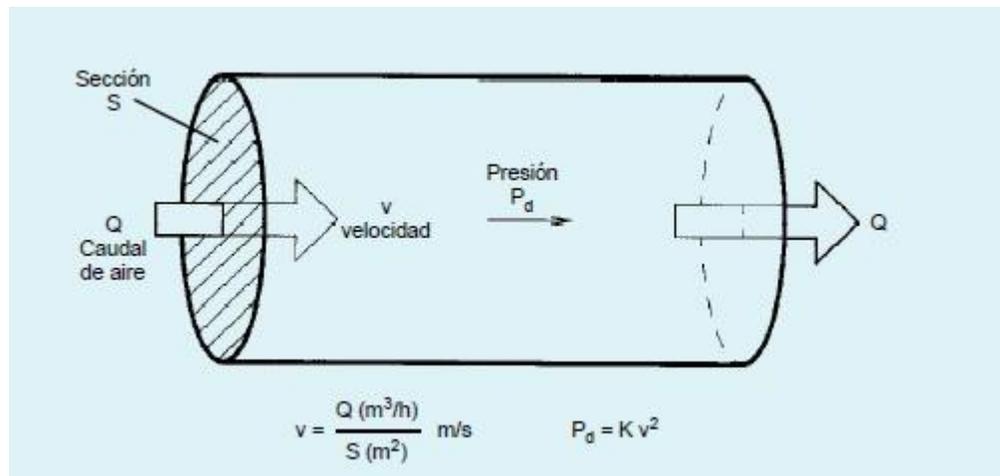


Figura 30. Campanas de extracción. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Conceptos básicos

Unidades

Cantidad de aire (V): Como en los procesos de acondicionamiento de aire tienen lugar a bajas presiones, puede considerarse el aire como un fluido incompresible y así la cantidad de aire existente en un local coincide con el volumen del mismo. Su expresión se hace en metros cúbicos, m^3 .

Caudal de Aire (Q): Este concepto implica aire en movimiento y por tanto hay que relacionar la cantidad con el tiempo en qué circula. Se expresa en metros cúbicos por hora m^3/h y, a veces, en litros por segundo l/s. La fórmula de relación entre ambos es:

$$1 \frac{m^3}{h} = 3,6 \text{ l/s}$$

Velocidad del Aire (v): La velocidad del aire con qué circula un determinado caudal (Q) que atraviesa una sección (S) de conducto u otro espacio, viene determinada por la fórmula:

$$v \left(\frac{m}{s} \right) = \frac{Q(m^3/h)}{3600(m^2)}$$

Esta velocidad determina una presión del aire en dirección a la circulación del mismo que se llama presión dinámica (P_d) cuya expresión es:

$$P_d(mm \text{ c. d. a.}) = \frac{v^2(m/s)}{16,3}$$

Esta presión (P_d) sumada a la presión estática (P_e) que el aire produce en todas direcciones dentro del conducto o recinto, dan la presión total (P_t), lo que constituye la Ecuación de Bernoulli, fundamental en el estudio de los fluidos (aire) en movimiento: (Salvador Escoda S.A., págs. 37-40)

$$P_t = P_e + P_d$$

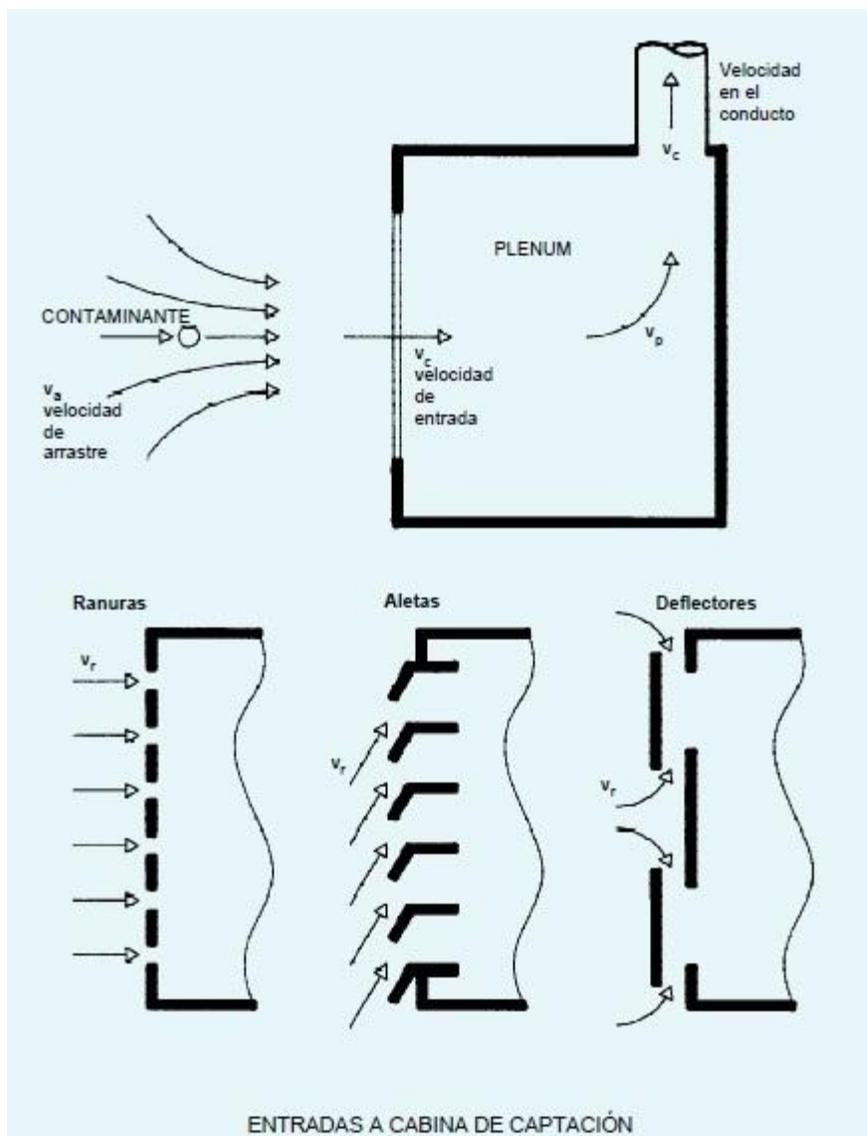


Figura 31. Cabina de captación. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

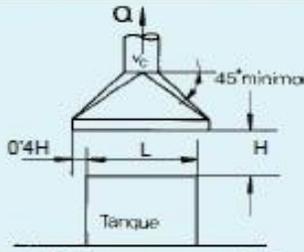
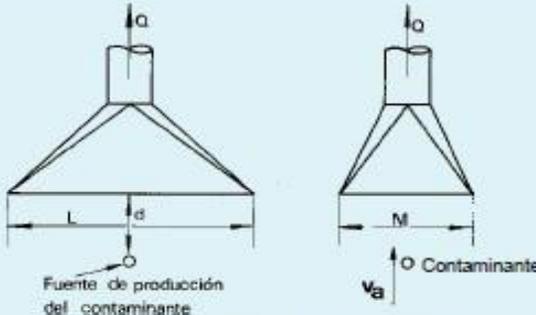
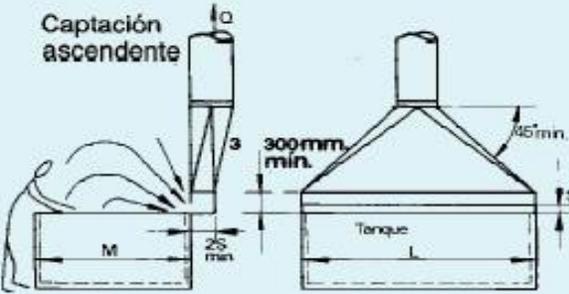
<p style="text-align: center;">CAMPANA SOBRE UN TANQUE</p>  <p style="text-align: center;">Este tipo de captación no es recomendable para desprendimientos tóxicos; sólo debe aplicarse para vapor de agua o vapores inocuos.</p>	<p>Caudal necesario:</p> <p>CUATRO COSTADOS ABIERTOS $Q \text{ [m}^3\text{/h]} = 5.000 PHv$ P = perímetro [m] v_a = velocidad de captación, de 0,25 a 2,5 m/s</p> <p>DOS COSTADOS (L y M) ABIERTOS (M anchura tanque) $Q = 3.600 (L + M) H v_a$</p> <p>UN COSTADO (L) ABIERTO $Q = 3.600 L H v_a$</p> <p>En todos: Velocidad en el conducto: $v_c = 10$ a 15 m/s Pérdidas entrada $n = 0,25$</p>
<p style="text-align: center;">CAMPANA LIBREMENTE SUSPENDIDA</p> 	<p>$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = 3.600 (10 d^2 + S) V$ $d \text{ [m]}$ = distancia de la campana a la fuente de contaminante $S \text{ [m}^2]$ = $L \times M \text{ [m]}$ v_a = velocidad [m/s] de captura</p>
<p style="text-align: center;">TANQUES PARA RECUBRIMIENTOS ELECTROLÍTICOS</p> 	<p>El caudal necesario:</p> <p>$Q \text{ [m}^3\text{/h]} = KLM$ K = de 1.000 a 10.000 (usualmente de 3.000 a 5.000)</p> <p>L, M en metros [m] La velocidad aire en la ranura: $v_r \geq 10$ m/s</p> <p>Con esta captación se mantiene alejado el contaminante de la zona de respiración del operario.</p>

Figura 32. Tipos de campana. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

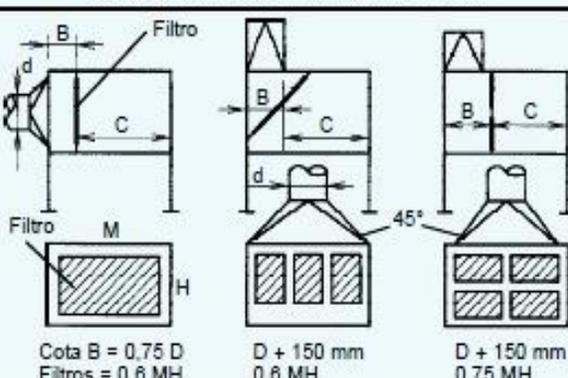
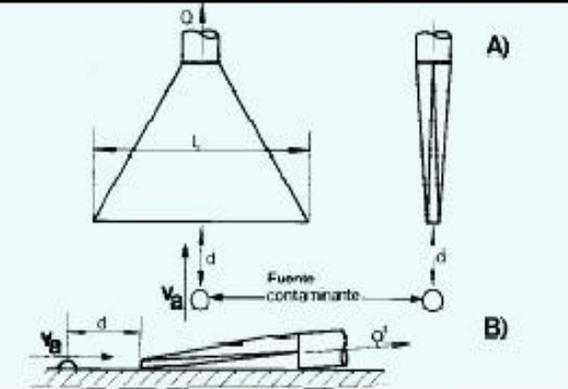
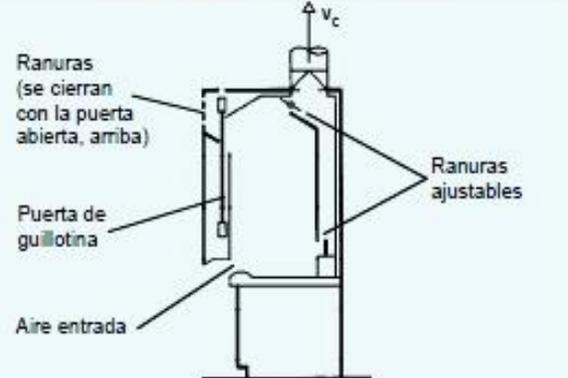
PEQUEÑAS CABINAS DE PINTURA	
 <p>Cota B = 0,75 D Filtros = 0,6 MH</p> <p>D + 150 mm 0,8 MH</p> <p>D + 150 mm 0,75 MH</p>	<p>El operario precisa máscara M = pieza a realizar + 0,3 m. H = pieza a realizar + 0,3 m. C = 0,75 M ó H (el mayor de los dos)</p> <p>Q = 3.800 m³/h por m² (3.800 MH). Para superficie hasta 0,35 m². Q = 2.800 m³/h por m² para superficie mayor de 0,35 m². Velocidad conducto: v_c 0,5 – 15 m/s Pérdida entrada: Con pantallas = 1,8 Pd (ranura) + 0,5 Pd (conducto) con filtros, sucios = Pd (conducto)</p>
CAPTACIÓN POR TOBERA	
 <p>A)</p> <p>B)</p>	<p>A) TOBERA SUSPENDIDA</p> <p>Caudal necesario:</p> <p>$Q [m^3/h] = 13.500 d v_a$ L [m] = Longitud de la tobera d [m] = Distancia a la fuente del contaminante v_a [m/s] = Velocidad de captura a la distancia d</p> <p>B) TOBERA ENCIMA DE UNA MESA</p> <p>$Q [m^3.h] = 10.000 L d v_a$ L [m]</p>
CAMPANA DE LABORATORIO	
 <p>Ranuras (se cierran con la puerta abierta, arriba)</p> <p>Puerta de guillotina</p> <p>Aire entrada</p> <p>Ranuras ajustables</p> <p>v_c</p>	<p>Caudal necesario:</p> <p>Q = 1.800 S m³/h/m² para materiales de toxicidad normal.</p> <p>Q = 2.800 S m³/h/m² para materiales de alta toxicidad.</p> <p>S = Superficie abierta, [m²]</p> <p>Velocidad en el conducto: v_c = 5 a 10 m/s</p> <p>Pérdidas en la entrada n = 0,5</p>

Figura 33. Tipos de boca de captación. Recuperado de <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>

Para nuestro taller, elegí el extractor axial tubular de alta presión “HTP-100-4T-40” que sobrepasa el caudal calculado anteriormente.

Por lo tanto se requerirá ocho (08) extractores con un caudal de 80500 m^3/h cada uno, haciendo un total de 644000 m^3/h .

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m^3/h)	Peso aprox. (Kg)	NPS dB(A)
		230V	400V	690V				
HTP-71-4T-5,5	1450	15,30	8,80	-	4,00	27400	87	87
HTP-71-4T-7,5	1450	-	11,20	6,49	5,50	31700	90	90
HTP-80-4T-4	1450	10,96	6,30	-	3,00	19300	86	86
HTP-80-4T-5,5	1450	15,30	8,80	-	4,00	22850	86	86
HTP-80-4T-7,5	1450	-	11,20	6,49	5,50	28000	86	86
HTP-80-4T-10	1450	-	15,30	8,87	7,50	31500	87	87
HTP-80-4T-15	1450	-	20,90	12,12	11,00	40000	91	91
HTP-90-4T-7,5	1450	-	11,20	6,49	5,50	27450	90	90
HTP-90-4T-10	1450	-	15,30	8,87	7,50	32500	90	90
HTP-90-4T-15	1450	-	20,90	12,12	11,00	42200	90	90
HTP-90-4T-20	1450	-	28,50	16,52	15,00	50050	94	94
HTP-90-4T-25	1480	-	34,50	20,00	18,50	54550	95	95
HTP-90-4T-30	1480	-	40,90	23,71	22,00	61750	97	97
HTP-100-4T-15	1450	-	20,90	12,12	11,00	46100	93	93
HTP-100-4T-20	1450	-	28,50	16,52	15,00	56300	93	93
HTP-100-4T-25	1480	-	34,50	20,00	18,50	59900	93	93
HTP-100-4T-30	1480	-	40,90	23,71	22,00	69900	96	96
HTP-100-4T-40	1480	-	55,30	32,06	30,00	80500	98	98
HTP-125-4T-40	1480	-	55,30	32,06	30,00	81000	100	100
HTP-125-4T-50	1480	-	68,00	39,42	37,00	96800	100	100
HTP-125-4T-60	1480	-	81,30	47,13	45,00	106050	100	100
HTP-125-4T-75	1480	-	98,90	57,33	55,00	127800	100	100
HTP-125-4T-100	1480	-	135,00	78,26	75,00	147350	104	104
HTP-125-4T-125	1480	-	163,00	94,49	90,00	166800	105	105

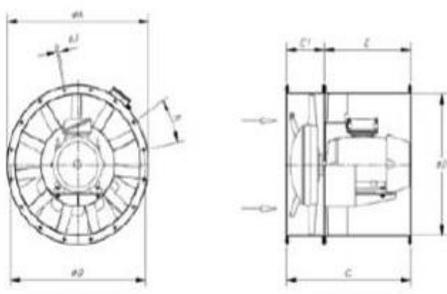
Figura 34. Modelo y características del extractor elegido. Recuperado de <https://www.issuu.com/home/drafts/a25ki0xnzji/file>

Características acústicas

Los valores indicados, se determinan mediante medidas de nivel de presión y potencia sonora en dB(A) obtenidas en campo libre a una distancia equivalente a dos veces la envergadura del ventilador más el diámetro de la hélice, con un mínimo de 1,5 mts.

Modelo	LpdB[A]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Modelo	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
HTP-80-2T-4	80	67	77	86	90	92	89	82	71	HTP-80-4T-4	86	88	76	86	96	96	96	93	86
HTP-80-2T-5.5	81	68	78	86	91	93	90	83	72	HTP-80-4T-5.5	86	88	76	86	96	96	96	93	86
HTP-86-2T-5.5	86	63	83	91	96	98	96	88	77	HTP-80-4T-7.5	86	88	76	86	96	96	96	93	86
HTP-86-2T-10	87	64	84	92	97	99	96	89	78	HTP-80-4T-10	87	89	77	87	97	98	98	94	88
HTP-83-2T-10	94	70	82	92	104	106	104	99	91	HTP-80-4T-15	91	63	81	91	101	102	102	99	92
HTP-83-2T-15	94	70	82	92	104	106	104	99	91	HTP-90-4T-7.5	90	62	79	90	99	100	100	97	90
HTP-83-2T-20	97	73	85	96	107	108	107	102	94	HTP-90-4T-10	90	62	80	90	99	100	100	97	90
HTP-83-2T-25	98	74	86	96	108	109	108	103	96	HTP-90-4T-15	90	62	80	90	100	101	101	98	91
HTP-83-2T-30	99	76	87	97	109	110	109	104	96	HTP-90-4T-20	94	66	83	94	103	104	104	101	94
HTP-83-4T-1.5	79	66	67	77	89	90	89	84	76	HTP-90-4T-25	96	67	85	96	104	105	105	102	96
HTP-83-4T-2	79	66	67	77	89	90	89	84	76	HTP-90-4T-30	97	69	87	97	107	108	108	104	96
HTP-83-4T-3	83	69	71	81	93	94	93	88	80	HTP-100-4T-15	93	66	83	93	102	103	103	100	93
HTP-83-4T-4	84	60	72	82	94	96	94	89	81	HTP-100-4T-20	93	66	82	93	102	103	103	100	93
HTP-71-2T-15	93	66	83	93	102	104	103	100	93	HTP-100-4T-25	93	66	83	93	102	103	103	100	93
HTP-71-2T-20	96	67	85	96	104	106	105	102	96	HTP-100-4T-30	96	67	85	96	105	106	106	103	96
HTP-71-2T-25	96	67	85	96	104	106	105	102	96	HTP-100-4T-40	98	70	88	98	107	108	108	105	98
HTP-71-2T-30	96	67	85	96	104	106	105	102	96	HTP-125-4T-40	100	72	89	100	109	110	110	107	100
HTP-71-2T-40	98	70	88	98	107	109	108	105	98	HTP-125-4T-50	100	72	90	100	109	110	110	107	100
HTP-71-4T-2	83	66	73	83	92	93	93	90	83	HTP-125-4T-60	100	72	89	100	109	110	110	107	100
HTP-71-4T-3	83	66	72	83	92	93	93	90	83	HTP-125-4T-75	100	72	90	100	110	111	111	108	101
HTP-71-4T-4	84	66	74	84	94	96	96	91	86	HTP-125-4T-100	104	76	93	104	113	114	114	111	104
HTP-71-4T-5.5	87	69	77	87	97	98	98	96	88	HTP-125-4T-125	106	77	96	106	114	116	116	112	106
HTP-71-4T-7.5	90	62	80	90	100	101	101	97	91										

Figura 35. Espectro de potencia sonora-acústica. Recuperado de <https://www.issuu.com/home/drafts/a25ki0xnzji/file>



Modelo	Potencia	OA	OB	OD	E	E1	C	OJ	N
HTP-50-2T		600	560	514	-	-	500	12	12x30°
HTP-56-2T		660	620	560	-	-	500	12	12x30°
HTP-63-2T		730	690	640	650	220	870	12	12x30°
HTP-63-4T		730	690	640	340	220	560	12	12x30°
HTP-71-2T		810	770	710	700	240	940	12	16x22°30'
HTP-71-4T		810	770	710	420	240	660	12	16x22°30'
HTP-80-4T	4 / 5'5	900	860	800	360	240	600	12	16x22°30'
HTP-80-4T	7'5 / 10 / 15	900	860	800	550	240	790	12	16x22°30'
HTP-90-4T	7'5 / 10	1015	970	900	420	250	670	15	16x22°30'
HTP-90-4T	15 / 20 / 25 / 30	1015	970	900	650	250	900	15	16x22°30'
HTP-100-4T	15 / 20	1115	1070	1000	550	270	820	15	16x22°30'
HTP-100-4T	25 / 30 / 40	1115	1070	1000	700	270	970	15	16x22°30'
HTP-125		1360	1311	1258	-	-	810	14	20x18°

Figura 36. Dimensiones del extractor elegido. Recuperado de <https://www.issuu.com/home/drafts/a25ki0xnzji/file>

Q= Caudal en m³/h, m³/s y cfm.

Pe= Presión estática en mm.c.a., Pa e inwg.

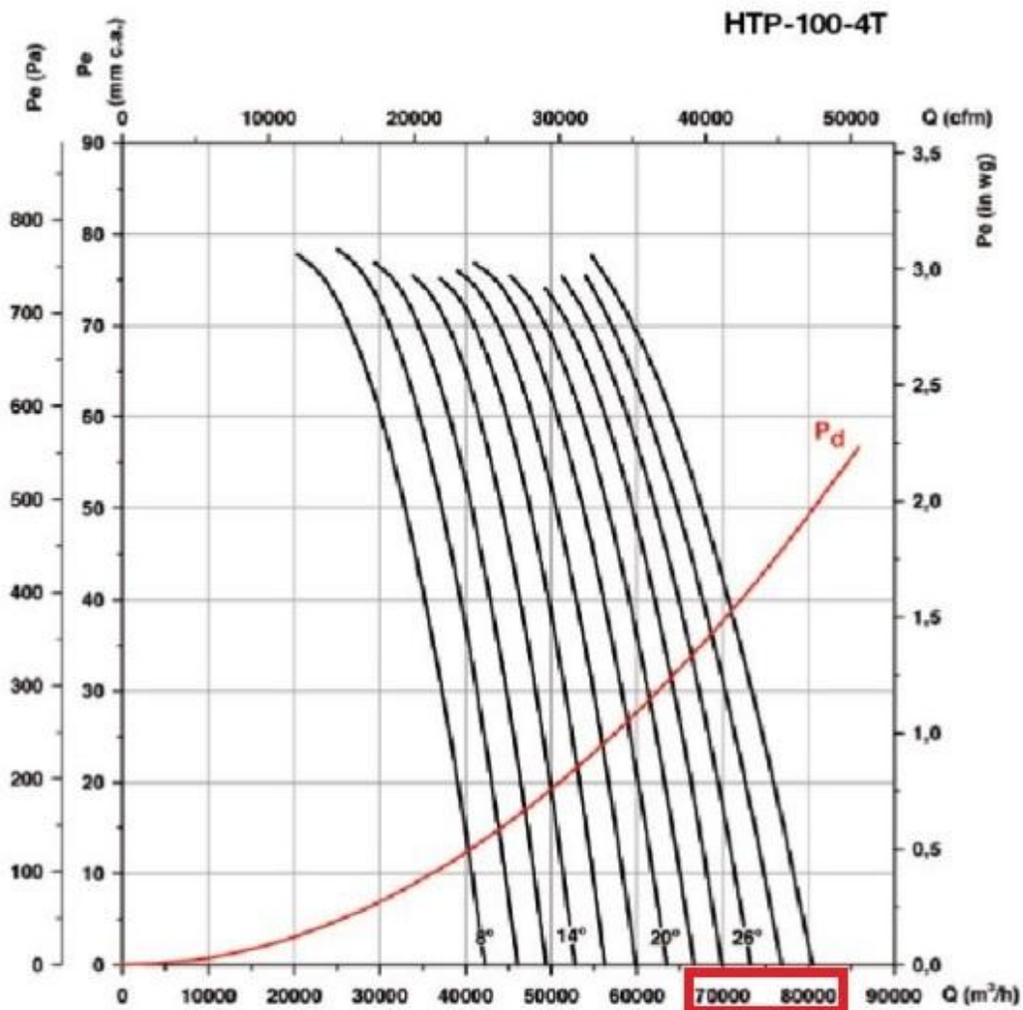


Figura 37. Curva característica del extractor elegido. Recuperado de <https://www.issuu.com/home/drafts/a25ki0xnzji/file>

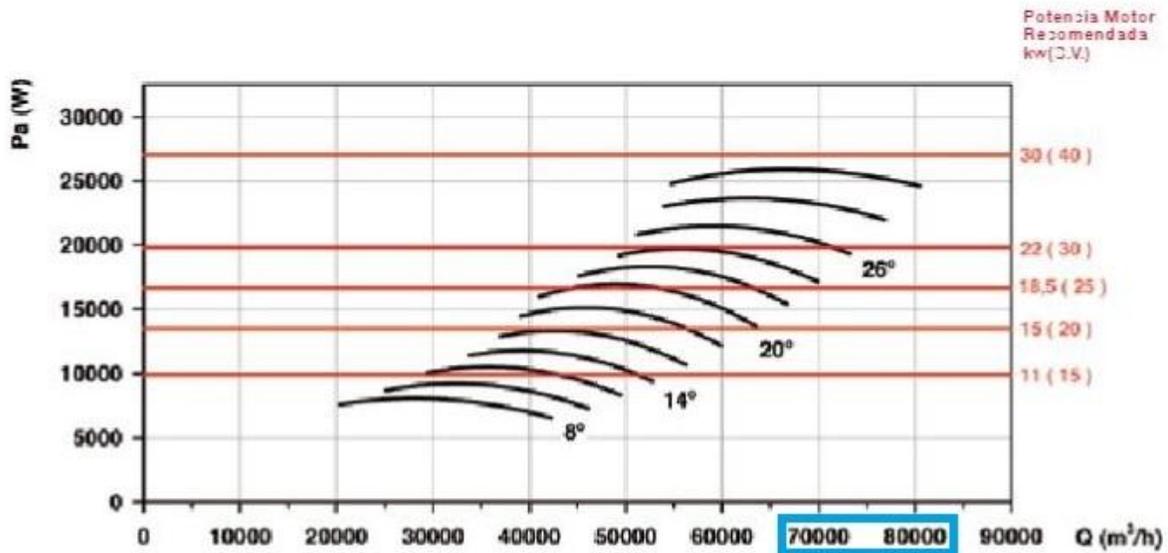


Figura 38. Potencia absorbida del extractor elegido. Recuperado de <https://www.issuu.com/home/drafts/a25ki0xnzji/file>

Características del funcionamiento de los ventiladores

Existe una resistencia originada por la fricción al flujo de aire que pasa por los ductos. Para vencer esta resistencia, se debe suministrar energía al aire, en forma de presión.

Esto se logra mediante un impulsor rotatorio del ventilador, que ejerce fuerza sobre el aire y origina tanto flujo del aire como aumento de su presión.

Al flujo volumétrico del aire que sale, y a la presión que crea el ventilador se les llama características de funcionamiento. Otras características de funcionamiento importantes son la eficiencia y la potencia al freno (BHP, brake horsepower, caballos de potencia al freno).

Es útil conocer el funcionamiento del ventilador para su selección correcta y procedimientos adecuados de localización de fallas. (González Dávila, 2004, pág. 23)

Capacidad del ventilador

Para seleccionar un ventilador, se calcula primero la resistencia del sistema de ductos, en forma de presión estática. A continuación, se usan los datos del fabricante para seleccionar la unidad que produzca el flujo (CFM) necesario contra la resistencia de la presión estática del sistema.

En efecto, el ventilador debe desarrollar una presión estática (o presión estática externa) y un flujo igual a las necesidades del sistema.

Se puede seleccionar también el ventilador sobre la base de la presión total, en lugar de sobre la presión estática. Cualquiera de ellas es satisfactoria, para los sistemas de baja velocidad. Para los sistemas de alta velocidad, es más exacto usar la presión total.

3.2.3 Sistema de filtración de aire

Para limpiar el aire de las impurezas que pueda transportar, se hace necesaria la utilización de elementos filtrantes, estudiados específicamente para cada aplicación.

Por lo que, el aire del ambiente ingresará limpio al taller filtrado previamente por los pre-filtros que están instalados en las entradas de los ductos de los ventiladores, así como otros tipos de filtros distribuidos por el taller e instalados en los componentes básicos y esenciales.

Por otro lado, el área de los ventiladores donde se distribuye el aire, debe ser lo suficiente amplio para que se garantice la ausencia de corrientes contraria al flujo, ya que el flujo en su trayecto perderá un aproximado del 10% de su presión por la forma geométrica y largo de los ductos.

Los ductos son de material acero galvanizado de 2cm de espesor, esto es por la corriente de aire de entrada que pasa a través de ellos, los canales para agua serán también fabricados de acero galvanizado, los codos, drenajes, uniones y tuberías serán de acero al carbono, esto es por el tipo de fluido que circulará evitando de esta manera la corrosión.

Por otro lado, las cañerías en el taller proporcionarán agua temperada para la limpieza y demás procedimientos en las aeronaves y el drenaje de agua.

Características 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.

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.

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. (González Dávila, 2004, pág. 24)

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.

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.

Este es un factor abusado mayormente por los usuarios. El sistema se diseña tomando en cuenta la dirección de la corriente de aire, la presión estática y los parámetros establecidos por los códigos OSHA (Occupational Safety and Health Administration) y EPA (Environmental Protection Agency).

Los cambios al sistema afectarán a éste 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 Dávila, 2004, págs. 29-30)

Tipo de filtros para el taller

Los elementos filtrantes pueden clasificarse según los criterios mencionados anteriormente; uno de los más utilizados se basa en su eficacia y por consiguiente en su posible aplicación.

Así, tenemos filtros de media eficacia, de alta eficacia y filtros absolutos o micro-filtros. Además de los anteriores podríamos citar filtros especiales de aplicación muy concreta como son los de carbón activo, las lámparas germicidas, los de alúmina, etc.

Filtros de media eficacia

Son los adecuados para garantizar las necesidades normales de pureza del aire, en instalaciones de ventilación y aire acondicionado en general.

Suelen consistir en una media filtrante de diferentes formas y espesores en las que se combinan una baja pérdida de carga y una elevada retención de polvo.

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

Los más utilizados son las células de filtración desechable, que pueden estar dispuestas con la manta plana “filtros de manta”, en forma de V “filtros con superficie plegada o en zig-zag”, o bien en filtros de retención de pintura “papel kraft” lo que aumenta la superficie de filtrado y por consiguiente su eficacia.

El medio filtrante consiste en fibras de vidrio entrelazadas cuyo diámetro decrece continuamente en el sentido del aire, lo que provoca un aumento progresivo de su densidad.

Las fibras de vidrio suelen estar unidas por un adhesivo (viscosina), elemento ignífugo y atóxico que proporciona una mayor capacidad de retención de polvo y una mayor eficiencia del filtrado.

Filtros de alta eficacia

Son filtros adecuados para retener partículas de tamaño inferior al de una a tres micras. Estas partículas constituyen aproximadamente el 10% en peso de una muestra de polvo atmosférico.

Esta fracción de polvo puede resultar peligrosa en zonas críticas como salas de ordenadores, talleres de fabricación de componentes electrónicos, etc.

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

Las eficacias de esta clase de filtros se miden de acuerdo al método DUST SPOT (mancha de polvo), según ASHRAE 52-76 y su clasificación DIN va desde la clase EU-5 a la clase EU-9. Los más utilizados dentro de esta categoría son los “filtros de bolsa” (Figura 71).

Los filtros de bolsa son filtros desechables con una gran superficie de filtración y una pequeña superficie frontal.

Se fabrican con medias de fibra de vidrio y sintéticas que tienen como características principales su alto grado de eficacia, baja pérdida de carga y alta capacidad de almacenamiento de polvo.

El diseño de estos filtros favorece que el aire se introduzca directamente en cada bolsa, asegurando el inflado de todas ellas, exponiendo toda la superficie filtrante al aire sucio de forma homogénea. (Pérez Chávez, 2006, págs. 72-76)



Figura 39. Filtros de bolsa. Recuperado de rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/6435/32707617.pdf

Los filtros no son reusables. Algunas señales 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.
(González Dávila, 2004, pág. 27)

Especificaciones de los filtros

Omega

Pre-filtros para retener partículas gruesas en la entrada de aire de cabinas de pintura y secado.

Características técnicas

- Tipo: Rollos de media sintética
- Media: Están compuestas por una mezcla de fibras sintéticas e incluyen estructura multicapa y densidad progresiva.
- Clase EN 779: M5.
- Pérdida de Carga Recomendada: 450 Pa.
- Temperatura: 100-110 °C máximo en servicio continuo



Figura 40. Omega. Recuperado de <https://www.protechnik.com.pe/productos/filtracion/filtros-para-cabinas-de-pintura/>

Referencia	Modelo	Dimensiones LxA	Color	Rendimiento Medio % (Am)	Eficacia media % (Em)	Clase EN 779	ISO16890	Sup.Filtrante (m ²)	V.Nominal (m ³ / Pa)	V.Unitario (m ³)	Peso UxP ¹ (Kg)	Stock ²
OMEGA600G-5M-1/20	OMEGA-5M	20x1	BLANCA/MALLA	97%	50%	M5	Grueso 85%	20	0,25/41	0,44	12	1 S
OMEGA600G-5M-2/20	OMEGA-5M	20x2	BLANCA/MALLA	97%	50%	M5	Grueso 85%	40	0,25/41	0,88	24	1 S
OMEGA600G-5M-2.1/20	OMEGA-5M	20x2,1	BLANCA/MALLA	97%	50%	M5	Grueso 85%	42	0,25/41	0,91	25,2	1 S
OMEGA600G-5S-1/20	OMEGA-5S	20x1	BLANCA/GASA	97%	50%	M5	Grueso 85%	20	0,25/39	0,44	12	1 S
OMEGA600G-5S-2/20	OMEGA-5S	20x2	BLANCA/GASA	97%	50%	M5	Grueso 85%	40	0,25/39	0,88	24	1 S
OMEGA600G-5S-2.1/20	OMEGA-5S	20x2,1	BLANCA/GASA	97%	50%	M5	Grueso 85%	42	0,25/39	0,91	25,2	1 S

Figura 41. Características de la omega. Recuperado de <https://www.venfilter.es/producto/omega>

Paint Stop/Glass-Oil

El paint stop se utiliza para la retención de pinturas, líquidos pulverizados en las salidas de aire en las cabinas de pintura. El glass-oil se utiliza en el tratamiento de aire en sistemas HVAC.

Características técnicas

- Tipo: Rollos de fibra de vidrio.
- Media: Fibra de vidrio. (glass-oil impregnada con viscosina)
- Clase EN 779: G2, G3 Y G4.
- Pérdida de carga recomendada: 250 Pa.
- Temperatura: Paint stop 120°C, Glass Oil 100°C.



Figura 42. Paint Stop. Recuperado de <https://www.protechnik.com.pe/productos/filtracion/filtros-para-cabinas-de-pintura/>

Referencia	Modelo	Dimensiones LxA	Espesor (cm)	Rendimiento Medio % (Am)	Clase EN 779	ISO16890	Sup.Filtrante (m ²)	Caudal nominal (m ³ /h (m ²) / Pa)	V.Unitario (m ³)	Peso (Kg)	UxP*	Stock*
PS2-0.66/20	PS-2"	20x0,66	5	95%	G4	Grueso 70%	13,2	2500-9000/4-10	0,03	2,78	1	S
PS2-0.75/20	PS-2"	20x0.75	5	95%	G4	Grueso 70%	15	2500-9000/4-10	0.04	3,15	1	S
PS2-1/20	PS-2"	20x1	5	95%	G4	Grueso 70%	20	2500-9000/4-10	0,05	4,2	1	S
PS2-1.5/20	PS-2"	20x1.5	5	95%	G4	Grueso 70%	30	2500-9000/4-10	0.08	6,3	1	S
PS2-2/20	PS-2"	20x2	5	95%	G4	Grueso 70%	40	2500-9000/4-10	0.11	8,4	1	S
GO1-2/20	GO-1"	20x2	2.5	76%	G2	Grueso 30%	40	5400-9000/18-30	0.11	4,4	1	SL
GO2-2/20	GO-2"	20x2	5	85%	G3	Grueso 40%	40	5400-9000/25-40	0.11	8,8	1	SL
GO4-2/20	GO-4"	20x2	10	95%	G4	Grueso 70%	40	5400-9000/50-80	0.11	14,4	1	SL

Figura 43. Características de Paint stop. Recuperado de <https://www.venfilter.es/producto/paint-stopglass-oil>

Vcart - Filtro de acordeón

Retención de partículas procedente de la pulverización de pinturas, colas, resina, fibra de vidrio, alquitrán, teflón, aceite, lubricante o cualquier otra partícula de líquido en el aire.

Características técnicas

- Tipo: Filtro de cartón para la extracción de cabinas de pintura
- Media: Cartón plegado, perforado y encolado por sus extremos, constituyendo un filtro de separación por inercia
- Pérdida de carga recomendada: 130 Pa. (Posible hasta 250 Pa.)
- Temperatura: 180°C
- Nº pliegues recomendados por m²: 26.

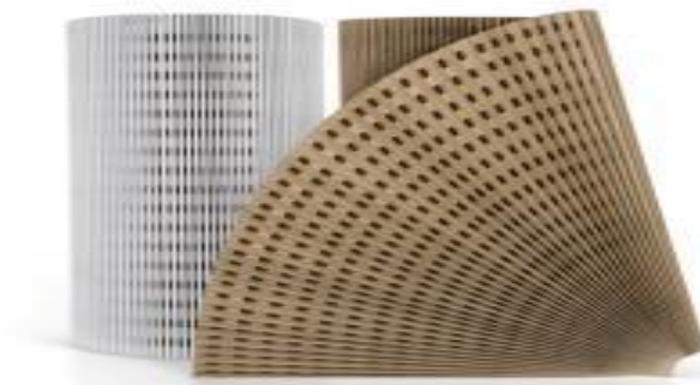


Figura 44. Filtro de Acordeón. Recuperado de <https://www.protechnik.com.pe/productos/filtracion/filtros-para-cabinas-de-pintura/>

Referencia	Modelo	Dimensiones LxA	Espesor (cm)	Sup.Filtrante (m ²)	N° Pliegues	Color/Media	V.Nominal (m ³ /Pa)	V.Unitario (m ²)	Peso (Kg)	UxP	S
VCART100	BLANCO	10x1	6	10	260	Blanco/No	0,5-1/20-40	0,04	12,6	1	F
VCART75	BLANCO	13.5x0,75	6	10	350	Blanco/No	0,5-1/20-40	0,04	12,6	1	F
VCART90	BLANCO	11,20x0,90	6	10	290	Blanco/No	0,5-1/20-40	0,04	12,6	1	F
VCART-PLUS100	PLUS	8,1x1	6+1	8	208	Blanco/Sí	0,5-1/12-43	0,04	9	1	F
VCART-PLUS75	PLUS	10,8x0,75	6+1	8	280	Blanco/Sí	0,5-1/12-43	0,04	9	1	F
VCART-PLUS90	PLUS	9,2x0,90	6+1	8	240	Blanco/Sí	0,5-1/12-43	0,04	9	1	F
VCART-ECO100	ECO-MARRON	10x1	6	10	260	Marrón/No	0,5-1/20-40	0,04	12,6	1	S
VCART-ECO75	ECO-MARRON	13,5x0,75	6	10	350	Marrón/No	0,5-1/20-40	0,04	12,6	1	S
VCART-ECO90	ECO-MARRON	11,2x1	6	10	290	Marrón/No	0,5-1/20-40	0,04	12,6	1	S

Figura 45. Características del filtro de Acordeón. Recuperado de <https://www.venfilter.es/producto/vcart>
Kolossus-Columbus

Filtro para barniz, laca, etc..., en cabinas de filtración seca.

Características técnicas

- Tipo: Filtro de papel kraft troquelado para la extracción de cabinas de pintura

- Media: Capas de papel kraft ensambladas creando un sistema de captación multi-etapa. También se puede incorporar una de media sintética, pensado para productos secos
- Pérdida de carga recomendada: 130-140 Pa
- Temperatura: 80°C.



Figura 46. Kolossus-Columbus. Recuperado de <https://www.protechnik.com.pe/productos/filtracion/filtros-para-cabinas-de-pintura/>

Referencia	Modelo	Dimensiones LxA	Color	Rendimiento Medio % (Am)	Eficacia media % (Em)	Clase EN 779	ISO16890	Sup.Filtrante (m ²)	V.Nominal (m ³ / Pa)	V.Unitario (m ³)	Peso UxP [*] (Kg)	Stock [*]
VSB100-1/40	VSB	40x1	BLANCA	74%		G2	Grueso 40%	40	1,5/15	0,44	4	1 S
VSB150-1/25	VSB	25x1	BLANCA	85%		G3	Grueso 55%	25	1,5/19	0,35	3,75	1 S
VSB150-2/25	VSB	25x2	BLANCA	85%		G3	Grueso 55%	50	1,5/19	0,70	7,5	1 S
V150A-1/25	V-A	25x1	BLANCA/AZUL	85%		G3	Grueso 55%	25	1,5/19	0,35	4,25	1 S
V150A-2/25	V-A	25x2	BLANCA/AZUL	85%		G3	Grueso 55%	50	1,5/19	0,70	8,5	1 S
VSB200-1/25	VSB	25x1	BLANCA	92%		G4	Grueso 60%	25	1,5/28	0,44	5,75	1 S
VSB200-2/25	VSB	25x2	BLANCA	92%		G4	Grueso 60%	50	1,5/28	0,88	11,5	1 S
V200A-1/25	V-A	25x1	BLANCA/AZUL	92%		G4	Grueso 60%	25	1,5/28	0,44	6,25	1 S
V200A-2/25	V-A	25x2	BLANCA/AZUL	92%		G4	Grueso 60%	50	1,5/28	0,88	12,5	1 S
VSA15/500-1/25	VSA	25x1	BLANCA	93%		G4	Grueso 60%	25	1/38	0,50	7,5	1 S
VSA300-1/20	VSA	20x1	BLANCA	97%	46%	M5	Grueso 85%	20	0,25/30	0,35	7,04	1 S

Figura 47. Características del kolossus-columbus. Recuperado de <https://www.venfilter.es/producto/kolossus-columbus>

3.2.4 Sistema de calefacción y climatización para el taller

El fin primordial de la cabina de pintura, es satisfacer una atmósfera libre de impurezas y partículas en el aire, además, proveer una temperatura apropiada para la aplicación de los diferentes tipos de pintura que existen. Para lograr la temperatura, se utilizan calentadores de aire.

La disminución de la temperatura se debe a dos motivos: la transferencia de calor desde el aire caliente del interior hasta el aire frío del exterior a través de paredes, ventanas y demás partes de la construcción, y las fugas de aire frío a través de las aberturas del edificio, es decir, la infiltración.

Para contrarrestar estas pérdidas de calor, se debe agregar continuamente energía al interior de la construcción para mantener la temperatura deseada en el aire. La energía agregada al aire del recinto, es el calor suministrado por el sistema de calefacción. El calor que sale es la pérdida de calor.

Hay tres modos distintos por los cuales puede efectuarse la transferencia de calor:

- Conducción, es la forma de transferencia de calor a través de un cuerpo que se presenta sin movimiento alguno del mismo; es el resultado de acciones moleculares o electrónicas.
- Convección, es la forma de transferencia de calor que resulta del movimiento global de líquidos o gases.
- Radiación térmica, es la forma de transferencia de calor que se presenta entre dos cuerpos separados como resultado de la

llamada radiación electromagnética, a la que también a veces se le conoce como movimiento ondulatorio.

La transferencia de calor a través de las paredes, techo, piso y demás elementos de una construcción es a través de la capa de aire de un lado de los materiales sólidos y después a través de la capa de aire del otro lado.

Además, el elemento constructivo está construido frecuentemente de capas de diferentes materiales.

La resistencia térmica global de la combinación se puede calcular muy fácilmente sumando las resistencias térmicas individuales como sigue:

- $R_0 = R_1 + R_2 + R_3 + R_{\#}$

donde,

R_0 = resistencia térmica general

$R_1, R_2, R_{\#}$ = resistencia térmica individual de cada componente

Calentadores de aire

Un calentador de aire cumple su función suministrando aire caliente a los recintos de una construcción. Los calentadores se usan mucho en residencias privadas y en reducidas instalaciones comerciales.

Las partes principales de un calentador de aire son:

- El cambiador de calor
- El quemador de combustible
- El soplador

- El aislamiento del sistema

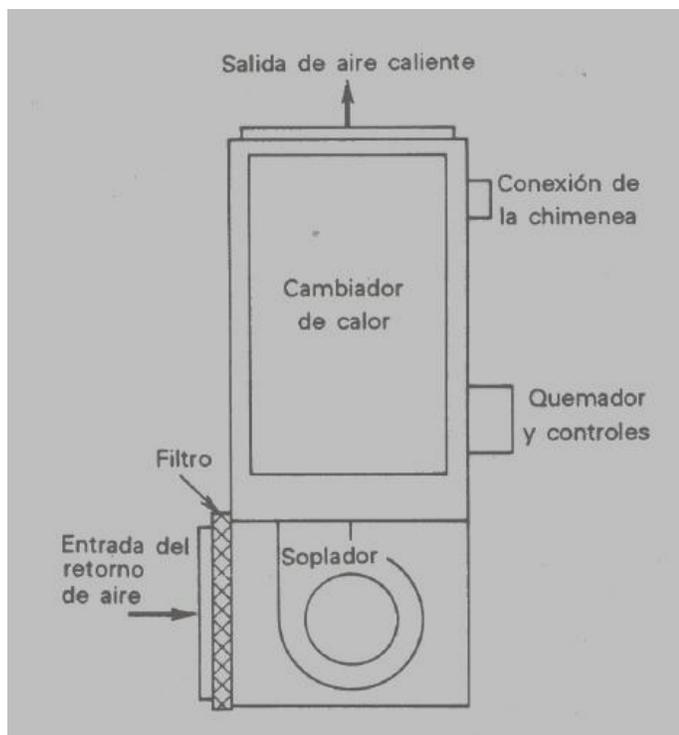


Figura 48. Calentador de aire. Recuperado de biblio3.url.edu.gt/Tesis/2011/02/03/Gonzales-Roberto/Gonzales-Roberto.pdf

En algunas ocasiones el calentador de aire puede constar también de un humidificador y un filtro de aire. Los calentadores pueden emplear quemadores de carbón, petróleo gas madera o electricidad como fuentes de calor.

Funcionamiento básico

El aire circundante entra al calentador a través de la admisión de aire de retorno. Impulsado por un ventilador, el aire pasa sobre la parte exterior del cambiador de calor, que se ha calentado internamente por los gases calientes de combustión que pasan a través de él.

El aire calentado pasa a la salida y por los ductos hacia los recintos de la construcción.

Los gases calientes de combustión, también llamados gases de escape, de chimenea o simplemente gases, que pasan por dentro del cambiador de calor se producen por quemado del combustible.

Después que su calor se ha transmitido al aire circulante, los gases escapan a través de un venteo, escape o chimenea hacia el exterior. El venteo puede ser un tubo, una chimenea de lámina metálica, o una chimenea de mampostería.

Las unidades de calefacción en las que los gases de combustión se descargan al exterior se llaman equipos ventilados. Algunas unidades calefactoras, llamadas equipos sin ventilación, descargan los gases de combustión directamente al recinto donde se ubica el calentador.

Capacidad de los calentadores

Los fabricantes especifican la capacidad de calefacción en BTU/h en la salida del calentador.

Además de la capacidad de calentamiento, se deben determinar los CFM de aire por circular y las pérdidas de presión estática en el sistema de ductos. En general las unidades de calefacción y enfriamiento tienen ventiladores para poder proporcionar el flujo mayor de aire en el verano.

Para este trabajo, he decidido tomar un sistema de climatización que es más completo que el del sistema de calefacción, ya que cumple la

doble función de enfriar y calentar el ambiente cuando se necesite y requiera.

Elegí el modelo Space PF 840, con un total de ocho (08) unidades que sobrepasa de manera óptima el caudal calculado inicialmente.

Space PF		540	600	650	720	840	960	1100	1200	
Potencias refrigeración	Potencia frigorífica (kW)	127,5	141,8	154,1	166,4	192,6	212,9	255,2	276,6	
	Potencia absorbida (kW)	42,4	49,1	50,4	57,5	71,6	84,6	98,1	112,8	
	Rendimiento EER	3,2	3,1	3,3	3,2	3,0	2,8	2,7	2,6	
Potencias calefacción	Potencia calorífica (kW)	128,1	142,8	155,9	169,8	206,9	233,2	261,0	286,5	
	Potencia absorbida (kW)	43,0	44,6	50,0	57,1	71,0	81,8	95,9	109,0	
	Rendimiento COP	3,1	3,4	3,3	3,1	3,1	3,0	3,0	2,9	
Ventilador circuito exterior	Caudal aire nominal (m³/h)	42000	42000	55000	56000	75000	75000	112500	112500	
	Presión estát. disp. (mm.c.a.)	4						2		
	Tipo	Helicoidal								
	Número	2		4				6		
	Diámetro (mm)	2 x 800		2 x 630 + 2 x 800		4 x 800		6 x 800		
	Potencia (kW)	2 x 2,0 / 1,3		2 x 0,7 / 0,4 + 2 x 2,0 / 1,3		4 x 2,0 / 1,3		6 x 2,0 / 1,3		
	Velocidad (r.p.m.)	895 / 705		875 / 650 895 / 705		895 / 705		895 / 705		
Ventilador impulsión circuito interior	Caudal aire nominal (m³/h)	20400	24000	27500	30000	33000	37000	42000	46000	
	Presión estát. disp. (mm.c.a.)	12,7	12,7	12,3	14,8	17,7	19,2	15,1	17,9	
	Tipo	Centrífugo								
	Número / nº turbinas	1 / 3								
	Potencia (kW)	3	5,5	5,5	7,5	11	11	18,5	22	
Velocidad (r.p.m.)	561	605	621	651	729	760	858	918		

Figura 49. Características del sistema de climatización. Recuperado de ftp://www.cype.net/documentaciontecnica/ciatesa/ciatesa_space.pdf

Compresor	Tipo	Scroll							
	Número compresores	2				4			
	Número circuitos	2				4			
	Número etapas	2				3 ⑤			
	Tipo aceite	Copeland 3MAF 32 cST, Danfoss POE 160 SZ, ICI Emkarate RL 32 CF, Mobil EAL Artic 22 CC							
	Volumen aceite (l)	2 x 6,2	2 x 6,2	4 x 3,3	4 x 6,2				
Características eléctricas	Tensión de red	400 V / III ph / 50 Hz (±5%)							
	Acometida	3 Hilos + Tierra + Neutro							
Intensidad máxima absorbida	Compresor(es) (A)	116	130	140	144	174	204	232	260
	Ventilador(es) exterior(es) (A)	8,6	8,6	11,2	11,2	17,2	17,2	25,8	25,8
	Ventilador interior (A)	6,9	11,6	11,6	14,7	22,0	22,0	37,0	42,0
	Control (A)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
	Total (A)	132,8	151,5	164,1	171,2	214,5	244,5	296,1	329,1
Refrigerante	Tipo	R-410A							
	Potencial calentamiento atmosférico (PCA) ④	1975							
	Carga (kg)	34,1	35,4	35,0	41,2	44,0	46,4	57,2	58,0
Dimensiones	Largo (mm)	4816	4816	4816	4816	4816	4816	6316	6316
	Ancho (mm)	2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205	2205
	Alto (mm)	1795	1795	2095	2095	2095	2095	2095	2095
Peso	(kg)	1732	1786	2071	2249	2335	2333	2803	2914
Evacuación de Condensados Ø		Entronque 1 1/4"							

Figura 50. Características del sistema de climatización. Recuperado de ftp://www.cype.net/documentaciontecnica/ciatesa/ciatesa_space.pdf

Al ser un taller de pintura con ambiente controlado, tendrá puertas corredizas fabricadas en láminas acanaladas de acero galvanizado, con ventanas de poliuretano que permitirá inspeccionar cada proceso de pintado, las puertas serán herméticas para evitar el ingreso del aire del exterior para evitar que altere los procesos, temperatura y humedad.



Figura 51. Puertas corredizas. Recuperado de http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/103929-9010535.jpg

Sistema de climatización PF 840

Los equipos de refrigeración y bombas de calor Space PF son unidades autónomas aire-aire de construcción monobloc, compacta horizontal, tipo roof-top.

Están equipadas con ventiladores axiales y centrífugos, baterías de aire, compresores herméticos de tipo scroll y regulación electrónica con microprocesador, componentes optimizados para el refrigerante R-410A.

Estas unidades han sido concebidas para la climatización de grandes superficies de uso comercial o industrial, facilitando una rápida instalación y un funcionamiento fiable. Un amplio número de opcionales permiten resolver numerosas exigencias de funcionamiento.

Composición de los equipos:

Equipamiento estándar

- Carrocería de chapa de acero galvanizado con pintura poliéster, color gris grafito RAL 7024 y blanco. Aislamiento térmico de 10mm de espesor, con clasificación al fuego M1.
- Chasis autoportante y paneles de acceso a cuadro eléctrico, compresores, ventiladores, etc.

Circuito exterior

- Ventilador(es) axial(es) de dos velocidades con acoplamiento directo al motor. Motor estanco clase F, IP54 y protección

térmica interna. Hélices equilibradas dinámicamente y rejilla de protección exterior.

- Batería de tubos de cobre y aletas de aluminio.

Circuito frigorífico

- Compresor(es) hermético(s) tipo scroll, con aislamiento acústico, montado(s) sobre amortiguadores. Control de equilibrio de fases y del sentido de rotación.
- Resistencia de cárter (equipos bomba de calor).
- Válvula(s) de inversión de cuatro vías (equipos bomba de calor).
- Filtro(s) deshidratador(es) antiácido.

Protecciones

- Presostato de alta.
- Presostato de baja (del modelo 240 al 1200).
- Control de la temperatura de descarga del compresor.
- Válvula antirretorno integrada en el compresor.
- Klixon en compresor.
- Interruptor general de puerta.
- Magnetotérmicos de protección de línea de alimentación de
- compresor(es) y motor de ventiladores.
- Interruptor automático circuito de mando

Cuadro eléctrico

- Cuadro eléctrico completo, totalmente cableado. Tapa del cuadro aislada para evitar condensaciones.
- Protección IP55
- Toma de tierra general.
- Contactores de compresores y motor de ventiladores.



Figura 52. Sistema de climatización. Recuperado de ftp://www.cype.net/documentaciontecnica/ciatesa/ciatesa_space.pdf

De acuerdo con el modelo PF 840, su sistema electrónico constará de:

Regulación electrónica GESCLIMA+

Sistema de control con microprocesador constituido por:

Placa de control

- Sonda de temperatura para maniobra de desescarche.
- Control de parámetros de funcionamiento y gestión de seguridades.
- Temporización anti-corto-ciclo.
- Seguridad de alta y baja presión mediante presostatos.
- Posibilidad de comunicación con un sistema de gestión centralizada BMS con protocolo Modbus.
- Control auto-adaptativo del tiempo de funcionamiento del compresor en función del período de tiempo fijado como anti-cortociclo.

Este control reduce el número de arranques del compresor y, por tanto, reduce el consumo energético y aumenta la vida útil de los componentes.

- Posibilidad de conexión con el módulo de mando y señalización GESREM (opcional).

Termostato ambiente: DOMO

- Modos de funcionamiento: ventilación, frío, calor y automático.
- Selección del modo de gestión energética.
- Visualización de consignas, hora y temperatura ambiente.

- Modificación de los parámetros de funcionamiento (consignas, diferencial y temporizaciones)
- Programación horaria y semanal. Modo de reducción nocturna.
- Indicación del tipo de alarma mediante códigos.

Regulación electrónica GESCLIMA PRO

El módulo electrónico con microprocesador compuesto por placa principal (CPU) y terminal de usuario, asegura las funciones siguientes:

- Selección del modo de funcionamiento y visualización de los parámetros de funcionamiento.
- Regulación de la temperatura ambiente.
- Temporizaciones anti-corto-ciclo.
- Compensación de la temperatura exterior.
- Diagnóstico de fallos y alarma general.

Space PF - 840 montajes MK, ME, MA, MC0 y MRC0 (mm)

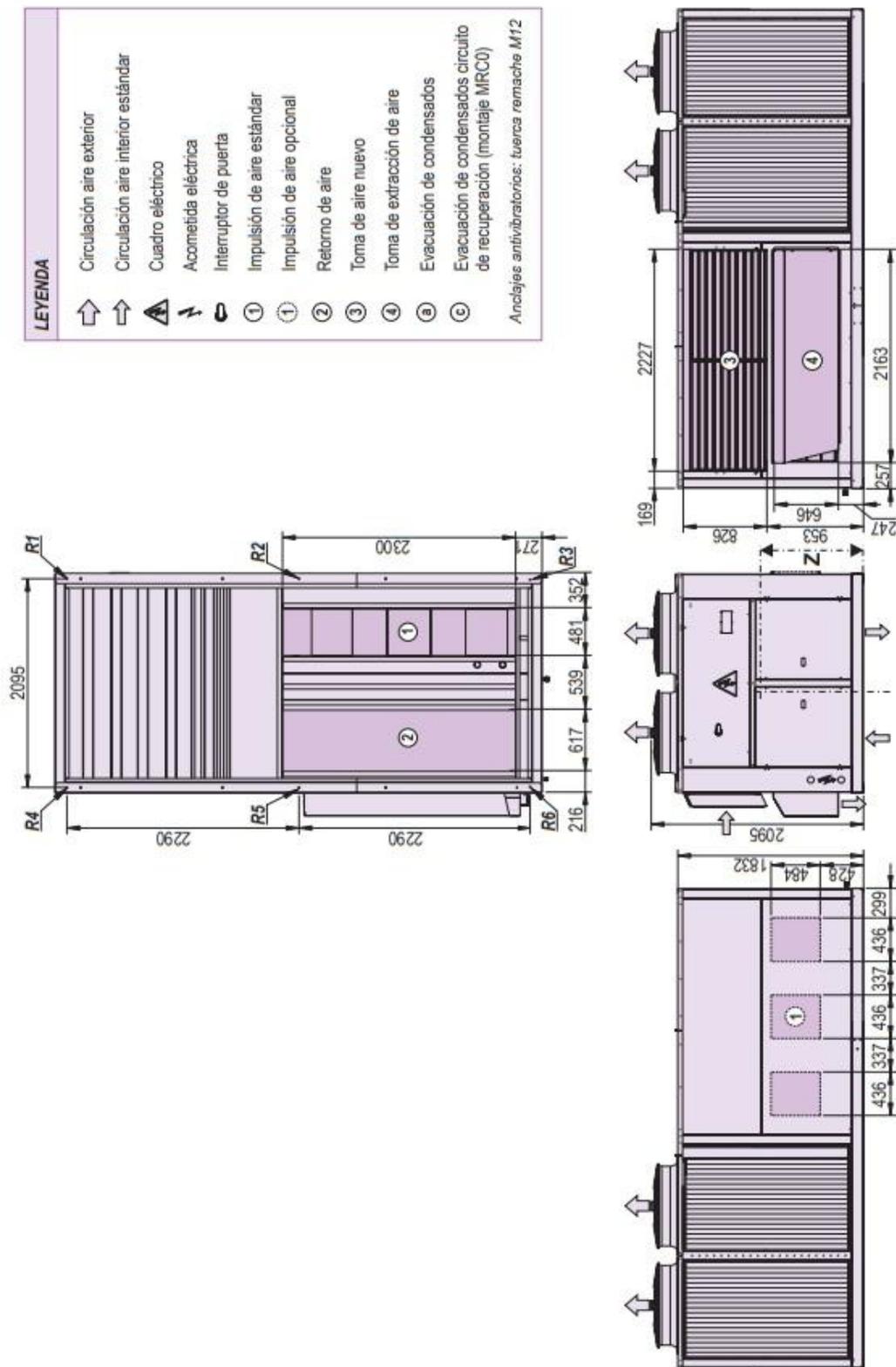


Figura 53. Dimensiones y montaje del Space PF 840. Recuperado de http://www.cype.net/documentaciontecnica/ciatesa/ciatesa_space.pdf

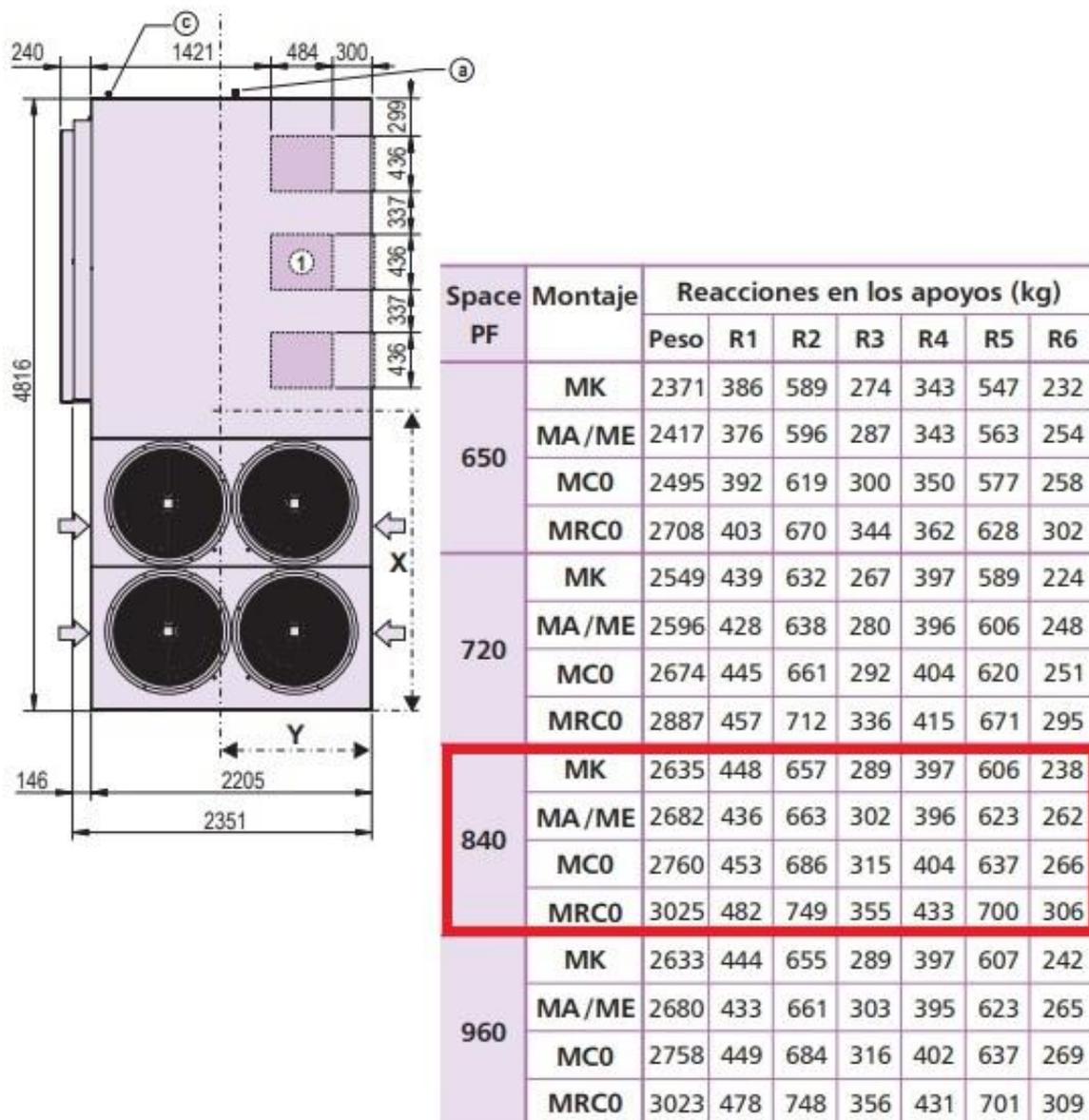


Figura 54. Dimensiones y montaje del Space PF 840. Recuperado de ftp://www.cype.net/documentaciontecnica/ciatesa/ciatesa_space.pdf

3.2.5 Funcionamiento y dirección del flujo de aire en el taller de pintura

Como podemos apreciar en la figura 55, el aire externo ingresa por los nueve (09) ventiladores colocados en paralelo y al lado izquierdo con sus respectivos pre-filtros, para purificar el aire de impurezas de la intemperie, o por los ocho (08) sistemas de climatización respectivamente (a ambos lados y encima del taller de pintura) que brindarán un flujo de aire limpio, fresco o temperado en vertical y en

descenso que garantizará una correcta ventilación en todas las fases del proceso de pintado y acabado, por otro lado, el taller incorpora también ocho (08) extractores colocados en paralelo y al lado derecho de la estructura; con filtros para captar y contener las partículas de pintura u otros componentes volátiles y/o tóxicos al momento que el aire sea expulsado al medio ambiente evitando la contaminación.

¿Por qué en el taller de pintura con ambiente controlado se ha colocado ventiladores y sistemas de climatización si ambos cumplen con la misma función de ofrecer un flujo de aire constante en el proceso de pintado?

Si bien ambos componentes ofrecen una ventilación y flujo de aire limpio y fresco constante, se pensó y analizó contar con un sistema alternativo respectivamente, con el fin de evitar paralizar o detener los trabajos parcial o totalmente si alguno de los componentes primarios; como el sistema de climatización, se malogre o averíe y continuar con los procesos y procedimientos de pintado y acabado sin interrupción ni contratiempo en horario de trabajo o en los plazos acordados de entrega.

En conclusión, los sistemas de climatización son los componentes primarios a utilizar de manera estándar, en caso de fallo o avería general, entran en funcionamiento los componentes secundarios que son los ventiladores, que brindarán aire limpio y fresco con el flujo adecuado, mientras que se busca reparar y/o reemplazar el sistema de climatización dañado o averiado respectivamente.

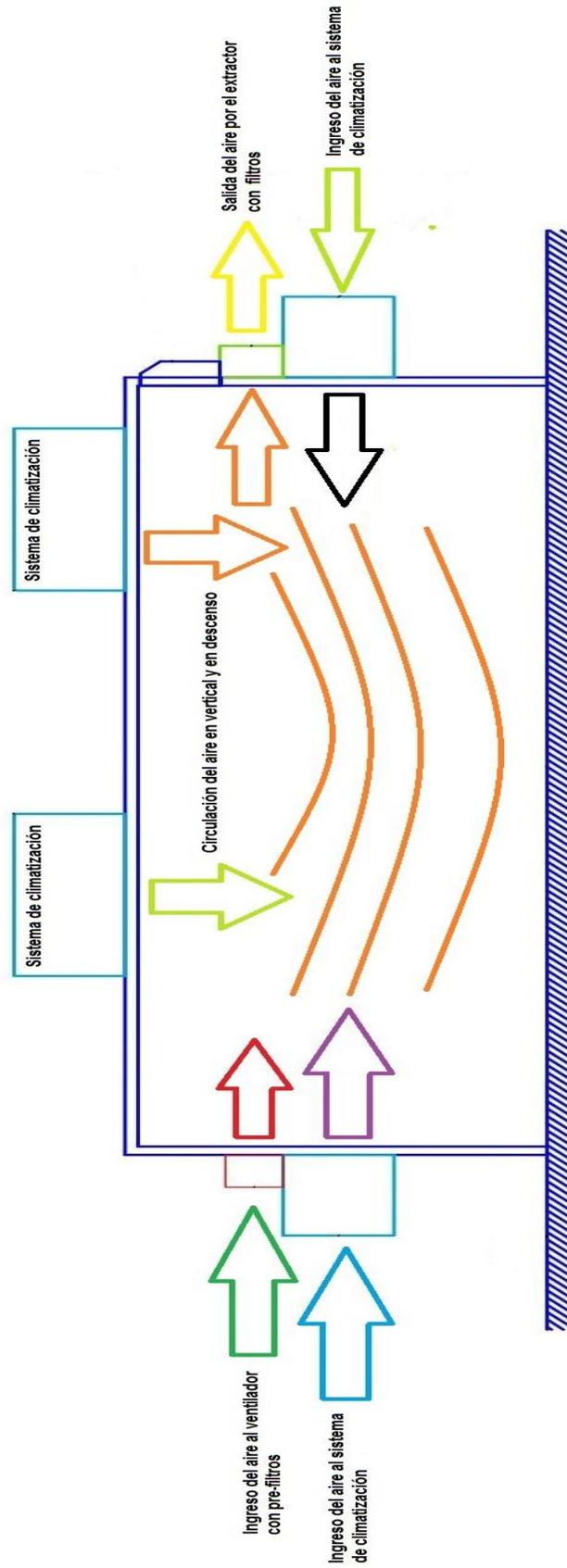


Figura 55. Funcionamiento y dirección del flujo de aire. Elaboración propia

3.2.6 Iluminación

Cada fuente de luz puede ser descompuesta en cuatro (04) componentes distintos para ser analizada:

- Intensidad, dirección, color y tamaño.

Intensidad

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.

Dirección de la luz

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.

Color de la luz

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.

Fuente de luz

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, y
- cómo nosotros proporcionamos los varios tipos de luz disponibles

La selección del tipo correcto de iluminación puede ser desafiante con la información que se debe saber para cada tipo de aplicación. (González Dávila, 2004, págs. 31-37)

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 1000 lux, por lo que esta medida será la elegida y óptima para este trabajo. De acuerdo al método de los lumens.

Por lo que nuestro sistema de iluminación tendrá 320 lámparas LED y 2 luces de advertencia. Estas lámparas estarán colgadas en las vigas

estructurales del techo como se suele usar de manera general y las de advertencia estarán instaladas en las paredes laterales.



Figura 56. Lámparas colgantes. Recuperado de https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRu_ZJIckSFzHaBYj2kAlq1BvMYys97rJFm4xJOkCXNPSyvCZ78g

Determinar el nivel de iluminación mediante (E_m) este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local, en este caso en la cabina para pintar, estas normas y recomendaciones podemos encontrarlas en las siguientes tablas.

TAREAS Y CLASES DE LOCAL	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
zonas generales de edificios			
Zonas de Circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos.	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio Tradicional	300	500	750
Grandes Superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industria en General			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de Aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Figura 57. Escala de iluminancia. Recuperado de <https://docplayer.es/8414532-Diseno-de-una-cabina-modular-para-el-pintado-de-muebles-de-madera-fredy-alejandro-beltran-gomez-jose-gregorio-orduz-martinez.html>

Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente etc.) más adecuada, de acuerdo con el tipo de actividad a realizar, como lo demuestra la siguiente tabla:

Ámbito de uso	Tipos de Lámparas mas Utilizadas
Domestico	Incandescente Fluorescente Halógenas de baja potencia Fluorescentes Compactas
Oficinas	Alumbrado general: fluorescente Alumbrado localizado: incandescente y halógenos de baja tensión
Comercial depende de las dimensiones y características del comercio	Incandescente Fluorescente Halógenas Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halógenos metálicos
Industrial	Todos los tipos Luminarias situadas a baja altura (<6m.) Fluorescentes luminarias situadas a gran altura (>6m.) lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores Alumbrado localizado: incandescente
Deportivo	Luminarias situadas a baja altura: fluorescente
	Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, halógenos metálicos y vapor de sodio a alta presión

Figura 58. Tipos de lámparas. Recuperado de <https://docplayer.es/8414532-Diseño-de-una-cabina-modular-para-el-pintado-de-muebles-de-madera-fredy-alejandro-beltran-gomez-jose-gregorio-orduz-martinez.html>

En nuestro caso, se tomaría las lámparas tipo fluorescentes situándose en la parte superior (techo) de la cabina.

La iluminación directa se produce cuando todo el flujo de las lámparas va dirigido hacia el suelo. Es el sistema más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento luminoso. (Beltran Gomez & Orduz Martinez, 2006, pág. 55)

3.2.7 Procedimientos de pintado y acabado sugerido por la FAA

Aquí entraremos en mayor detalle con las normas y procedimientos de la FAA mencionado en las bases teóricas.

Preparación

- Superficies: La parte más importante de cualquier proyecto de pintura es la preparación de la superficie del sustrato. Requiere la mayor cantidad de trabajo y tiempo, pero con la superficie debidamente preparada, los resultados son un acabado duradero y libre de corrosión.

Volver a pintar un avión viejo requiere más tiempo de preparación que un nuevo trabajo de pintura debido a los pasos adicionales necesarios para quitar la pintura vieja, y luego limpiar la superficie y las grietas del removedor de pintura.

Se recomienda que todos los procedimientos siguientes se realicen con ropa protectora, guantes de goma y gafas, en un área bien ventilada, a temperaturas entre 68 °F y 100 °F, donde éste último se anotará en el formato-A (ver Anexo N°1)

Las superficies de aluminio son las más comunes en un típico avión. La superficie debe restregarse con almohadillas scotch-brite® con un limpiador alcalino de aviación. El área de trabajo debe mantenerse húmeda y enjuagarse con agua limpia hasta que la superficie esté libre de agua.

El siguiente paso es aplicar una solución de grabado ácido a la superficie.

Siguiendo las sugerencias de los fabricantes, esto se aplica como un lavado con una esponja nueva y cubriendo un área pequeña, manteniéndola húmeda y permitiendo que entre en contacto con la superficie entre 1 y 2 minutos. Luego se enjuaga con agua limpia sin permitir que la solución se seque en la superficie.

Continúe este proceso hasta que todas las superficies de aluminio se laven y enjuaguen. Se debe tener especial cuidado en enjuagar minuciosamente esta solución de todas las áreas ocultas en las que puede penetrar. Proporciona una fuente de corrosión para formarse si no se elimina por completo.

Cuando las superficies estén completamente secas del proceso anterior, el siguiente paso es aplicar Alodine® u otro tipo de revestimiento de conversión de aluminio.

Este recubrimiento también se aplica como un lavado, permitiendo que el recubrimiento toque la superficie y lo mantenga húmedo entre 2 y 5 minutos, sin dejar que se seque.

Luego debe enjuagarse a fondo con agua limpia para eliminar todas las sales químicas de la superficie.

Dependiendo de la marca, el recubrimiento de conversión puede colorear el aluminio con un dorado claro o verde, pero algunas marcas son incoloras. Cuando la superficie esté completamente seca, el imprimante debe aplicarse tan pronto como sea posible según lo recomendado por el fabricante.

El imprimante debe ser uno que sea compatible con el acabado de la capa superior. Los imprimantes epóxicos de dos partes proporcionan una excelente resistencia a la corrosión y adhesión para la mayoría de las superficies de epoxi y uretano y capas superiores de poliuretano. El cromato de zinc no debe usarse bajo pinturas de poliuretano.

Las superficies hechas de composites que deben imprimirse pueden incluir toda la aeronave si está construida con esos materiales, o si solo pueden ser componentes de la aeronave, como carenados, radomos, antenas y las puntas de las superficies de control.

Se han desarrollado imprimantes de lijado epoxi que proporcionan una excelente base sobre los composites y se pueden lijar con grano 320 con una lijadora orbital de doble acción.

Son compatibles con imprimantes epoxi de dos partes y capas finales de poliuretano. Las capas de acabado se deben aplicar sobre los imprimantes dentro de la ventana de tiempo recomendada, o se debe lijar la imprimación antes de aplicar la capa de acabado. Siempre siga las recomendaciones del fabricante del recubrimiento.

- Imprimante y pintura: Compra de pintura de aviones para el proyecto de pintura de aviación. Los fabricantes de pinturas usan diferentes fórmulas para aviones y automóviles debido a los entornos en los que operan. Los revestimientos de aviación están formulados para tener más flexibilidad y resistencia química que la pintura para automóviles.

También se recomienda encarecidamente utilizar pinturas compatibles de la misma marca para todo el proyecto. El sistema completo (de una marca en particular), desde el grabado hasta los imprimadores y los reductores hasta el acabado, están formulados para funcionar juntos. Mezclar marcas es un riesgo que puede arruinar todo el proyecto.

Al comprar los revestimientos para un proyecto, solicite siempre los datos técnicos o de materiales y las fichas de datos de seguridad del fabricante, para cada componente utilizado. Antes de comenzar a rociar, lea las hojas.

Si no se siguen las recomendaciones del fabricante, puede resultar un acabado menos que satisfactorio o un peligro para la seguridad personal o el medio ambiente.

Antes de que la imprimación o la pintura se usen para cualquier tipo de aplicación, debe mezclarse bien. Esto se hace para que cualquier pigmento que pueda haberse asentado en el fondo del contenedor se ponga en suspensión y se distribuya uniformemente por toda la pintura.

Los recubrimientos ahora tienen vidas útiles listadas en sus hojas de especificaciones. Si se descubre que un contenedor abierto anteriormente tiene una película o una película formada sobre el imprimante o la pintura, la película debe eliminarse por completo antes de mezclar.

El material no debe usarse si ha excedido su vida útil y / o si se ha espesado o se ha secado. Se recomienda agitar

mecánicamente para todos los revestimientos dentro de los 5 días de uso.

Después de abrir, se debe realizar una prueba con un agitador de mano para asegurarse de que todo el pigmento se haya puesto en suspensión.

La agitación mecánica se recomienda para todos los revestimientos de dos partes. Al mezclar cualquier pintura de dos partes, el catalizador / activador siempre debe agregarse a la base o al componente pigmentado.

Se debe seguir la hoja de datos técnicos o de materiales del fabricante del revestimiento para los tiempos de inducción recomendados (el tiempo necesario para que el catalizador reaccione con la base antes de la aplicación).

Algunos recubrimientos no requieren ningún tiempo de inducción después de la mezcla, y otros necesitan 30 minutos de reacción antes de ser aplicados.

El adelgazamiento del material de recubrimiento debe seguir las recomendaciones del fabricante. El grado de adelgazamiento depende del método de aplicación.

Para la aplicación por aspersión, el tipo de equipo, la presión del aire y las condiciones atmosféricas guían las proporciones de selección y mezcla para los diluyentes.

Debido a la importancia del adelgazamiento preciso para el producto terminado, use una taza de medición de la viscosidad

(flujo). El material diluido con este método es la viscosidad correcta para obtener los mejores resultados de aplicación.

Como alternativa, se puede usar un sensor moderno (medido de espesor por ultrasonido) llamado “Elcometer 456” que resulta práctico por su facilidad de uso, mayor rapidez y precisión, ya que puede almacenar los datos obtenidos en su memoria interna para el cruce de información cuando sea requerido. Y los resultados de las mediciones se anotarán en el formato-B (ver Anexo N°2).



Figura 59. Medidor de espesor por ultrasonido. Recuperado de <https://www.elcometer.com/es/inspeccion-revestimientos/espesor-de-pelcula-seca/digital/medidor-de-espesor-de-revestimientos-elcometer-456.html>

Enrarezca todos los materiales de recubrimiento y mezcle en recipientes separados de la taza de pintura. Luego, filtre el material a través de un colador de pintura recomendado para el tipo de recubrimiento que está pulverizando mientras lo vierte en la taza de suministro.

Secuencia para pintar un solo avión o un avión ligero

Como práctica general en cualquier superficie que se esté pintando, rocíe cada aplicación de recubrimiento en una dirección diferente para

facilitar la cobertura uniforme y completa. Después de aplicar el imprimante, aplique la capa de adherencia y las posteriores capas superiores en direcciones opuestas, una capa verticalmente y la siguiente horizontalmente, según corresponda.

Comience rociando todas las esquinas y huecos entre las superficies de control y las superficies fijas. Pinte los bordes anteriores y posteriores de todas las superficies.

Rocíe el tren de aterrizaje, si corresponde, pinte la parte inferior del fuselaje por los costados hasta un quiebre horizontal, como una línea de costura. Pinte la parte inferior del estabilizador horizontal.

Pinte el estabilizador vertical y el timón, y luego muévase a la parte superior del estabilizador horizontal. Rocíe la parte superior y los lados del fuselaje hasta el punto de quiebre de rociar la parte inferior del fuselaje. Luego, rocíe la parte inferior de las alas. Completa el trabajo rociando la parte superior de las alas.

El mayor desafío es controlar el exceso de pulverización y mantener la línea de pintura húmeda. El escenario ideal sería tener otro pintor con experiencia con una segunda pistola de ayuda con la pintura.

Es mucho más fácil mantener la pintura húmeda y el trabajo se completa en la mitad del tiempo.

Marcos de pintura y marcas de identificación

Enmascarar y aplicar el borde: En este punto del proyecto, todo el avión ha sido pintado con el color base y todo el papel de enmascarado y la cinta han sido cuidadosamente retirados.

Consulte de nuevo la hoja de datos técnicos del fabricante del recubrimiento para conocer los tiempos de "secado y repintado" para las temperaturas apropiadas y el tiempo "de secado a cinta" que debe transcurrir antes de la aplicación y eliminación segura de la cinta sobre pintura nueva sin levantarla.

- Materiales de enmascaramiento: Al enmascarar las líneas de corte, use la cinta 3M® Fine Line. Es a prueba de solventes, está disponible en anchos de 1/8-1 pulgada y, cuando se aplica correctamente, produce una línea de pintura de borde afilado.

Se debe usar una cinta de enmascarar de buena calidad con papel de enmascarar para cubrir todas las áreas que no estén recortadas para garantizar que el papel no se levante y permitir el exceso de pulverización en la capa de base.

No use el periódico para enmascarar el trabajo ya que la pintura penetra el periódico. El uso de papel de enmascaramiento real es más eficiente, especialmente si se utiliza un dispensador de papel / cinta adhesiva como parte del equipo de acabado.

- Enmascaramiento para el borde: Después de que el color base se haya secado y curado durante el tiempo recomendado que se muestra en la hoja de datos técnicos del fabricante, el siguiente paso es enmascarar el borde.

El diseño de ajuste puede ser simple, con una o dos bandas de color a lo largo del fuselaje, o puede ser un esquema elaborado

que cubre todo el avión. Cualquiera que sea el elegido, los pasos básicos de enmascaramiento son los mismos.

Si no está seguro de un diseño, existen numerosos sitios web que proporcionan la información y el software para realizar un trabajo profesional.

Si se opta por diseñar un esquema de pintura personalizado, el diseño propuesto se representará en un dibujo de la silueta de la aeronave lo más cercano posible a la escala. Es mucho más fácil cambiar un dibujo que volver a enmascarar el avión.

Comience por identificar un punto en el avión desde el que iniciar las líneas de corte utilizando la cinta de línea fina. Si las líneas son rectas y / o tienen curvas de radio grande, use cinta de $\frac{3}{4}$ de pulgada o de una pulgada y manténgala apretada. La cinta más ancha es mucho más fácil de controlar al enmascarar una línea recta.

Las curvas de radio más pequeñas pueden requerir cinta de $\frac{1}{2}$ pulgada o incluso $\frac{1}{4}$ de pulgada. Intenta usar la cinta más ancha que quede plana y permita una curva suave.

Use un rodillo pequeño (como los utilizados para las costuras del papel tapiz) para volver y enrollar los bordes de la cinta firmemente sobre la superficie para asegurarse de que estén planos.

Termine de enmascarar las líneas de corte en un lado del avión, para incluir el fuselaje, la aleta vertical y el timón, las góndolas del motor y las alas. Una vez completado, examine las líneas.

Si se necesitan ajustes para la ubicación o el diseño, ahora es el momento de corregirlo. Con un lado del avión completo, todo el diseño y la ubicación se pueden transferir al lado opuesto.

Se pueden emplear diferentes métodos para transferir la colocación de las líneas de corte de un lado del avión al otro.

Un método es rastrear el diseño en papel y luego aplicarlo al otro lado, comenzando en el mismo punto opuesto al primer punto de inicio.

Otro método es usar el punto de inicio inicial y aplicar la cinta de corte utilizando líneas de chapa o remaches como referencia, junto con las mediciones, para colocar la cinta en la ubicación correcta.

Cuando se completan ambos lados, se puede tomar una fotografía de cada lado y se realiza una comparación para verificar que las líneas de cinta en cada lado del avión sean idénticas.

Con la grabación fine line completa, algunos pintores aplican una tira de sellado de cinta adhesiva de $\frac{3}{4}$ de pulgada o 1 pulgada cubriendo la mitad y extendiéndose sobre el borde exterior de la cinta fine line.

Esto proporciona un área más amplia para aplicar el papel de enmascarar y agrega un sello adicional a la cinta fine line. Ahora, aplique el papel de enmascarar con cinta de 1 pulgada,

colocando la mitad del ancho de la cinta en el papel y la mitad en la cinta de corte enmascarada.

Utilice únicamente papel de enmascarar hecho para pintar y una cinta de enmascarar de calidad comparable. Con toda la máscara de recorte completa, cubra el resto de las áreas expuestas de la aeronave para evitar que el exceso de pulverización llegue al color base.

Pegue con cinta adhesiva los bordes del material de cobertura para asegurarse de que el aerosol no se mueva debajo de él.

Ahora, lije toda el área de recorte que se va a pintar para eliminar el brillo de la pintura base. El uso de grano 320 para el área principal y una almohadilla scotch-brite de malla fina junto a la línea de cinta debe ser suficiente.

Luego, sople todo el polvo y la arena de la aeronave, y limpie la zona de acabado recién lijada con un desengrasante y una tela de protección. Presione o baje los bordes de la cinta de corte una vez más antes de pintar.

Existen varios métodos utilizados por los pintores para garantizar que se obtiene una línea de cinta bien definida al retirar la cinta. El paso básico es usar primero la cinta 3M® Fine Line para enmascarar la línea de corte.

Algunos pintores luego rocían una capa ligera del color base o la capa transparente justo antes de rociar el color de recorte. Esto sellará la línea del borde de la cinta y asegurará una línea limpia y nítida cuando se retire la cinta.

Si se utilizan colores múltiples para el borde, cubra las áreas de recorte para que no se rocién con papel de enmascarar.

Cuando el primer color se rocía y se seca, retire el papel de enmascarar del área de guarnición siguiente para pulverizar y cubra el área de guarnecido que se roció primero, teniendo cuidado de no presionar el papel de enmascarar ni pegar con cinta adhesiva en la pintura recién seca.

Con todos los recortes completados, el papel de enmascarar debe quitarse tan pronto como la última área recortada esté seca al tacto.

Retire con cuidado la cinta de borde de borde Fine Line tirando de ella lentamente hacia atrás en un ángulo agudo. Retire todo el borde y la cinta adhesiva de la capa base tan pronto como sea posible para evitar daños a la pintura.

Como se mencionó anteriormente, use componentes de pintura compatibles del mismo fabricante cuando pinte el borde sobre el color base. Esto reduce la posibilidad de una reacción adversa entre la capa base y los colores de acabado.

Visualización de marcas de nacionalidad y registro: El requisito reglamentario completo para la identificación y el marcado de un avión registrado en los EE. UU. Se puede encontrar en el Título 14 del Código de Regulaciones Federales (14 CFR), Parte 45, Identificación y Marcado de registro.

En resumen, el reglamento establece que las marcas deben:

- Ser pintado en el avión o fijado por otros medios para asegurar un grado similar de permanencia;
- No tener adornos;
- Contraste de color con el fondo; y
- Ser legible

Las letras y los números se pueden pegar con cinta adhesiva y aplicar al mismo tiempo y usando los mismos métodos que cuando se aplica el corte, o se pueden aplicar más tarde como calcomanías del tamaño y color adecuados.

- Visualización de marcas: Cada operador de una aeronave deberá exhibir en la aeronave marcas consistentes en la letra mayúscula romana "N" (que denota el registro de los Estados Unidos) seguido del número de registro de la aeronave. Cada letra de sufijo también debe ser una letra mayúscula romana.
- Ubicación y colocación de las marcas: En las aeronaves de ala fija, las marcas deben mostrarse en las superficies verticales de la cola o en los lados del fuselaje. Si se muestran en las superficies verticales de la cola, deberán estar horizontales en ambas superficies de una sola cola vertical o en las superficies externas de una cola multivertical.

Si se muestra en las superficies del fuselaje, entonces horizontalmente en ambos lados del fuselaje entre el borde posterior del ala y el borde anterior del estabilizador horizontal. Se pueden encontrar excepciones

a los requisitos de ubicación y tamaño para ciertas aeronaves en el 14 CFR parte 45.

En un helicóptero, las marcas deben mostrarse horizontalmente en ambas superficies de la cabina, el fuselaje o la cola. En aeronaves dirigibles, globos aerostáticos, paracaídas motorizados y aviones de control de cambio de peso, muestre las marcas requeridas por el 14 CFR parte 45.

- Requisitos de tamaño para diferentes aeronaves: Casi universalmente para aeronaves de ala fija con certificación estándar de EE.UU., Las marcas deben tener al menos 12 pulgadas de alto.

Un planeador puede mostrar marcas de al menos 3 pulgadas de alto. En todos los casos, las marcas deben ser de la misma altura, dos tercios más anchas que altas, y los caracteres deben estar formados por líneas continuas una sexta parte del ancho y alto. Las letras "M" y "W" pueden ser tan anchas como altas.

El espacio entre cada carácter no puede ser menor que un cuarto del ancho del carácter. Las marcas requeridas por 14 CFR parte 45 para aeronaves de ala fija deben tener la misma altura, ancho, grosor y espaciado en ambos lados de la aeronave.

Las marcas deben estar pintadas o, si las calcomanías (calcomanías), deben pegarse de manera permanente. El actual 14 CFR parte 45 debe ser consultado para obtener una copia completa de las reglas.

Calcomanías

Las marcas se colocan en la superficie de la aeronave para proporcionar instrucciones de servicio, especificaciones de combustible y aceite, capacidades del tanque e identificar los puntos de elevación y nivelación, las pasarelas, las ubicaciones de la batería o cualquier área que deba identificarse.

Estas marcas se pueden aplicar mediante esténcil o mediante el uso de calcomanías. Las calcomanías se utilizan en lugar de las instrucciones pintadas porque, por lo general, son menos costosas y más fáciles de aplicar.

Las calcomanías utilizadas en los aviones suelen ser de tres tipos: papel, metal o película de vinilo. Estas calcomanías son adecuadas para aplicaciones de superficies exteriores e interiores.

Para asegurar la correcta adhesión de las calcomanías, limpie todas las superficies a fondo con nafta alifática para eliminar grasa, aceite, cera o materias extrañas. Las superficies porosas deben sellarse y las superficies ásperas deben lijarse, seguido de una limpieza para eliminar cualquier residuo.

Calcomanías de papel: Sumerja las calcomanías de papel en agua limpia durante 1 a 3 minutos. Permitir que las calcomanías se empapen durante más de 3 minutos hace que el respaldo se separe de la calcomanía mientras está sumergido.

Si las calcomanías se dejan empapar durante menos de 1 minuto, el respaldo no se separa de la calcomanía. Coloque un borde de la

calcomanía en la superficie de recepción preparada y presione ligeramente, luego deslice el papel detrás de la calcomanía. Realice cualquier alineación menor con los dedos.

Elimine el agua borrando suavemente la calcomanía y el área adyacente con un paño suave y absorbente. Elimine las burbujas de aire o agua atrapadas debajo de la calca limpiando cuidadosamente hacia el borde más cercano de la calcomanía con un paño. Permita que la calcomanía se seque.

Calcomanías de metal con respaldo de celofán: Aplique calcomanías de metal con adhesivo de respaldo de celofán de la siguiente manera:

- Sumerja la calcomanía en agua limpia y tibia durante 1 a 3 minutos.
- Quítelo del agua y séquelo cuidadosamente con un paño limpio.
- Retire el respaldo de celofán, pero no toque el adhesivo.
- Coloque un borde de la etiqueta en la superficie receptora preparada. En calcomanías de láminas grandes, coloque el centro en la superficie receptora y trabaje hacia afuera desde el centro hacia los bordes.
- Retire todas las bolsas de aire haciendo rodar firmemente con un rodillo de goma, y presione todos los bordes firmemente contra la superficie receptora para asegurar una buena adhesión.

Calcomanías de metal con soporte de papel: Las calcomanías de metal con un soporte de papel se aplican de manera similar a las que tienen un respaldo de celofán. Sin embargo, no es necesario sumergir la

calcomanía en agua para quitar el respaldo. Se puede pelar de la calcomanía sin humedecerla.

Siga las recomendaciones del fabricante para la activación del adhesivo, si es necesario, antes de la aplicación. La calcomanía debe colocarse y alisarse siguiendo los procedimientos dados para calcomanías con respaldo de celofán.

Calcomanías de metal sin adhesivo: Aplique calcomanías sin adhesivo de la siguiente manera:

- Aplique una capa de cemento, Especificación Militar MIL-A-5092, a la calcomanía y la superficie de recepción preparada.
- Permita que el cemento se seque hasta que ambas superficies estén pegajosas.
- Aplique la calcomanía y alisarla para eliminar las bolsas de aire.
- Retire el exceso de adhesivo con un paño humedecido con nafta alifática.

Calcomanías de película de vinilo: Para aplicar calcomanías de película de vinilo, separe la parte posterior del papel de la película plástica. Retire cualquier soporte de papel adherido al adhesivo frotando el área suavemente con un paño limpio y saturado con agua. Retire pequeños trozos de papel restante con cinta adhesiva.

- Coloque la película de vinilo, con el adhesivo hacia arriba, sobre una superficie limpia y porosa, como madera o papel secante.
- Aplique el activador recomendado al adhesivo en trazos firmes e incluso en el lado adhesivo de la calcomanía.

- Coloque la calcomanía en la ubicación adecuada, mientras que el adhesivo todavía está pegajoso, con solo un borde en contacto con la superficie preparada.
- Use un rodillo sobre la calcomanía con movimientos superpuestos hasta que se eliminen todas las burbujas de aire.

Eliminación de calcomanías: Las calcomanías de papel se pueden quitar frotando la calcomanía con un paño humedecido con disolvente de laca.

Si las calcomanías se aplican sobre superficies pintadas o barnizadas, use un diluyente de laca con moderación para evitar que se elimine la pintura o el barniz.

Quite las calcomanías de metal humedeciendo el borde de la lámina con nafta alifática y pelando la calcomanía de la superficie adherida. Trabaja en un área bien ventilada.

Las calcomanías de película de vinilo se eliminan colocando un paño saturado con MEK (butanona) en la calcomanía y raspando con una espátula de plástico.

Retire el adhesivo restante frotándolo con un paño humedecido con un solvente de limpieza en seco.

Equipo de protección para el personal

El proceso de pintar, decapar o re-acabar una aeronave requiere el uso de diversos recubrimientos, productos químicos y procedimientos que pueden ser peligrosos si no se utilizan las precauciones adecuadas para proteger al personal involucrado en su uso.

Los peligros más importantes son los químicos transportados por el aire, ya sea por los vapores de los recipientes de pintura abiertos o por la niebla atomizada resultante de las aplicaciones de pulverización. Hay dos tipos de dispositivos disponibles para proteger contra los peligros transportados por el aire:

Respiradores y sistemas de respiración de aire forzado. Un respirador es un dispositivo que se usa sobre la nariz y la boca para filtrar las partículas y los vapores orgánicos del aire que se inhala.

El tipo más común incorpora cartuchos con doble filtro de carbón con filtros de polvo reemplazables que se ajustan a la cara sobre la nariz y la boca con un sello hermético.

Cuando se utiliza correctamente, este tipo de respirador proporciona protección contra la inhalación de vapores orgánicos, polvo, neblinas de pinturas, lacas y esmaltes.

Un respirador no proporciona protección contra pinturas y recubrimientos que contienen isocianatos (pintura de poliuretano). Se debe usar un respirador en un área de ventilación adecuada.

Si la respiración se vuelve difícil, hay un olor o sabor en el (los) contaminante (s), o un individuo se mareo o siente náuseas, deben abandonar el área y buscar aire fresco y asistencia cuando sea necesario.

Lea atentamente las advertencias proporcionadas con cada respirador que describe los límites y los materiales para los que brindan protección.

Se debe usar un sistema de respiración de aire forzado al rociar cualquier tipo de poliuretano o cualquier recubrimiento que contenga isocianatos.

También se recomienda para todas las aplicaciones de rociado y extracción de cualquier tipo, ya sea químico o mediante voladura de medios.

El sistema proporciona una fuente constante de aire fresco para respirar, que se bombea a la máscara a través de una manguera de una bomba de turbina eléctrica.

Se debe usar ropa protectora, como el overol de Tyvek®, que no solo proteja al personal de la pintura, sino que también evite que el polvo entre en contacto con las superficies pintadas.

Deben usarse guantes de goma cuando se usa cualquier removedor, solución de grabado, recubrimientos de conversión y solvente.

Cuando se usan solventes para limpiar el equipo de pintura y las pistolas, el área debe estar libre de cualquier llama abierta u otra fuente de calor. El solvente no debe rociarse aleatoriamente en la atmósfera cuando limpie las pistolas.

En la mayoría de los estados, existen regulaciones de la Administración de riesgos de seguridad ocupacional (OSHA) en vigencia que pueden requerir que el personal esté protegido contra los vapores y otros peligros mientras está en el trabajo.

En cualquier taller o tienda, el personal debe estar atento y proporcionar protección y usarla para la seguridad. (FAA, 2012, págs. 10-22)

Capítulo IV: Metodología de la investigación

4.1 Diseño metodológico

La metodología que se utilizó para la presente investigación ha sido del tipo descriptivo, ya que detalla la propuesta de un taller de pintura con ambiente controlado, y ello influye cualitativamente en la calidad del proceso de pintado en los aviones MIG-29SMP en el SEMAN-FAP y, en consecuencia, cómo evita los reprocesos de pintado que generan sobrecostos, así como también, que los plazos de entrega se incrementen.

Vinculando lo descrito anteriormente, un taller de pintura con ambiente controlado, también influye en la mejora de los tiempos de proceso de pintado y en las condiciones ambientales, protegiendo al personal con el equipo adecuado y evitando que los gases tóxicos sean expuestos a la intemperie.

Además, se describe los procedimientos de pintado de manera general, basándose en las instrucciones y reglas que establece la FAA, una organización de gran prestigio estandarizada a nivel mundial.

Según su finalidad: (Lozada, 2014), afirma que: la investigación aplicada tiene por objetivo la generación de conocimiento con aplicación directa y a mediano plazo en la sociedad o en el sector productivo. Este tipo de estudios presenta un gran valor agregado por la utilización del conocimiento que proviene de la investigación básica. (p.35)

Según su carácter es descriptiva: (Hernández , Fernández, & Baptista, 2010) señala que “la investigación descriptiva busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice” (p.102). En ese sentido, dicha metodología será aplicada a la implementación

de un taller de pintura para mejorar la calidad del proceso de pintado de los aviones MIG-29SMP en el servicio de mantenimiento de la fuerza aérea del Perú.

4.2 Aspectos éticos

La ética es la base de toda acción honorable, pulcra, correcta y transparente que define y determina a una persona, entidad y/o sociedad.

El trabajo contribuye en la ética profesional al contribuir con la responsabilidad y compromiso ambiental sobre las personas y medio ambiente.

Siendo consciente del grado de ingeniero al que aspiro, me he basado completamente en este proyecto a la transparencia y respeto a las autorías.

Se ha tenido muy presente en el transcurso del proceso de la investigación en citar oportunamente la información obtenida de distintas fuentes y autores, con el objetivo de brindar el crédito correspondiente a los investigadores.

La información utilizada, se le hizo la referencia respectiva a cada autor de cada libro, texto, documento, página web entre otros en la presente investigación.

Se utilizó reconocidos y altos estándares internacionales como referencia para la investigación, como la Federal Aviation Administration (FAA).

Capítulo V: Resultados

Bajo las normas recomendadas por la Federal Aviation Administration (FAA) vista en el capítulo 08 “Pintura y acabado de aviones”, descrito en la sección 3.2.6 del capítulo III, se muestran los procedimientos estandarizados a nivel internacional en el cuál, complementándose en un ambiente hermetizado se mejora la calidad de pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP).

Al ejecutar los procedimientos de pintado y acabado reglamentados por la FAA en el taller de pintura (figura 60) con ambiente controlado (temperatura, humedad y sellado del medio ambiente externo) se reduce los reprocesos de pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP) en comparación con otros talleres de pintura simples que requerirán más veces repintados y, en consecuencia, los tiempos de proceso serán mayores.

Comparando la investigación titulada “Taller de pintura aeronáutica grupo aeronaval del caribe, en la Escuela naval de Suboficiales arc Barranquilla” citada en la sección 2.1 en antecedentes internacionales del capítulo II, mi propuesta de diseño del taller de pintura (figura 61), supera en exigencia y dedicación en cuanto a seguridad (taller hermetizado con temperatura regulada a voluntad) y cuidados (filtros multi-nivel de media y alta eficiencia y trajes protectores con máscara de oxígeno) para el personal involucrado, área de trabajo e intemperie, por lo que se reduce la contaminación durante el proceso de pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP).

Plano de referencia (figura 60) en vista de planta y en vista frontal del taller de pintura, donde se puede apreciar que consta de cuatro (04) áreas principales etiquetadas que son:

- Hangar (leyenda 01): Es el área donde se albergará al avión para inspeccionar, revisar, realizar y/o ejecutar los procesos y procedimientos que se requieran para el pintado y acabado respectivo. Es el área principal donde se tiene el ambiente controlado por sistemas de climatización, ventiladores, extractores, pre-filtros y filtros de media y alta eficiencia.
- Almacén (leyenda 05): Es el área donde se almacena diversos materiales de pintado, lacas, imprimantes, esponjas, lijas, instrumentos y equipos esenciales para el proceso de pintado como pistolas de diferentes mecanismos, sistema de suministro de aire, contenedores de recubrimiento, sistema de pulverización, sistema de respiración de aire fresco y trajes de protección con máscara.
- Sala de control (leyenda 07): Es el área donde se puede monitorear, analizar, inspeccionar, auditar y manipular a voluntad diferentes tipos de ambientes según requiera los procesos y/o procedimientos a realizar en el pintado y acabado.
- Zona de mezcla (leyenda 08): Es el área donde se puede realizar los diferentes tipos de mezcla de pinturas y otros productos necesarios para los distintos tipos de fases del pintado y acabado previsto, también se puede realizar otros tipos de pruebas como de viscosidad, mezclas nuevas y/o experimentales, etc.

Las demás partes y elementos estructurales descritos en la leyenda en el plano, están repartidas y contenidas en las 04 áreas principales descritas.

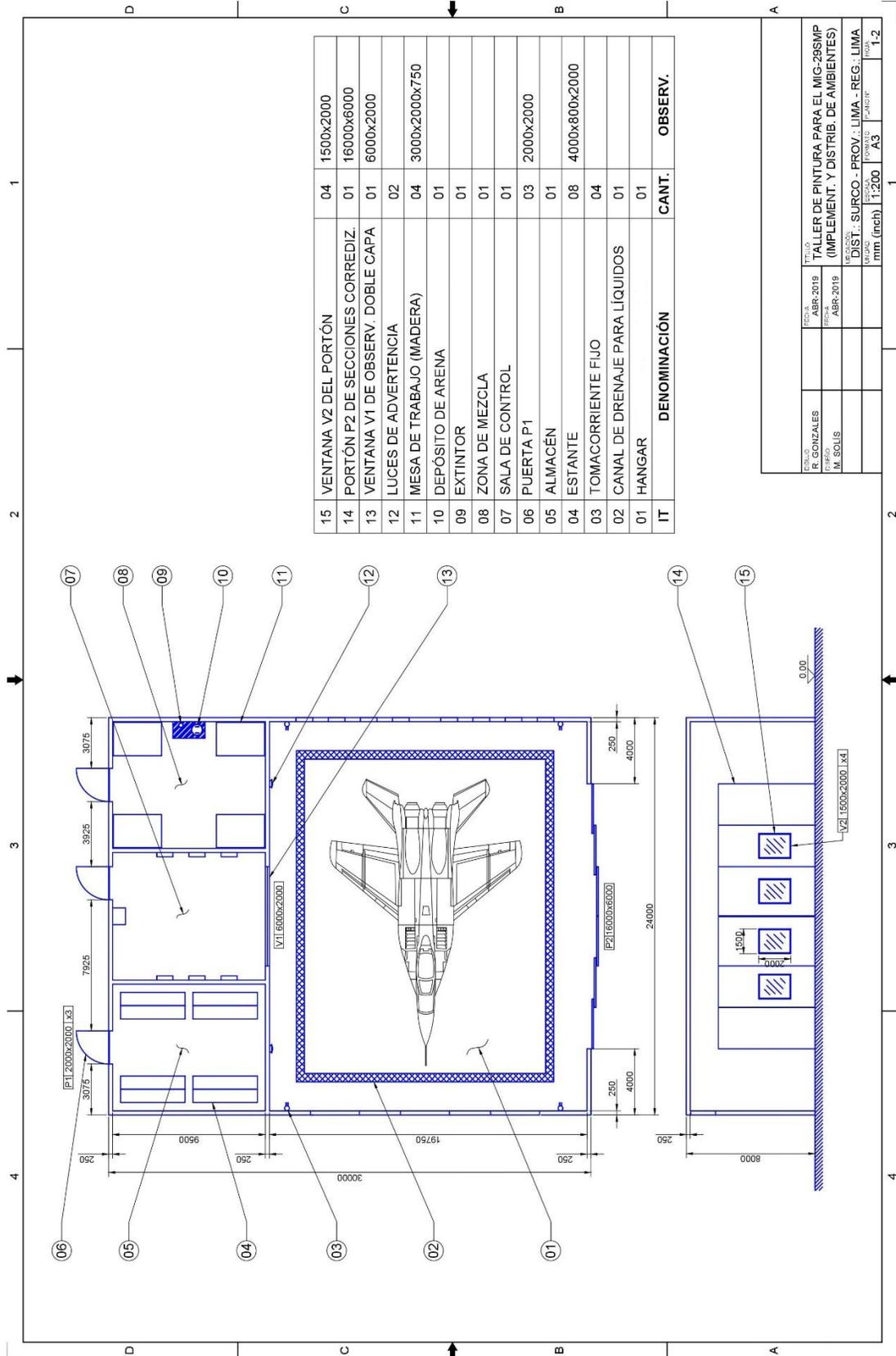


Figura 60. Plano en vista de planta y en vista frontal 1 de 2. Elaboración propia

Plano de referencia (figura 61) en vista de planta y en vista frontal del taller de pintura, donde se puede apreciar, por leyendas, los distintos tipos de sistemas, componentes y sensores esenciales que aseguran la correcta ventilación, filtrado, extracción y temperatura requerida para los procesos y procedimientos de pintado y acabado.

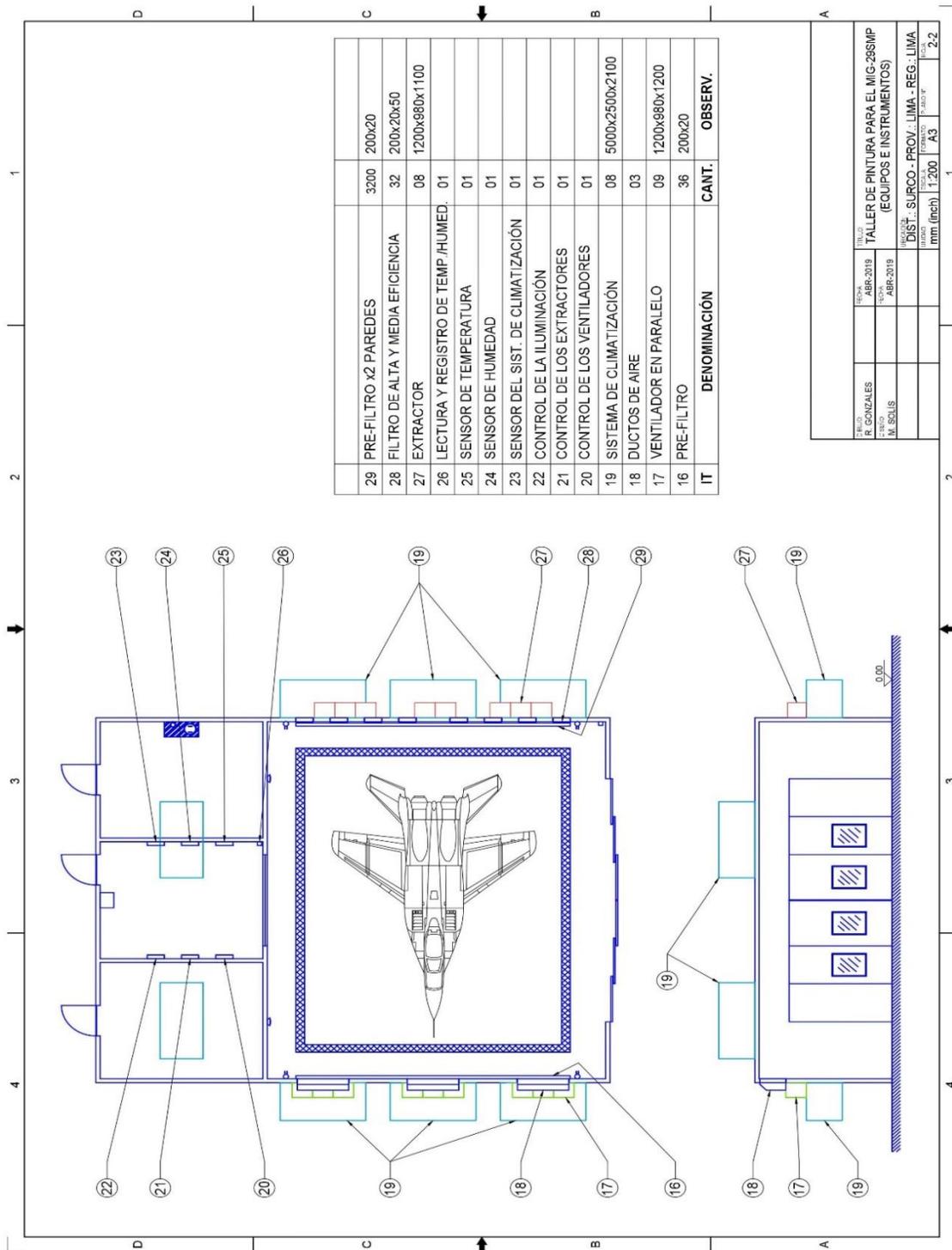


Figura 61. Plano en vista de planta y en vista frontal 2 de 2. Elaboración propia

Capítulo VI: Discusión

El presente trabajo ha permitido poder lograr y cumplir los objetivos propuestos dentro de la tesis, como la problemática general y específicas respectivamente.

A partir de los resultados obtenidos de la problemática general, bajo las normas recomendadas por la Federal Aviation Administration (FAA) vista en el capítulo 08 “Pintura y acabado de aviones”, junto con el ambiente controlado del taller, se pudo comprobar la mejora sustancial de la calidad del pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP), en comparación con otras normas de procedimientos de pintado menos exigentes y no estandarizadas a nivel internacional por renombrados organismos u organizaciones certificadas y/o especializadas.

Por otro lado, los resultados obtenidos de los problemas específicos, se pudo lograr una reducción significativa (en comparación con otros talleres de pintado simples que carecen de hermetismo y control del ambiente interno) de los reprocesos de pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP), al poder controlar de manera adecuada la ventilación, temperatura, humedad y sellado del medio ambiente, evitando de esta manera, que el aire externo y no pre-filtrado perjudique el proceso de pintado ocasionando engorrosos repintados y retrasos en el calendario de entrega establecido.

Finalmente, se logró comprobar una gran mejora al reducir la contaminación en el pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP), debido a la efectiva integración del compartimiento de pintado hermetizado con una correcta ventilación, pre-filtración en los conductos de aire, filtración de media y alta eficiencia en el área de trabajo, extracción del aire, temperatura regulada requerida y trajes especiales con máscara de oxígeno tanto para la salubridad del personal y del medio ambiente, con respecto a otros talleres más simples y rústicos que carecen de estos componentes.

Capítulo VII: Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

Se concluye que, al ser implementado el taller de pintura con ambiente controlado, se mejoró la calidad de pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP) al poder manipular de manera adecuada la ventilación, extracción, temperatura, humedad y hermetismo del área de trabajo, evitando problemas comunes y corrientes en la pintura debido al contacto con la intemperie (aire no filtrado), cumpliéndose de manera satisfactoria este objetivo propuesto.

Se demostró que, implementado el taller de pintura y cumpliendo estrictamente los procedimientos de pintado y acabado reglamentado por la FAA, del capítulo 08 “Pintura y acabado de aviones”, se redujo los reprocesos de pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP) con respecto a otros procedimientos y procesos de pintado no estandarizados y de talleres que carecen de hermetismo y de un ambiente controlado, por lo que este objetivo se ha cumplido exitosamente.

Se determinó que, implementado el taller de pintura con sus respectivos pre-filtros, filtros de media y alta eficiencia, ventiladores, extractores, sistemas de climatización, trajes de protección con máscara de oxígeno y puertas que garantizan un ambiente hermético distribuidos de manera adecuada y con ambiente controlado, se logró reducir la contaminación durante el pintado de los aviones MIG-29SMP en el Servicio de Mantenimiento de la Fuerza Aérea del Perú (SEMAN-FAP) para el personal, y para el medio ambiente. Por lo tanto, concluyo que este objetivo fue alcanzado de manera gratificante.

7.2 Recomendaciones

Se recomienda establecer en todos los talleres de pintado: Establecer el seguimiento interno completo en todos los procesos de pintado, para reducir al mínimo posibles incidencias por parte del personal y maximizar el control de las acciones efectuadas con detalle por el personal involucrado, con todo esto, la calidad de pintado será constante.

Implementar capacitaciones teóricas y dinámicas trimestrales con las últimas normas y reglas que establezcan los organismos u organizaciones competentes especializados, para mantener actualizado al personal involucrado con las últimas tendencias de procesos y de seguridad.

Incorporar un programa de salud ocupacional semestral para los operadores involucrados en los procesos de pintado, así como también diseñar, programar y ejecutar una inspección profunda y completa del taller de pintura cada cuatro (04) meses.

Integrar, registrar y analizar cuadros estadísticos y financieros en base a la relación de horas/hombre entrelazándolo directamente proporcional con el coste/beneficio de los trabajos realizados, con el fin de prever en un plazo o futuro determinado mejoras, actualizaciones y/o ampliaciones según la carga laboral aumente de manera constante y/o la demanda así lo requiera.

Tomar en cuenta la reglamentación de compatibilidad de los procesos y procedimientos de pintado de una aeronave recomendada por la “Federal Aviation Administration” (FAA) con su equivalente europeo, la “European Aviation Safety Agency” (EASA). (FAA, 2012, pág. 4)

Referencias

Bibliografía

- Air Quality de Mexico. (01 de Septiembre de 2017). *Air Quality de México*. Obtenido de AQDEMEXICO: <http://www.aqdemexico.com/parametros-controles-cabina-pintura/>
- Aliaga Lucen, G. C., & Vilchez Guadalupe, R. J. (2014). *Técnica alivil y aprendizaje de pintado del automóvil en estudiantes de las instituciones educativas técnicas de la provincia de tarma*. Tarma: Tesis.
- Beltran Gomez, F. A., & Orduz Martinez, J. G. (2006). *Diseño de una cabina modular para el pintado de muebles de madera*. Bucaramanga: Tesis.
- Biegler, J. (1980). *Manual Moderno de Contabilidad*. México: MC GRAW HILL.
- Bustamante Rodriguez, H., Castro Cardenas, M., Contreras Silva, J., De avila Bonfante, H., Dueñez Martinez, E., Fren Mejia, A., . . . Venegas Estrada, S. (2011). *Taller de pintura aeronautica grupo aeronaval del caribe*. Barranquilla: Tesis.
- CIATESA. (2018). *CIATESA - CIAT GROUP*. Obtenido de ftp://www.cype.net/documentaciontecnica/ciatesa/ciatesa_space.pdf
- Elcometer Limited. (2018). *elcometer*. Obtenido de elcometer: <https://www.elcometer.com/es/inspeccion-revestimientos/espesor-de-pelcula-seca/digital/medidor-de-espesor-de-revestimientos-elcometer-456.html>
- FAA. (2012). *Aircraft Painting and Finishing*. Oklahoma City: United States Department of Transportation.
- FAA. (2012). *FREQUENTLY ASKED QUESTIONS*. Obtenido de EUROPEAN AVIATION SAFETY AGENCY (EASA): https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/international/easa/media/EASA_FAQ.pdf
- Gómez, G. (1997). *Sistemas Administrativos, Análisis y Diseños*. México: McGraw-Hill.
- González Dávila, R. A. (2004). *Diseño de la cabina de pintura de un taller automotriz de enderezado y pintura*. Guatemala: Tesis.
- Granados Gallardo, O. L. (2010). *Diseño, construcción y mantenimiento de hangares en Guatemala*. Guatemala: Tesis.

- Hernández , S. R., Fernández, C. C., & Baptista, L. M. (2010). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- John Reid and Sons Ltd. (2017). *reidsteel.aero*. Obtenido de http://www.reidsteel.aero/espanol/paint_hangars.html
- John Reid and Sons Ltd. (2017). *reidsteel.aero*. Obtenido de http://www.reidsteel.aero/espanol/buying/options_coatings.html
- Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. *CIENCIAMÉRICA*, 34-39.
- Marino, L. A., & Petruk, G. O. (2010). *Taller de mantenimiento aeronáutico*. Resistencia: Tesis.
- Melinkoff, R. (1990). *Los Procesos Administrativos*. Caracas: PANAPO.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (15 de Junio de 2018). Texto de la Regulación Aeronáutica del Perú - RAP 145 / OMA. *El Peruano*, págs. 10-12.
- Pérez Chávez, F. (2006). *Diseño de una cabina de pintura para elementos aeronáuticos*. Cádiz: Tesis.
- Pita, E. G. (1999). Acondicionamiento de aire. Principios y Sistemas. En E. G. Pita. México: Continental, S.A. de C. V.
- PROTECHNIK. (2018). *PROTECHNIK* S.A.C. Obtenido de <https://www.protechnik.com.pe/productos/filtracion/filtros-para-cabinas-de-pintura/>
- Rojas Malpica, C. (2017). *Propuesta de implementación de una cabina de pintura y mejoramiento del proceso de pintado para el mantenimiento de aviones comerciales de pasajeros en el SEMAN Perú*. Lima: Trabajo de suficiencia profesional.
- Salvador Escoda S.A. (s.f.). *S&P*. Obtenido de S&P: <https://www.salvadorescoda.com/tecnico/VE/Manual-Ventilacion.pdf>
- SODECA. (2014). *SODECA*. Obtenido de SODECA: https://www.sodeca.com/Content/img/InformacioTecnica_01.pdf
- SODECA. (2016). *SODECA*. Obtenido de SODECA: <https://www.issuu.com/home/drafts/a25ki0xnzji/file>
- Solaegui Nebradt, J. F. (2010). *Análisis y optimización del proceso de pintura de una aeronave Bombardier CRJ-200*. México D.F.: Tesis.

Valdivieso Lopez, C. M., & Zuñiga Calcina, H. M. (2016). *Diagnóstico y mejora de los procesos de un taller de reparación de carrocería y pintura aplicando herramientas de lean*. Lima: Tesis.

Venfilter. (2018). *Venfilter*. Obtenido de Venfilter:
<https://www.venfilter.es/producto/omega>

Anexo N°4
 Formato-D: Control de uso del compresor de aire

Tipo:		Modelo:	
Marca:		Fabricante:	
Código de Inventario:		Fecha de Mantenimiento:	
Tiempo de uso	Fecha	Hora del evento	Firma del responsable

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°5
Formato-E: Control de uso de contenedores de recubrimientos

Tipo:		Modelo:	
Marca:		Fabricante:	
Código de Inventario:		Fecha de Mantenimiento:	
Tiempo de uso	Fecha	Hora del evento	Firma del responsable

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°6
Formato-F: Control de uso de filtros de aire para pulverización de pintura

Tipo:		Modelo:	
Marca:		Fabricante:	
Código de Inventario:		Fecha de Mantenimiento:	
Tiempo de uso	Fecha	Hora del evento	Firma del responsable

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°8
 Formato-H: Control de uso del sistema de respiración de aire fresco

Tipo:		Modelo:	
Marca:		Fabricante:	
Código de Inventario:		Fecha de Mantenimiento:	
Tiempo de uso	Fecha	Hora del evento	Firma del responsable

Fuente: Elaboración propia