



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

## **TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta para el taller de carpintería Neyra del distrito de José Leonardo Ortiz - Chiclayo”**

Presentado Por:

**Bach. Emigdio Darwil Laban Roman**

Asesor:

**Ing. Héctor Antonio Oviden Núñez**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**

**2024**



# UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"



Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

## TESIS

Para Optar el Título Profesional de  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

"Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta para el taller de carpintería Neyra del distrito de José Leonardo Ortiz - Chiclayo"

Presentado Por:

**Bach. Emigdio Darwil Laban Roman**

Aprobado por el Jurado Examinador:

**PRESIDENTE:** Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro

**SECRETARIO:** Dr. Ing. Celada Padilla James Skinner

**VOCAL:** Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra

**ASESOR:** Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez



Handwritten signatures of the jury members: Daniel Carranza Montenegro, Celada Padilla James Skinner, Carlos Javier Cotrina Saavedra, and Héctor Antonio Oliden Núñez.

Lambayeque – Perú

2024



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA y ELÉCTRICA**



# **TESIS**

## **TÍTULO**

**“Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta para el taller de carpintería Neyra del distrito de José Leonardo Ortiz - Chiclayo”**

### **CONTENIDOS**

**CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

**CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.**

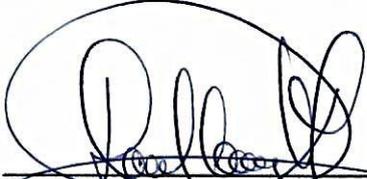
**CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.**

**CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.**

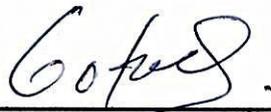
**CAPITULO V: ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.**

**CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

**AUTOR: Bach. Emigdio Darwil Laban Roman**

  
**Dr. Ing. Daniel Carranza Montenegro**  
**Presidente**

  
**Dr. Ing. Celada Padilla James Skinner**  
**Secretario**

  
**Ing. Carlos Javier Cotrina Saavedra**  
**Vocal**

  
**Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez**  
**Asesor**

Lambayeque – Perú

2024

## DEDICATORIA

*Al Gran Yo Soy, Dios creador de la ciencia y el universo, quien nos infunde aliento y nos brinda las fuerzas necesarias para salir adelante en el ámbito académico como espiritual.*

*Con todo mi amor y cariño a mis Queridos padres: Zenaida y Pepe Por su incansable y decidido apoyo en el desarrollo de mi vida y en mi formación académica, gracias a ellos, soy todo un profesional así poder salir adelante en este mundo competitivo, cumplir mis metas y tener éxito es lo que anhelo.*

*Dedico este informe de investigación a mis futuros colegas y estudiantes de la FIME, con el fin de fomentar la investigación y además la búsqueda de nuevos caminos en la carrera de la Ingeniería Mecánica Eléctrica.*

*Con afecto para ustedes.*

## AGRADECIMIENTO

*A mis padres, porque desde pequeño sembraron el amor en mí, y supieron darme una buena educación, me enseñaron a valorar a las personas y a tener buenos principios, me encaminaron a buscar una mejor formación profesional.*

*A mis hermanos y a mi primo, Wilmer y esposa, quienes fueron quien impulsaron el apoyo desinteresadamente en mi formación como profesional y como persona.*

*A la plana docente que nos formó durante tanto tiempo, quienes siempre nos inculcaron y orientaron a explorar el área de la investigación, con el único fin de formar profesionales de valor y con principios.*

*A mi asesor, por brindar de su valioso tiempo y ayuda al compartir sus experiencias y conocimientos suficientes para poder culminar de forma satisfactoria el presente informe de investigación, también a todos los ingenieros de la FIME por su tiempo y dedicación.*

## RESUMEN

La presente investigación tuvo por objetivo diseñar un sistema de extracción de polvo y viruta para la carpintería Neyra, ubicada en el distrito de José Leonardo Ortiz – Lambayeque. El tipo de enfoque fue cuantitativo, para poder cuantificar las variables y el tipo de investigación fue aplicada, ya que se emplearon los conocimientos de la ciencia de la ingeniería para poder dar solución a un problema de la sociedad. De los cálculos realizados, se obtuvo que el extractor debe extraer 397.44 m<sup>3</sup>/h de polvo y viruta con una presión de 3 879.015 Pa, con un motor WEG W22Xec IE3 de 1.1 kW para satisfacer los requerimientos del sistema de extracción propuesto. Para el funcionamiento del extractor es necesario emplear un relé térmico tipo T16-0.17 ID:1SAZ711201R1008 con un contactor tipo AF09-30-01-41 ID:1SBÑ137001R4101, pulsadores tipo MCBH-10 y MCBH-01, todos de la marca ABB. Además, se debe emplear mangueras para extracción de 75 mm de diámetro ya que las máquinas empleadas poseen ese diámetro para la succión. Para lograr implementar dicho sistema es necesario un presupuesto de S/. 5,301.16 donde se incluyó el costo por equipamiento que fue de S/. 4,052.16 y un costo por ensamblaje, instalación y pruebas que fue de S/. 1,249.00. Se concluyó que el sistema de extracción propuesto permite extraer el polvo y viruta de la carpintería y además de que con ello se logra reducir las enfermedades respiratorias en los trabajadores. Finalmente, el proyecto es viable y rentable, con un VAN de S/. 3,893.78, una TIR de 21.59% y 6.06 años para recuperar la inversión inicial.

**Palabras clave:** *Extractor, caudal, diseño mecánico.*

## ABSTRACT

The objective of this research was to design a dust and chip extraction system for the Neyra carpentry shop, located in the district of José Leonardo Ortiz – Lambayeque. The type of approach was quantitative, to be able to quantify the variables and the type of research was applied, since the knowledge of engineering science was used to provide a solution to a societal problem. From the calculations carried out, it was obtained that the extractor must extract 397.44 m<sup>3</sup>/h of dust and chips with a pressure of 3 879.015 Pa, with a 1.1 kW WEG W22Xec IE3 motor to satisfy the requirements of the proposed extraction system. To operate the extractor, it is necessary to use a thermal relay type T16-0.17 ID:1SAZ711201R1008 with a contactor type AF09-30-01-41 ID:1SBÑ137001R4101, pushbuttons type MCBH-10 and MCBH-01, all from the ABB brand. In addition, 75 mm diameter extraction hoses must be used since the machines used have that diameter for suction. To implement this system, a budget of S/. 5,301.16 where the cost of equipment was included, which was S/. 4,052.16 and a cost for assembly, installation and testing that was S/. 1,249.00. It was concluded that the proposed extraction system allows dust and chips to be extracted from the carpentry and also reduces respiratory diseases in workers. Finally, the project is viable and profitable, with an NPV of S/. 3,893.78, an IRR of 21.59% and 6.06 years to recover the initial investment.

**Keywords:** *Extractor, flow, mechanical design.*

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
INTRODUCCIÓN .....	13
Capítulo I : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	14
1.1. Realidad problemática.....	14
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Delimitación de la investigación .....	15
1.4. Justificación e importancia .....	15
1.5. Limitaciones .....	15
1.6. Objetivos .....	16
1.6.1. Objetivo General.....	16
1.6.2. Objetivos Específicos .....	16
Capítulo II : MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Antecedentes de estudio.....	17
2.2. Base Teórica .....	20
2.2.1. Características del taller de carpintería Neyra.....	20
2.2.2. Maderas empleadas en el sector de la carpintería .....	21
2.2.3. Peligros para la salud .....	33
2.2.4. Reglamentación.....	35

2.2.5.	Efectos del polvo de madera sobre la máquina .....	36
2.2.6.	Sistema de extracción .....	38
2.2.7.	Tipo de máquinas para la extracción de viruta y polvo de madera ...	38
2.2.8.	Tipos de sistemas de extracción.....	39
	Captadores de polvo.....	47
2.2.9.	Ventiladores.....	54
2.2.10.	Potencia del ventilador .....	61
2.2.11.	Motor Eléctrico .....	61
2.2.12.	Cojinetes .....	63
2.2.13.	Componentes eléctricos del tablero de control.....	67
2.3.	Definición conceptual de la terminología empleada .....	70
Capítulo III : MARCO METODOLÓGICO .....		71
3.1.	Tipo y diseño de investigación .....	71
3.2.	Población y muestra.....	71
3.3.	Hipótesis .....	71
3.4.	Variables – Operacionalización.....	72
3.5.	Métodos y técnicas de investigación .....	74
3.5.1.	Métodos de investigación .....	74
3.5.2.	Técnicas de investigación.....	74
3.6.	Descripción de los instrumentos utilizados.....	75
3.7.	Análisis estadístico e interpretación de los datos .....	75
Capítulo IV : PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.....		77
4.1.	Descripción del sistema propuesto.....	77
Capítulo V : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS .....		79
5.1.	Resultados .....	79
5.1.1.	Detallar los sistemas de extracción .....	79

5.1.2.	Determinar la cantidad de viruta y polvo a extraer.....	85
5.1.3.	Establecer las características constructivas del extractor .....	91
5.1.4.	Cálculo para la selección del motor del sistema de extracción .....	121
5.1.5.	Calcular y dimensionar los componentes del extractor .....	122
5.1.6.	Selección de accesorios eléctricos .....	132
5.1.7.	Presupuesto del sistema de extracción .....	134
5.1.8.	Análisis de rentabilidad .....	136
5.2.	Discusión de resultados .....	140
Capítulo VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		142
6.1.	Conclusiones.....	142
6.2.	Recomendaciones.....	144
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		145
ANEXOS .....		150

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de los filtros de tela y sus características .....	50
Tabla 2 Características de los motores comerciales de inducción jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación NEMA. (A, B, C, D) .....	63
Tabla 3 Comparación de los tipos de rodamientos .....	65
Tabla 4 Vida útil recomendada para rodamientos .....	66
Tabla 5 Operacionalización de variables.....	73
Tabla 6 Máquinas empleadas en el taller de carpintería Neyra.....	77
Tabla 7 Cantidad de material residual extraído en el tiempo .....	78
Tabla 8 Resumen de flujos de trabajo para la carpintería Neyra.....	89
Tabla 9 Peso del material por unidad de volumen .....	91
Tabla 10 Factores C de pérdida dinámica para accesorios en ductos .....	95
Tabla 11 Coeficientes para selección del tipo de ventilador.....	97
Tabla 12 Valores de "r" para la voluta .....	107
Tabla 13 Eficiencias de remoción para las diferentes familias de ciclones .....	125
Tabla 14 Parámetros característicos para ciclones convencionales .....	125
Tabla 15 Parámetros para el diseño de ciclones con velocidad de entrada tangencial.....	125
Tabla 16 Cálculo de las eficiencias para cada partícula.....	131
Tabla 17 Costo del equipamiento para el sistema de extracción .....	135
Tabla 18 Costo para ensamblaje, instalación y pruebas del sistema propuesto	136

Tabla 19 Presupuesto total para el sistema de extracción de polvo y viruta .....	136
Tabla 20 Análisis de indicadores de rentabilidad para el sistema de extracción de polvo y viruta .....	138
Tabla 21 Indicadores de rentabilidad para el sistema de extracción de polvo y viruta .....	139

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Maderas Industriales .....	29
Figura 2 Aserrín acumulado en la cepilladora de 2 caras .....	31
Figura 3 Acumulación de viruta y aserrín en la máquina cepilladora .....	37
Figura 4 Sistema de extracción portátil .....	39
Figura 5 Ventilación por difusión .....	41
Figura 6 Ventilación localizada.....	44
Figura 7 Campana extractora.....	44
Figura 8 Tipos de campanas extractoras .....	45
Figura 9 Cálculo de caudal para los diferentes tipos de campanas .....	46
Figura 10 Esquema del principio de funcionamiento del precipitador .....	48
Figura 11 Distribución de un precipitador electroestático.....	49
Figura 12 Separador Ciclónico .....	53
Figura 13 Tipos de separadores ciclónicos .....	54
Figura 14 Tipos de ventiladores axiales .....	56
Figura 15 Ventilador centrífugo .....	57
Figura 16 Tipos de ventiladores centrífugos .....	60
Figura 17 Despiece de Motor de corriente alterna (AC) y sus partes.....	62
Figura 18 Caja de chumacera con cojinete de bolas.....	64
Figura 19 Extracción portátil.....	79
Figura 20 Extracción por grupos .....	80

Figura 21 Extracción central de carga total .....	80
Figura 22 Extracción central de carga parcial .....	81
Figura 23 Extracción general.....	82
Figura 24 Extracción localizada.....	82
Figura 25 Croquis del sistema de extracción central de carga parcial para la carpintería .....	84
Figura 26 Transporte de materiales con aire.....	92
Figura 27 Pérdidas por fricción en ductos .....	93
Figura 28 Distribución de sistema de extracción para carpintería .....	94
Figura 29 Modelado de voluta para ventilador centrífugo y sus vistas respectivas .....	109
Figura 30 Vista isométrica del modelado de voluta para ventilador centrífugo ..	110
Figura 31 Modelado de la tapa lateral para ventilador centrífugo con sus vistas respectivas .....	111
Figura 32 Vista isométrica del modelado de la tapa lateral para ventilador centrífugo .....	112
Figura 33 Modelado del rotor con sus álabes para el ventilador centrífugo y sus vistas respectivas .....	113
Figura 34 Vista isométrica del modelado de la tapa lateral para ventilador centrífugo .....	114
Figura 35 Ensamblaje del sistema de extracción de polo y viruta y sus vistas respectivas .....	115

Figura 36 Vista isométrica del ensamblaje del sistema de extracción de polvo y viruta .....	116
Figura 37 Vista en planta del sistema de extracción de polvo y viruta .....	118
Figura 38 Vistas de sistema de extracción de polvo y viruta .....	119
Figura 39 Corte transversal del sistema de extracción.....	120
Figura 40 Interruptor termomagnético Marca Bticino .....	124
Figura 41 Medidas para un ciclón .....	124
Figura 42 Aparatos de mando y señalización - Gama modular (pulsadores, opacos) .....	133
Figura 43 Circuito de Fuerza y Control para el Arranque Directo del sistema de extracción.....	134

## INTRODUCCIÓN

Es sumamente importante contar con un espacio correcto para trabajar y brindar salud a los trabajadores, sobre todo en los ambientes que forman parte del taller de carpintería, y buscar reducir los costos en relación a mantenimientos brindados a las máquinas debido a la polución. Estas razones motivan a realizar el presente estudio denominado Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta de madera en el taller de carpintería “Neyra” ubicado en el distrito de José Leonardo Ortiz, provincia de Chiclayo, región Lambayeque.

La investigación en curso buscará analizar las diferentes soluciones para la extracción del polvo y viruta en el taller de carpintería, dando importancia en la operación y de las actuales tecnologías empleadas en dicho sector. De modo, que se seleccione adecuadamente la tecnología que permitirá llevar a cabo el proceso de trabajo en la carpintería en estudio.

De acuerdo al procedimiento, en primer lugar, se seleccionará el tipo de sistema para la extracción de viruta y polvo más adecuado para el trabajo, posteriormente, se llevará a cabo el diseño de cada una de las partes que constituyen el sistema de extracción, capacidad del sistema de extracción, velocidad con la que trabajará el motor, las poleas con sus ejes y chumaceras, tipos y cantidad de fajas, etc.

Con estos cálculos se realiza el metrado y presupuesto de los componentes en diseño.

Finalmente se presenta un anexo de planos, tablas de selección de diferentes catálogos, glosario de términos, lo que permite una mejor comprensión de lo que al sistema extractor de viruta y polvo se refiere en su parte física y constitutiva.

## **CAPÍTULO I : PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

Hoy por hoy, se puede encontrar carpinterías con instalaciones deficientes considerando que tienen largas longitudes de separación entre cada máquina o área de trabajo, lo que provoca una mala eficiencia al momento de realizar los trabajos, influyendo de forma directa en la operación adecuada del taller. Adicionalmente, el no emplear los equipos para protección personal, un almacenaje deficiente de los insumos y productos, son factores que generan inconvenientes al momento de llevar a cabo los trabajos requeridos (Gastelúm, 2020).

El manejo del polvo y viruta de madera ha sido un criterio relevante para el análisis de los indicadores en el manejo de producción, además de la seguridad en la industria de la madera, considerando que en el interior de un recinto de trabajo se debe contar con una calidad alta del aire circulante, ya que existen disposiciones donde se determina las mínimas cantidades permisibles de polvo presentes en el aire. La viruta y polvo generados en los trabajos de refinación de madera genera malestar en los operarios, provocando daños a la maquinaria y además de generar pérdida de dinero en los talleres o empresas de la madera.

### **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera se puede extraer las partículas de residuo de madera de un taller de carpintería, a fin de prevenir enfermedades al personal y aumentar su rendimiento en el trabajo?

### **1.3. Delimitación de la investigación**

Este estudio se centra en el diseño de un sistema eficiente para la extracción de polvo y viruta en el taller de carpintería Neyra, localizado en el distrito de José Leonardo Ortiz, en la ciudad de Chiclayo. La investigación abarca la evaluación de las necesidades particulares del taller, la selección de los equipos más adecuados y el diseño de un sistema que optimice la limpieza y seguridad del ambiente laboral, mejorando así las condiciones de trabajo y la productividad del taller. La delimitación temporal incluye un periodo de análisis y diseño durante el año 2023, mientras que la delimitación espacial se restringe a las instalaciones del taller de carpintería Neyra.

### **1.4. Justificación e importancia**

El diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta de madera es importante en los talleres de carpintería, brindando varios beneficios, logrando una evacuación completa del polvo y viruta, reduciendo los mantenimientos de las máquinas ya que no están expuestas a un ambiente contaminado y abrasivo. Además, se obtiene un beneficio directamente en los trabajadores, reduciendo los efectos negativos a su salud al no estar expuestos a las partículas que causan irritación al sistema respiratorio. Se genera un aumento en la productividad ya que no es necesario apagar las máquinas y extraer de forma manual el polvo y viruta, evitando la expulsión de partículas de polvo al medio ambiente.

### **1.5. Limitaciones**

Se enfoca en la reducción de partículas en el aire y residuos que resultan propias del proceso de la madera, en el cual no se contó con equipos para

medir la polución en el aire, equipos para realizar ensayos dependiendo de las velocidades, volúmenes producidos de viruta y polvo de madera en el interior del taller de carpintería.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Diseñar un extractor de polvo y viruta de madera para el taller de Carpintería Neyra del distrito de José Leonardo Ortiz - Chiclayo, el cual permita extraer el polvo y viruta de madera producidos en el proceso de manufactura.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Detallar los sistemas de extracción utilizados para extraer polvo y viruta.
- Definir la capacidad necesaria del sistema de extracción de polvo de madera y aserrín.
- Realizar el cálculo para la selección del motor del sistema de extracción de acuerdo con las necesidades del taller de carpintería.
- Definir los componentes del sistema de extracción de polvo de viruta y aserrín.
- Establecer las características constructivas del extractor de polvo y viruta.
- Determinar el presupuesto económico para la fabricación del extractor de polvo y viruta.

## CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de estudio

#### **Contexto Internacional**

**Guamanquispe Toasa (2012)** en su proyecto titulado “Diseño y construcción de un extractor de polvo y viruta para los talleres de los socios del Gremio de Artesanos profesionales de la madera y afines de Tungurahua 8 de julio del Cantón de Ambato”, planteó como objetivo diseñar y construir un extractor de polvo y viruta, con el fin de reducir las pérdidas económicas que se producen debido a accidentes y enfermedades de trabajo ocasionadas por las inseguras condiciones de operación, en por lo menos el 50% de los aserraderos y carpinterías de los artesanos profesionales de la madera y afines 8 de julio. Concluyendo que bajo una adecuada y correcta coordinación y participación considerando a la plana docente y alumnado en general, los resultados obtenidos pueden ser considerables, logrando cumplir con el objetivo planteado en beneficio de la asociación.

#### **Contexto Nacional**

**Márquez & Ulloa (2018)** en su proyecto titulado “Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta de madera para la carpintería de la Fundación Salesiana Paces” plantearon como objetivo diseñar un sistema de extracción de polvo y viruta de madera que sea adecuado para la carpintería en mención, considerando los parámetros y procesos que optimicen su operación y mantenimiento. Luego del análisis, se concluyó que la tecnología correcta para dicha carpintería es la localizada, empleando un ciclón como dispositivo que ayudará a separar las partículas, porque es un sistema que posee un

costo bajo relativamente, además de poseer un rendimiento en partículas de PM 2.5 del orden del 70%.

**Escobar (2016)** en su trabajo de investigación “Diseño de un sistema de extracción de virutas de madera para el departamento de carpintería en una fábrica de aplicaciones de pintura” planteó como objetivo diseñar un sistema óptimo, eficiente y confiable para la extracción de viruta de madera en la fábrica en mención. En primer lugar, se hizo un análisis de los conceptos importantes que se iban a considerar previamente a determinar propuestas que aumenten el rendimiento de la empresa, introduciendo los conceptos de extractor de aserrín en la industria, parámetros de riesgo a tener ambientes saturados de aserrín, poseer una regulación ambiental frente al polvo, ruidos e impacto al medio ambiente. Explicaron la manera de como diseñar el sistema de extracción adecuado y eficiente, proponiendo un diseño de sistema de extracción aplicado a la empresa y de sus requerimientos, con el objetivo de minimizar los problemas generados por la saturación en la actualidad del aserrín en el ambiente de trabajo. Al final, se hizo una evaluación de los costos de implementar dicho proyecto propuesto, si es viable y factible.

### **Contexto Local**

**Cajahuamán (2014)** en su trabajo de investigación “Diseño de un sistema de extracción de polvo para una cabina de granallado semiautomática en la empresa Prometal Roca Hermano E.I.R.L.” planteó como objetivo diseñar un sistema de extracción de polvo como un elemento primordial del sistema que está involucrado en el proceso de la preparación y limpieza superficial por

impacto, correspondiente al granallado. Al seguir con los parámetros para el diseño, selección y fabricación del sistema de extracción, donde se garantizó un desempeño notable de los operarios dentro del cuarto de granallado, debido a que el sistema de extracción y recolector de polvo será primordial en la visibilidad en el interior de dicho cuarto, ya que extraerá las partículas sólidas que son desprendidas durante el proceso, que al contaminar el ambiente también generan obstrucción del campo visual del operador. Con la implementación de dicho sistema de extracción, se logrará garantizar que la pieza luego de ser tratada en el interior del cuarto, notablemente serán reducidos los agentes contaminantes sólidos que se depositan en la superficie, ya que al extraer dichas partículas sólidas del ambiente se evita que estas sedimenten en la superficie ya tratada, las cuales pueden regresar a la superficie debido a que durante el proceso se emite un chorro o flujo de granalla a presión alta con considerables velocidades. Finalmente, ya con las especificaciones técnicas y las medidas, es posible realizar la fabricación de los elementos mecánicos del sistema que abarcaría más del 70% de todo el sistema.

**Chipana (2018)** en su tesis “Diseño del sistema de captación de polvo centralizada para control del impacto ambiental en la Sociedad Minera Corona” planteó como objetivo diseñar un sistema de captación de polvo centralizada con el fin de controlar el impacto ambiental en la sociedad mencionada. La propuesta nace debido a que en las chancadoras de la planta concentradora del mineral polimetálico se generan emisiones de polvo que tienen índices de Sílice que sobrepasan los límites permitidos que han sido establecidos en el D.S. N° 594, perjudicando directamente la salud de los

operadores y contaminando al medio ambiente. La finalidad de este estudio fue de prevenir y controlar el impacto ambiental, reduciendo las enfermedades laborales de los operadores que incluso pueden llegar a ser mortales, debido al polvo que se produce durante el proceso de chancado y al recuperar los valiosos minerales como el Plomo, Cobre y Zinc en la planta concentradora Chumpe. El diseño del sistema de captación contiene un equipo recolector de polvo centralizado, que comprende: campanas selladas para la extracción, ductos, recolector por vía seca para el polvo, ventilador centrífugo y una válvula rotatoria, con ello se logró reducir las concentraciones en el ambiente, de los polvos polimetálicos. Se logra justificar económicamente, porque se evitarán sanciones y multas a la sociedad minera en mención por no cumplir con los requisitos o estándares de operación.

## **2.2. Base Teórica**

### **2.2.1. Características del taller de carpintería Neyra**

El taller de carpintería Neyra se especializa en la realización de todo tipo de muebles para el hogar a pedido del cliente, entre los muebles figuran mesas, sillas, catres, roperos, puertas, ventanas, etcétera. Dicho taller cuenta con 3 colaboradores y 7 máquinas de desbaste.

Entre las maderas empleadas por el taller se tienen al pino, roble, cedro, caoba, álamo, tornillo, nogal, cerezo, entre otras; dependiendo del tipo de mueble, uso y aplicación.

Posee un local con 10 m de ancho por 18 m de largo y una altura de 3 m. el local se encuentra techado y no posee una ventilación adecuada.

Generalmente el horario de trabajo es de lunes a viernes abarcando desde

las 8 am hasta la 1 pm y luego el siguiente turno de 2:30 pm hasta las 6 pm y los días sábados donde el ingreso es a las 8:30 am y la salida es a la 1:30 pm.

### **2.2.2. Maderas empleadas en el sector de la carpintería**

De acuerdo con Santana (2022) las maderas se clasifican en 2 grupos:

- Maderas naturales
- Maderas industriales.

Se tienen 3 subgrupos respecto a las maderas del tipo natural: duras, tropicales y blandas; luego se tiene un grupo en el sector industrial con diferentes tipos que se producen como derivados de la madera natural, pero que poseen propiedades distintas (Santana, 2022).

#### **2.2.2.1. Maderas naturales o macizas**

Es obtenida de forma directa de troncos de árboles. Pudiendo ser empleadas para elaborar ventanas y puertas, mueblería, entre otros; ya que poseen una calidad superior y apariencia excelente. Un excelente beneficio de esta madera es que tiene una excelente apariencia, bonito aspecto, brillante y agradable. Aunque se requiere de un cuidado especial en relación a las demás maderas (Santana, 2022). Dependiendo de la dureza de la madera se tiene la clasificación siguiente: duras, blandas y tropicales.

#### **Maderas Blandas**

Poseen un crecimiento relativamente corto en relación a las maderas duras, siendo de hoja perenne, con un menor precio. Es corta su vida

útil. Lo que es una desventaja de esta madera es debido a su menor resistencia donde es más simple darle la forma deseada pero que genera daños produciendo un mayor astillado. El acabado de este tipo de madera es malo, por lo que es necesario barnizarla o pintarla de forma periódica (Santana, 2022).

Se tienen las siguientes maderas en este grupo:

### **Pino**

Posee un aspecto amarillento, brindando facilidad al momento de trabajarla y que es utilizada para la elaboración de múltiples elementos pudiendo ser mobiliario, revestimiento para embalaje, carpintería para armado, madera laminada, entre otros. (Santana, 2022)

### **Cedro**

Se dice que es un tipo de madera ligera. Con un aspecto rojizo y que posee una excelente resistencia, incluyendo la humedad. (Santana, 2022).

“En Perú se encuentra distribuido en 16 departamentos y en un rango altitudinal que varía entre 400 y los 300 msnm” (MINAM, 2014).

De acuerdo con SERFOR (2020), el cedro o conocido como Cedrela Odorata es un árbol que puede tener un diámetro de 0.5 y 1 m y con una altura de entre 20 a 30 m, pero en casos excepcionales, se encuentran ejemplares que alcanzan hasta 40 m de alto y hasta 2 m de diámetro.

### **Álamo**

Es un tipo de madera ligera, relativamente con una baja resistencia y de

tono claro. Se emplean principalmente en el triturado para fabricar maderas técnicas, chapas y para carpintería interior. (Maderas Santana, 2022)

### **Maderas Duras**

Proviene de árboles que poseen un lento crecimiento. Este tipo de árboles demoran en alcanzar la madurez adecuada para cortarse y ser usados para la fabricación de mueblería o para cualquier otro uso. Son maderas caras en relación a las blandas, debido a su escasez pero que tienen gran calidad. Se tienen algunos tipos de esta madera:

#### **Roble**

Según Márquez & Ulloa (2018), “Esta especie posee variedades que tienen diferencias significativas entre ellas, en relación a resistencia y tonalidad. Por lo general son maderas pesadas, duras y de tono claro” (p. 21). Su uso es muy variado y bastante frecuente, empleada hasta como una referencia por otros tipos de maderas. Se puede usar para elaborar parquet, mobiliario de calidad, tallas y hasta estructuras.

#### **Caoba**

Según el informe 175-2011 del MINAM, “La Caoba es un árbol con un diámetro que oscila entre 80 a 200cm y una altura entre los 20 a 35m, tiene una corteza agrietada, que es de color marrón claro a rojizo”.

Según INAB (2017), la distribución de la Caoba se encuentra desde la península de Yucatán, Sur de México, Honduras, Belice, Guatemala, Norte de Costa Rica y Nicaragua. Pero pueden encontrarse en

Colombia, parte de la Amazonia en Perú, Brasil, Bolivia, Venezuela y Pacífico de Panamá.

La distribución natural de la Caoba en el Perú comprende el rango de nueve departamentos, los cuales son: Loreto, San Martín, Amazonas, Junín, Huánuco, Ucayali, Puno, Madre de Dios y Cuzco (Trigoso et al., 2002).

Es considerada una de las mejores especies que se conocen alrededor del mundo, donde se ha tenido como patrón para compararla durante bastante tiempo para las demás especies en relación a la fabricación de mueblería. (Bernabé et al., 2016)

Este tipo de madera es bella realmente, con una duración alta natural, por ser fácil de trabajar y con una estabilidad alta dimensional correspondiente al tipo de maderas llamadas de utilidad en general y que son empleadas en: construcción liviana y moldes, pisos y cubiertas de embarcaciones, parquet doméstico, división de interiores, acabados, mueblería lujosa, gabinetes de primera, chapa decorativa, contrachapada, artículos para torneado, joyeros, instrumentación musical o parte de los mismos, instrumentación científica, lápices y palillos. (arkiplus, 2022)

También se emplea para ebanistería, artesanías finas, esculturas, puertas talladas, armería, paneles, pisos, juegos educativos, utensilios para el hogar y mueblería en general. (maderaime, 2022)

### **Cerezo**

Madera relativamente resistente y dura, posee un tono rojizo ligero.

Empleada generalmente en elementos para decoración y elaboración de mobiliario. (Santana, 2022).

### **Nogal**

Posee una resistencia promedio y es de color marrón relativamente intenso en relación del tipo de especie, es valorada por los artesanos y se emplea para la elaboración de mobiliario de interior de alta calidad. (Maderas Santana, 2022).

### **Tornillo**

Según la Oficina General de Tecnologías de la Información del Ministerio de Economía y Finanzas “el Tornillo Llega a alcanzar los 40 m de alto y hasta 1.20 m de diámetro; tiene un tronco cilíndrico recto; aletones medianamente o pocos desarrollados y gruesos” (Oshiro Chinen, 2016).

Se pueden encontrar en la región de Madre de Dios, Junín, Ucayali, Loreto, alrededor de los 0 a 500 m.s.n.m. Este tipo de especie existe en grandes cantidades en el norte de la Amazonía y en medianas cantidades en el Sur de la Amazonía Peruana. (Calle, 2014)

Al cortar el tronco, esta muestra capas externas de madera (albura) de tono rosado y las internas (duramen) de tono claro rojizo y de regular forma, mostrándose entre ambas capas un cambio gradual del contraste de tono. Al secarse a la intemperie, el duramen toma un color marrón rojizo y la albura un color rosado. (cinia, 2022)

Hoy por hoy se emplea para pisos, armaduras, estructuras, columnas, vigas, carpintería interior, artesanía y en la elaboración de ventanas,

puertas y carrocería. (Maderas Rebenezer, 2022)

#### **2.2.2.2. Maderas Industriales**

El crecimiento industrial en relación a la madera se ha logrado a partir de la fabricación de productos que tienen o superan la calidad en algunos aspectos. El aprovechar los residuos o inclusive el reciclaje o reutilización de la madera logra permitir una obtención de precios significativamente más bajos. De acuerdo con Márquez y Ulloa (2018), quienes indican que el desarrollar adhesivos o lograr la superposición de chapas o listones permite una elaboración de piezas en madera más resistentes y largas (p. 23). Se pueden mencionar entre las maderas industriales las siguientes:

##### **Contrachapadas**

Son tableros elaborados al unir varias chapas de madera natural considerando el sentido de la veta contrapuesto empleando varios adhesivos para dicho fin, logrando conseguir una resistencia mayor y estabilidad. Márquez y Ulloa (2018) mencionan que “es muy frecuente utilizar para las chapas exteriores, las visibles, una madera de calidad o con las características o apariencias que estamos buscando, y luego de una madera diferente para los interiores” (p. 24).

##### **Vigas Laminadas**

Es una viga que ha sido especialmente elaborada para la construcción. Es técnica, posee alta estabilidad y resistencia ya que se obtuvo al unir con colas de varias secciones tratadas de manera previa y secadas. (Márquez Quizhpi & Ulloa Montero, 2018).

Con este proceso se logran obtener maderas que logran pasar los 30 m de largo, lo que era imposible empleando vigas comunes. (Márquez & Ulloa, 2018).

### **Paneles contra laminados**

Para dichas maderas se usa el mismo método para las vigas laminadas, esto es, unir varias piezas de madera tratadas previamente y secadas, obteniéndose un producto con alta estabilidad y resistencia que el ofrecido por la madera de forma natural. Al mencionar este tipo de panel se puede afirmar que son de gran envergadura, no solamente a lo largo. Al emplearse en construcción, se pueden emplear en paredes, techos y pisos. (Márquez & Ulloa, 2018).

### **Maderas a partir de partículas**

Como el nombre lo indica, se emplean partículas de múltiples tamaños de madera para su elaboración, dependiendo del tablero o tipo de madera que se quiera fabricar, donde se emplea adhesivo y resina. Posee diversas prestaciones y características además de variedad de usos. Es por ello que es el tipo de madera industrial más empleada, demandada y consumida. (Márquez & Ulloa, 2018)

### **Aglomerados**

Este tipo de madera se obtiene o se fabrica a partir de partículas de madera de varios milímetros y por lo general se vende después de haber pegado capas de melamina donde prácticamente se obtiene el diseño deseado. Se emplean principalmente para la elaboración de mueblería interior. La desventaja es que tienen baja resistencia a la humedad y la

deformación generada por la misma. (Márquez & Ulloa, 2018).

### **MDF**

Se traduce como “medium density fiberboard” (tablero de partículas de madera). Se le llama MDF a todos los tableros hechos de fibras, incluyendo a los de baja o alta densidad. Principalmente se emplea en la elaboración de mobiliario, pero también se puede encontrar en soporte de suelos laminados, revestimientos, entre otros. (Márquez & Ulloa, 2018).

### **OBS**

También llamado tablero de fibra orientada. Es una madera intermedia entre los contrachapados y tableros de partículas. Se obtiene al unir múltiples capas de virutas en sentido contrapuesto de varios tamaños en cm. El producto es altamente resistente, parecido al contrachapado, pero con un inferior precio. Hoy por hoy se emplea como elemento estructural o revestimiento, aunque se puede encontrar en la elaboración de cajas, mobiliario, entre otros. (Márquez & Ulloa, 2018).

Actualmente las maderas más utilizadas en el taller de carpintería Neyra son:

Madera natural: Cedro, Laurel, caoba.

Maderas industriales: MDF, triplay.

**Figura 1**

*Maderas Industriales*



*Fuente: (Márquez & Ulloa, 2018)*

### **2.2.2.3. Residuos de la madera**

Todo proceso donde se transforme o trabaje la madera producirá residuos originados por el mismo cortado, lijado, cepillado, fresado, etcétera, donde es sometida por sus varias aplicaciones, donde depende de la herramienta y la manera como se logre trabajar a la madera, pudiendo ser reutilizados en maneras diferentes. Debido a su origen y tamaño, se pueden clasificar de la manera siguiente:

#### **Polvo de madera**

Residuo de forma pulverizada, realmente fino parecido a la harina, teniendo una granulometría realmente pequeña. Según Escobar (2016); “El polvo de madera generalmente es entre 10  $\mu\text{m}$  y 30  $\mu\text{m}$ ; pero, durante los procesos como el lijado se pueden emitir partículas extrafinas que llegan hasta tamaños inferiores de 7  $\mu\text{m}$ ” (p. 5).

En los talleres de carpintería generalmente el polvo se convierte en

desperdicio y causa polución, posee alta volatilidad y es muy inflamable. Se dice que el polvo proveniente de la madera es muy complejo de almacenar y disponer, donde es relevante e importante capturarlo completamente; el estar expuesto a dicho residuo provoca una afectación realmente nociva a la salud de los trabajadores y provoca daños a los sistemas eléctricos y mecanismos de las herramientas y máquinas. (Uniforma, 2022)

Se clarificará de acuerdo a ciertos aspectos botánicos, generalmente originándose de las maderas blandas o duras. Poseen una densidad mayor aquellos residuos originados de las maderas duras como caoba, teca, entre otros; debido a ello tiende a flotar menos tiempo en el aire en relación a las maderas blandas como cedro, pino, abeto, etcétera; adicionalmente, las que poseen un contenido mayor de plaguicidas son las maderas duras. De acuerdo con la administración de salud y seguridad ocupacional (OSHA) "Se ha comprobado que el polvo de madera presenta un peligro para la salud, por lo mismo existen actualmente normas sobre su control en el contexto de la organización". (Uniforma, 2022; Escobar, 2016).

### **Polvo de tableros**

Al igual que el resto de los polvos provienen de la madera, los de los tableros son los principalmente peligrosos, deben ser debidamente controlados y dispuestos con sistemas de extracción especializados. Según Escobar (2016), "Durante el mecanizado de los tableros de MDF, además de los desperdicios de grano fino (menores a 20mm) se

desprenden ciertos compuestos químicos tales como formaldehído, utilizado en los aglomerantes” (p. 4). En ese sentido es de vital importancia la extracción del polvo de madera. (Escobar, 2016)

### **Aserrín**

Este tipo de partícula se obtiene del aserrado de la madera y pueden tener un tamaño de entre 0.5 y 5 mm; pudiendo ser húmedas o secas, de acuerdo al material y la humedad relativa que posea el ambiente. Cuando el aserrín es húmedo, posee más peso y es más compleja su extracción ya que se apelmaza y origina costras en los conductos de extracción o transporte causando obstrucciones, en diferencia a los residuos secos. Es un residuo realmente útil, empleado como sustrato para hidroponía, en la fabricación de tableros y de pellets para alimentar calderas de biomasa. (Escobar, 2016)

**Figura 2**

*Aserrín acumulado en la cepilladora de 2 caras*



Fuente: Elaboración propia. Tomada de la carpintería.

## **Virutas**

Este residuo es más grande que el aserrín y posee forma de hojuelas de madera, se origina del proceso de cepillado, su tamaño varía entre 5 y 30 mm, es un producto macizo, los tableros no originan este tipo de desperdicio. Generalmente este tipo de desperdicio es seco, pudiendo estar contaminado con los líquidos empleados en el taller, como pinturas, solventes, pegamentos, barniz, provocando que sea más pesada y aumentando su inflamabilidad. Inclusive, puede ser mezclada con trozos de diferentes elementos y hasta de clavos; recortes de cantos de ABS o PVC (Escobar, 2016). Si este residuo es limpio puede ser utilizado para elaborar lechos o camas de animales para granja y además como agente combustible para calderas pequeñas. (Forestal, 2021)

## **Astillas**

Se dice de aquellos o pedazos de madera o tableros, fragmentados e irregulares que pueden servir como un combustible local, que tiene una forma sub rectangular y que pueden tener una medida considerada de 5 a 50 mm. (Escobar, 2016)

## **Despunte**

Aquellos recortes de gran tamaño que puedan quedar luego de trabajo de mecanizado, su tamaño puede ser mayor de 50 milímetros, pudiendo ser usados como leña. Son los recortes más grandes que quedan después del mecanizado, tienen tamaños mayores a los 50 mm, que utilizan como leña. El grupo National Timber product Stewardship de Australia, establece que la “energía producida por madera reciclada

emite 50 veces menos emisiones de gases de efecto invernadero que la combustión de carbón y 30 veces menos que el gas natural, cuando se usa en instalaciones industriales”. (Escobar, 2016)

### **2.2.3. Peligros para la salud**

La concentración del polvo respirable por muestreo en diferentes industrias de la madera, realizado por la NIOSH en EEUU, fue de 7,4 mg/m<sup>3</sup>. Mientras que un estudio realizado en el país vecino de Chile, esto en aserraderos de transformación primaria de la madera fue de 7 mg/m<sup>3</sup> en 6 horas (Guía para la prevención y el control de la contaminación, Rubro aserraderos y procesos de Madera, 2000).

El polvo de madera es la principal causante de varias enfermedades de tracto respiratorio, se han reportado enfermedades o problemas no malignas y síntomas asociadas debido a la exposición al polvo de madera (Lazovich et al., 2002; HSE, 1997; Mikkelsen et al., 2002).

Un estudio de caso control en EEUU del Instituto Nacional del Cáncer programa SEER mostró que la exposición ocupacional al formaldehído (pero no al polvo de madera) aumenta el riesgo de cáncer nasofaríngeo que, sumado a la exposición al polvo de madera dura y el consumo del tabaco, contribuyen al desarrollo del cáncer más rápidamente (Vaughan et al., 2000, Hildesheim et al., 2001).

Según Escobar (2016), “las sustancias químicas naturales de la madera que aparentan estar asociadas con las alergias, se muestran en el interior del árbol o sea el corazón de la madera” (p. 46)

La exposición al polvo de madera es un factor de riesgo potencial para el

cáncer de pulmón (Bárcenas et al., 2005).

De acuerdo con Arbelaez & Meneses (2008), el cáncer nasal es común en trabajadores de carpinterías, debido al aserrín expulsado por las máquinas empleadas. Esto es causa a que no poseen un sistema de extracción adecuado para desechar dicho aserrín, por lo que el operador debe usar una mascarilla.

El origen o causas de este tipo de cáncer nasal no es conocido aún, pero de acuerdo con investigaciones recientes de los EE.UU. y Reino Unido, manifiestan que el porcentaje de riesgo de contraer cáncer nasal entre los operarios de carpintería ha tenido un aumento (Escobar, 2016, p 46).

Los efectos mencionados anteriormente se pueden reducir significativamente al emplear un sistema adecuado de extracción de polvo y virutas de madera. Las máquinas o herramientas deben ser equipadas con un dicho sistema. Si el sistema no es adecuado y no permite eliminar la viruta y el polvo, el trabajador deberá usar una mascarilla para su protección. La Agencia Internacional para la investigación sobre el Cáncer (IARC), indica que hay evidencia de la existencia de carcinogenicidad del polvo de madera en los humanos y de igual modo es cancerígeno. (Escobar, 2016)

Otras investigaciones indican que el polvo de madera puede ser irritante de las membranas mucosas de los ojos, nariz y garganta. Según Escobar (2016) “algunas maderas tóxicas son más activamente patógenas y pueden producir reacciones alérgicas y ocasionalmente trastornos pulmonares e intoxicaciones sistemáticas” (p. 9). (Escobar, 2016)

El mayor uso de maquinaria fresadora, lijadora y tupi, produce más aserrín, polvo y hace necesaria un sistema de extracción para un mayor control del polvo y viruta. La mayoría del polvo producido en los talleres de carpintería se elimina con la limpieza manual. (Escobar, 2016)

#### **2.2.4. Reglamentación**

En un estudio de Adenocarcinoma de fosas nasales y senos paranasales en trabajadores expuestos a polvo de madera, recoge que “el polvo de madera proveniente tanto de especies de madera duras como blandas, así como al derivado de los contrachapados, es agente causal de enfermedad cancerosa del tracto respiratorio superior”. (Guisasola et al., 2014)

Aproximadamente en 1985, el polvo de madera estaba regulado por la OSHAS, bajo la Norma de Polvos irritantes. Dicho trabajo logró demostrar que el polvo causado por la madera no solo viene a ser polvo. Dichos polvos de las múltiples maderas poseen varios efectos en los operarios. Las que son blandas y duras poseen diferentes niveles respecto al límite permisible sobre la exposición al polvo en el ambiente. (Escobar, 2016)

Según Escobar, (2016) “las maderas duras, tales como el Haya y el Roble están listadas con peligros a la salud, más graves que los de las maderas blandas. El cedro rojo occidental (Western red cedar), está en una categoría aparte por ser una especie de madera alérgica” (p. 10).

La OSHA recomienda un límite de exposición al polvo en el aire originado por la madera para realizar el trabajo con las maderas blandas, siendo de un máximo umbral respirable de  $5 \text{ mg/m}^3$ , esto es, en una jornada completa de trabajo, el operario no debe pasar de dicho límite. En relación con los

polvos de madera duras el nivel máximo de exposición para respirar es de  $1 \text{ mg/m}^3$ , y pueden ser: Haya, Caoba, Abedul, Nuez, Ceniza, Olmo y Roble; para el caso de los desperdicios del cedro rojo del occidente es de alrededor de  $0.5 \text{ mg/m}^3$ , donde se basó su efecto en alergias originarias del cáncer nasal y asma. (Escobar, 2016)

Actualmente, se emplean prácticas de nivel seguro en el trabajo que lograrían reducir los dañinos efectos del polvo provocado por madera, además de disminuir los niveles de dicho polvo, pudiendo ser: buen aseo, limpieza y orden, no emplear aire comprimido al limpiar las superficies de trabajo, debe emplear aspiradora o barra para limpiar el polvo, de ser posible, se debe usar un sistema con capacidad de extracción local para extraer y eliminar el polvo en las herramientas, equipos y máquinas que trabajan con madera, usar métodos de humedecimiento en trabajos donde se necesite reducir la producción de viruta y polvo. (Escobar, 2016)

#### **2.2.5. Efectos del polvo de madera sobre la máquina**

El adquirir modernas maquinarias incluye además el implementar ambientes e instalaciones correctas que permitan proteger la inversión de los empresarios. Es relevante el cuidado de la tecnología además del talento del trabajador y de no ser expuestos a sufrir algún riesgo industrial; la opción de poder obtener un ahorro en relación a la seguridad de las maquinarias afecta la economía de las industrias. Las fábricas de máquinas y herramientas para trabajar madera, recomiendan de forma insistente y concienzuda a las empresas el emplear sistemas de extracción con el fin de hacer un buen manejo de los residuos obtenidos al mecanizar la madera

pudiendo adherirse a los mecanismos de engranajes y rodamientos, provocando un innecesario desgaste, por ende, evitar un gasto elevado en reparación y mantenimiento de la maquina o equipos. (Escobar, 2016)

La acumulación de aserrín y polvo de madera (figura 03) en los talleres y aserraderos disminuyen la vida útil de las máquinas además de ser un peligro para los colaboradores del taller. (Medina et al., 2013)

Por otro lado, se puede obtener una acumulación de desperdicios de madera en un incendio. Una característica de la madera es que posee una alta inflamabilidad y al ser reducida a pedazos pequeños, se tiene un riesgo mayor debido al calentamiento normal previsto en la maquinaria al estar en funcionamiento. Para una operación adecuada y correcta de la máquina esta debe ser implementada de un sistema de extracción para polvo y viruta correctamente diseñado e instalado, inclusive en varios casos es considerado un requisito primordial para poder acceder a la garantía. (Escobar, 2016)

**Figura 3**

*Acumulación de viruta y aserrín en la máquina cepilladora*



Fuente: Elaboración propia. Tomada de la carpintería.

### **2.2.6. Sistema de extracción**

Estos sistemas realmente son simples y sencillos, constan de un motor eléctrico, el cual provoca el giro del equipo aspirador o extractor centrífugo, con el fin de aspirar el polvo y viruta por medio de una o múltiples mangueras adaptadas al mismo (Escobar, 2016).

Dicho extractor logra transportar desde las partículas más reducidas y las aspira por la manguera en dirección al ciclón o filtro para ser almacenadas en un colector, también denominado silo. La fuerza generada es realmente grande que provoca que la viruta, polvo y trozos pequeños de la madera sean llevados al ciclón. La capacidad de extracción del sistema, el tamaño de las boquillas para acople y de igual manera la cantidad de mangueras y de colectores, está relacionada por la cantidad de máquinas y residuos a extraer, operando como un ducto, ya que cada manguera de cada máquina llega a una matriz que está conectada al extractor y al ciclón que permitirá separar el desperdicio del aire para lograr almacenarlo en un colector o depósito. Todos los ramales llegan al conducto principal, con el objetivo que el aire pueda circular e impulsar los desechos hacia un módulo de ciclón, cuya función es separar el aire de las virutas; la fuerza centrífuga genera un efecto ciclónico y el aire se conduce hacia arriba, mientras que el aserrín y las virutas caen a los contenedores (Escobar, 2016).

### **2.2.7. Tipo de máquinas para la extracción de viruta y polvo de madera**

Un sistema de extracción de polvo y viruta hoy en día debería formar parte desde los talleres más pequeños, hasta las grandes plantas de maquinado de madera las cuales emiten grandes cantidades de aserrín, virutas y polvo

que no permiten un flujo normal del proceso de trabajo y un buen funcionamiento de las máquinas. Especialmente se advierte contra el polvo de maderas tropicales por causar reacciones alérgicas a la piel y a las vías respiratorias. Por el peligro para la salud que produce el polvo de madera es necesario limitar su emisión con normas respectivas, con el fin de proteger a las personas expuestas a respirar aire contaminado con polvo de madera (Márquez & Ulloa, 2018)

Para la disminución de estos problemas ocasionados, se diseña un sistema de extracción de polvo y viruta de madera bajo parámetros establecidos para cada caso. este proceso consiste en producir corriente de aire que elimina contaminantes de la atmósfera (Márquez & Ulloa, 2018)

## **2.2.8. Tipos de sistemas de extracción**

### **2.2.8.1. Sistemas de extracción portátiles**

La extracción se logra al usar un equipo portátil o móvil que puede ser llevado o transportado al lugar donde se ubica la máquina que es foco contaminante (Marques & Ulloa, 2018). Se usan por lo general en pequeños talleres.

**Figura 4**

*Sistema de extracción portátil*



*Fuente: (Piedra, 2018).*

#### **2.2.8.2. Sistema de extracción por grupos**

Según Marqués y Ulloa, (2018), “este sistema aspira a varias máquinas que forman una unidad, puede ser esta local por su ubicación o según su Interdependencia en su funcionamiento” (p. 27).

Este tipo de sistema es altamente eficiente cuando se emplea en medianos talleres de carpintería.

#### **2.2.8.3. Sistema de extracción central de carga total**

Un solo extractor aspira para todas las máquinas existentes. Este sistema es el más económico respecto a su instalación, pero tiene un consumo excesivo de energía eléctrica en el caso que solamente funcionen algunas de las máquinas. Es por lo que este sistema de extracción es recomendado para empresas grandes con alta probabilidad de ocupación simultánea de todas las máquinas.

#### **2.2.8.4. Sistema de extracción central de carga parcial**

La diferencia con el sistema antes mencionado es a considerar el factor, de simultaneidad de la ocupación de las máquinas en el dimensionamiento del extractor. La capacidad del ventilador permite aspirar solamente una determinada parte de las máquinas. Al funcionar todas las maquinarias al mismo tiempo el volumen de aire ya no alcanza para abastecer debidamente a las máquinas conectadas.

El paso de aire de la aspiración de las máquinas no utilizadas debe ser cerrado para no bajar velocidad de flujo de aire dentro de ductos que están aspirando o transportando virutas de madera.

Las compuertas de cierre del paso de aire pueden ser accionados manualmente o mecánicamente por ejemplo mediante un pistón neumático para aumentar el caudal.

#### 2.2.8.5. Sistemas de Extracción General

Son empleados para controlar el ambiente y dar confort térmico, también pudiendo usarse para eliminar los agentes contaminantes presentes en el aire (Márquez & Ulloa, 2018)

Se clasifican de acuerdo al tipo de ventilación, detallado seguidamente:

- **Ventilación para confort térmico**

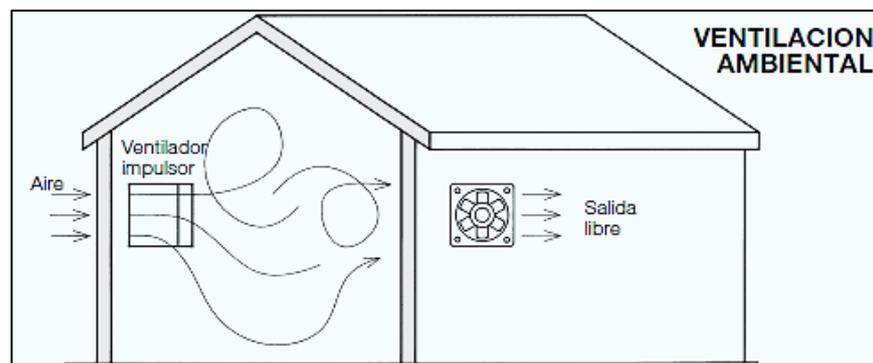
Usado para controlar las condiciones del ambiente en función del ambiente industrial muy caliente y con el objetivo de reducir molestias o daños. (Márquez & Ulloa, 2018).

- **Ventilación por difusión**

Sirve para separar el aire contaminado del aire limpio, con la finalidad de poder controlar los riesgos para la salud, explosiones e incendios, contaminantes molestos y los olores (Márquez & Ulloa, 2018).

**Figura 5**

*Ventilación por difusión*



*Fuente: (Salvador, 2013).*

### **2.2.8.6. Sistemas de extracción localizada**

Este sistema es capaz de captar el agente contaminante en el mismo lugar donde se origina antes de poder pasar al lugar de trabajo. Una ventaja importante de este sistema en relación a la ventilación general es que requiere de una menor capacidad de aire y que no permite esparcir el agente contaminante. Se deben cumplir dos básicos requerimientos como que el lugar debe estar lo más cerrado posible y que la velocidad de extracción del aire debe ser adecuada cercana al foco de producción, con el fin de asegurar una corriente estable en dirección a la campana (Márquez & Ulloa, 2018).

De acuerdo con Salvador (2013), los sistemas localizados de extracción se clasifican de la siguiente manera:

- Sistemas de bajo vacío: son usados especialmente para recolectar polvos livianos tales como el aserrín, con velocidades de 0.5 a 5 m/s.
- Sistema de alto vacío: especiales para recolectar partículas o polvos pesados como las virutas humedecidas con velocidades altas como 25 a 90 m/s.

Este tipo de sistema localizado de extracción se conforma por cuatro elementos principalmente, que son:

#### **1. La campana**

Es aquel elemento que cumple la función de captar los agentes contaminantes de una forma más eficiente.

## **2. El conducto**

Por donde pasará el fluido que se extrajo con las partículas del agente contaminante.

## **3. El depurador**

Tiene la responsabilidad de la separación de las partículas del aire.

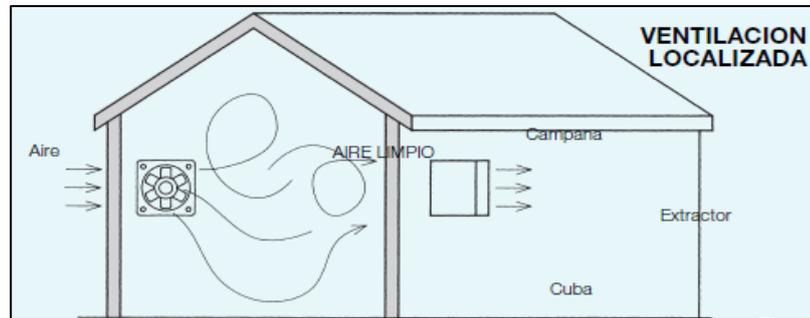
## **4. El ventilador**

Llamado también como extractor, encargado de provocar la aspiración y circulación. Es el dispositivo que tiene la capacidad de proporcionar la energía al sistema de extracción (Márquez & Ulloa, 2018).

La eficiencia de estos sistemas localizados de extracción tiene dependencia en la capacidad de poder provocar corrientes de aire lo suficientemente capaces de extraer en los puntos donde se tiene los agentes contaminantes, antes de que estos se logren esparcir en el lugar y generando un riesgo al ser aspirado por los trabajadores (Salvador, 2013).

Para lograrlo, se debe modificar el diseño, cambiando la geometría, la longitud o distancia, adaptador de la campana de extracción al foco productor, modificando y comprobando el flujo o caudal del sistema extractor y del aseo o estado de los conductos y de los filtros. Además de que se deben hacer mantenimientos periódicos (Márquez & Ulloa, 2018)

**Figura 6**  
*Ventilación localizada*



*Fuente: (Salvador, 2013).*

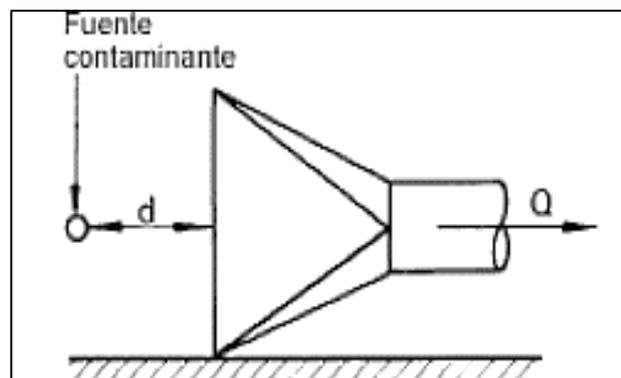
## **Componentes de un sistema de extracción localizada**

### **Campana de extracción de aire**

El punto de ingreso al sistema extractor es la campana, donde su función es crear el caudal de aire que capte de manera eficiente los agentes contaminantes y los transporte hacia la campana. (Márquez Quizhpi & Ulloa Montero, 2018)

Según Marques & Ulloa (2018), dicho término de “campana” se ha usado de manera amplia en diferentes sentidos, donde se incluye como cualquier agujero de aspiración independiente del tamaño y la forma, permitiendo que el aire entre al sistema de conducción (p.14).

**Figura 7**  
*Campana extractora*



*Fuente: (Salvador, 2013).*

Se dice que la campana es el elemento importante que tiene la capacidad de resolver dos problemas:

- Medidas, geometría y situación de la campana.
- Cálculo de la velocidad de aire necesario para captar y arrastrar además del caudal suficiente.

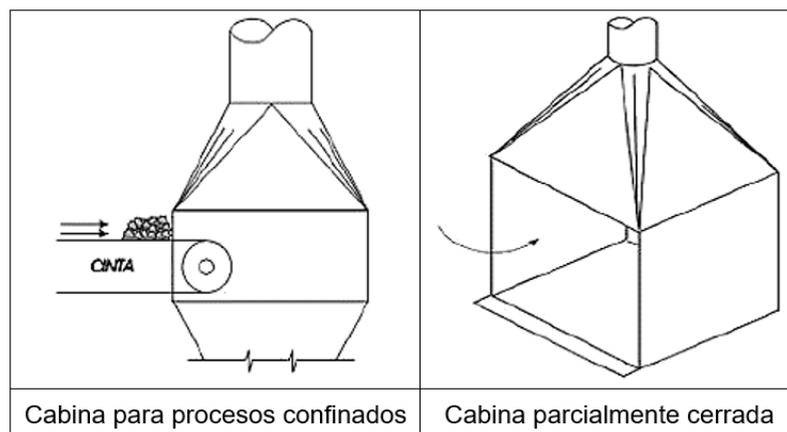
### Tipos de campanas:

Se clasifican en 2 tipos:

**Cabinas:** Aquellos elementos que tienen la capacidad de encerrar o capturar de forma parcial o total el foco contaminante. L (Goberna et al., 1992) a corriente de aire penetra a través de la cabina por una abertura o agujero que permitirá retener el agente contaminante adentro de esta, logrando impedir que llegue al recinto de trabajo (Márquez & Ulloa, 2018)

**Figura 8**

*Tipos de campanas extractoras*



*Fuente:* (Salvador, 2013).

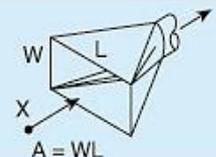
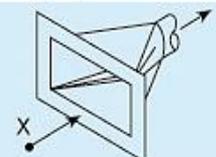
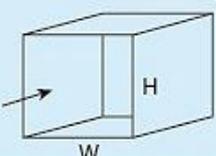
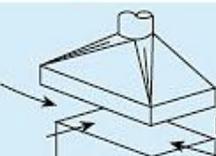
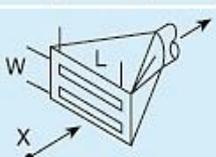
**Campanas exteriores:** Aquellas que se sitúan de forma adyacente en relación al foco contaminante, pero sin la capacidad de capturarlos.

Al tener un agente contaminante el cual puede ser un polvo fino, vapor

o gas y no posee una velocidad adecuada, la campana tendrá una orientación no crítica. Si dicho contaminante posee partículas de considerable tamaño que son arrojadas con una considerable velocidad, dicha campana debe ser instalada en dirección de donde se emite (Márquez & Ulloa, 2018, p. 15).

**Figura 9**

*Cálculo de caudal para los diferentes tipos de campanas*

Tipo de campana	Descripción	Caudal
	Campana simple	$Q = V(10x2+A)$
	Campana simple con pestaña	$Q = 0,75V(10x2+A)$
	Cabina	$Q = VA = VWH$
	Campana elevada	$Q = 1,4 PVH$ P = perímetro H = altura sobre la operación
	Rendija múltiple. 2 ó más rendijas.	$Q = V(10x2+A)$

Fuente: (Salvador, 2013).

## Depuración de aire

La depuración de aire consiste en un sistema de tratamiento y purificación del flujo en el cual retienen o separan los contaminantes del flujo sobrante. Los depuradores de aire son equipos que eliminan los

contaminantes de una corriente de aire o gas. Existe una amplia gama de diseños, capaces de cumplir los más variados requisitos de depuración de aire. El grado de eficiencia necesario, la cantidad y característica de los contaminantes que deben ser eliminados de la corriente gaseosa y las condiciones de esta influyen en la selección del equipo para la aplicación concreta. (Goberna et al., 1992)

### **Captadores de polvo**

Son aquellos que se diseñan para trabajar con aire que posean una concentración de polvo aproximadamente de 200 a 4000 mg/m<sup>3</sup>. Dichos elementos tienen la capacidad de conducir las emisiones y controlar partiendo del punto de emisión hasta aquellos sistemas de dispersión y depuración. (Goberna et al., 1992)

Se tienen 4 tipos de captadores que son principalmente empleados siendo los de filtros de tela, electrostáticos, separadores centrífugos de vía seca y los depuradores húmedos.

### **Precipitadores electrostáticos**

Según Marques y Ulloa (2018), este tipo de mecanismo de captación funciona en que las partículas serán cargadas eléctricamente y luego se origina un campo eléctrico de voltaje alto que se mantiene constante entre 2 electrodos, uno de descarga y otro como colector, donde sus polaridades poseen signos diferentes (p.16). Este tipo de captador para polvo posee un requisito de energía menor de forma significativa en relación a los de otros.

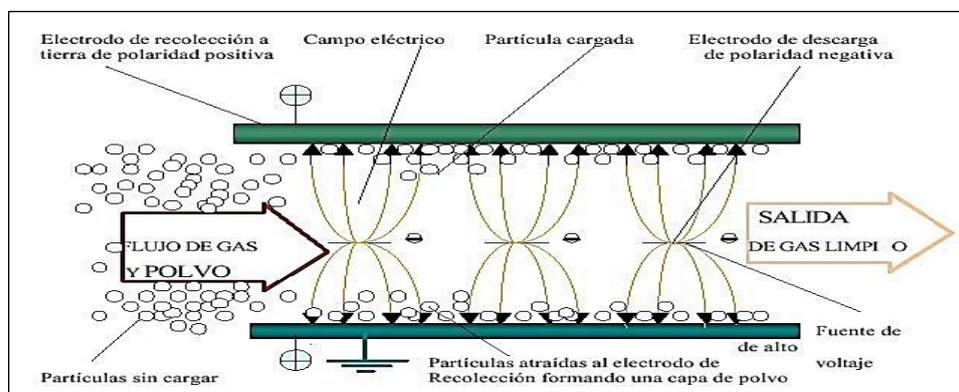
Para depurar el gas, este debe atravesar el campo eléctrico el cual es mantenido por los electrodos, a un voltaje crítico, donde las moléculas del gas son descompuestas en Boiler fabrication (2022) muchos iones negativos, positivos y esto ocurre en un electrodo, el de descarga. Aquellos iones que tienen la misma polaridad que el electrodo de descarga, se unen a las partículas neutras que posee el gas a paso por el precipitador.

El proceso según Goberna et al. (1992) consiste en:

1. Ionizar el gas.
2. Las partículas del polvo se cargan eléctricamente.
3. Transportar las partículas en dirección a la superficie del electrodo colector.
4. Neutralizar o perder la carga eléctrica que poseen las partículas del polvo.
5. Eliminar el polvo de la superficie colectora.

**Figura 10**

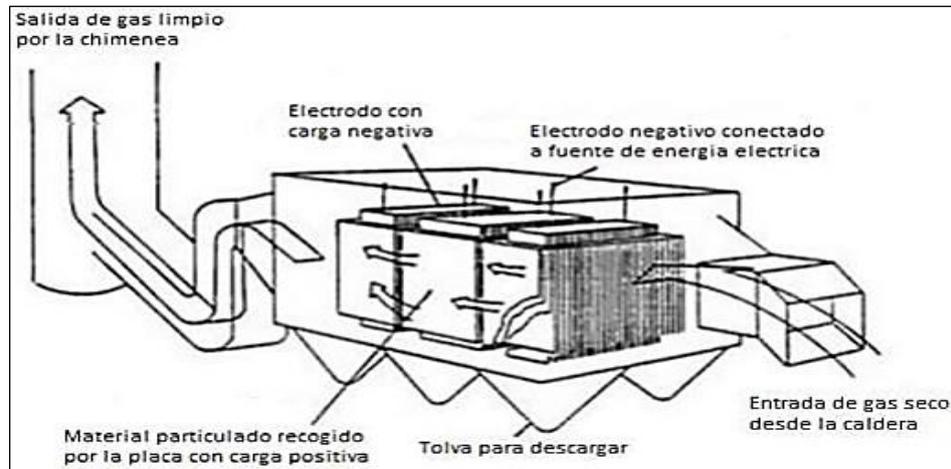
*Esquema del principio de funcionamiento del precipitador*



Fuente: (Oyarce Olavarria, 2014).

**Figura 11**

*Distribución de un precipitador electroestático*



*Fuente: (Oyarce Olavarria, 2014).*

### **Filtros de tela**

Dichos filtros sirven para eliminar las partículas mediante impacto, interceptación, difusión y atracción electrostática. El material empleado como tela por lo general está conformada de cualquier material de tipo fibroso, pudiendo ser artificial o natural, donde su elaboración es de masa con porosidad por donde circula una corriente de aire para filtrar donde las partículas de polvo se quedarán alojadas en la cara sucia de dicha tela y el aire fluido ya limpio pasa la masa filtrante. Las telas con filtrado deben poseer una permeabilidad de 7 a 12  $\text{m}^3 / (\text{m}^2 \times \text{min})$  (Goberna et al. 1992, p. 72).

En relación al peso, se dice que el filtro es más eficiente que un tejido debido a que la medida de los poros o áreas donde pasará el aire es mucho menor. Nunca se obtiene una capacidad de filtrado del 100%, sin embargo, aquellos filtros diseñados correctamente y con un buen mantenimiento pueden obtener una eficiencia realmente superior,

llegando a un 99%. (Goberna et al., 1992)

Al dimensionar los filtros, estos deben tener la capacidad de brindar un área de filtrado que logre un buen funcionamiento sin provocar una excesiva pérdida de carga. Dicho tamaño del área de filtrado depende de múltiples factores, los cuales son: las propiedades del polvo, capacidad filtrante del filtro, concentración de polvo en la corriente del fluido, humedad y temperatura del ambiente, mecanismo de limpieza, acabado de la superficie en la tela si es que hubiera, forma de la circulación del aire dentro del dispositivo. (Goberna et al., 1992)

Como se tienen múltiples variables y existen muchas variedades de filtros, el diseño de uno de ellos se centra generalmente en la experiencia, aunque también se emplea la influencia entre el caudal para filtrar y el área para filtrado (Ver Tabla 1) (Goberna et al., 1992).

**Tabla 1**

*Resumen de los filtros de tela y sus características*

Parámetro	Operación Discontinua (Concentraciones bajas y medias)	Operación Discontinua (Concentraciones altas)		Operación Continua (Cualquier concentración)	
	Requerimientos de limpieza de la tela	Intermitente	Continuo		
Tipo de limpieza	Vibrador	Vibrador	Aire inverso (baja presión)	Inverso pulsante (alta presión) aire comprimido o extractor	
Configuración del depurador	Un compartimiento	Múltiples compartimientos con válvulas en la entrada o la salida de cada uno		Un compartimiento	
Configuración del medio filtrante	Mangas o bolsas	Mangas o bolsas	Mangas	Mangas o bolsas	Plegado en cartucho
Tipo de tela	Tejido	Tejido		Fieltro	Fieltro (lamina de papel)
Caudal de aire	Muy variable	Ligeramente variable		Prácticamente constante	
Rango del caudal específico de filtrado (velocidad de filtración, m/s)	0.005 a 0.030	0.005 a 0.015	0.005 a 0.010	0.025 a 0.060	< 0.005 a 0.012

*Fuente: (Goberna et al., 1992, p. 77)*

### **Separadores centrífugos**

Son generalmente de vía seca y sirven para eliminar las partículas que tiene una corriente de aire ocasionada por la acción de fuerzas tipo centrífugas, inercia o por la misma gravedad. La eficiencia de captación tiene relación con los siguientes parámetros: forma, tamaño y masa de la partícula, velocidad de entrada, concentración de polvo, tamaño y diseño del separador (Márquez & Ulloa, 2018).

### **Cámara de Sedimentación**

Este tipo de cámara hace uso de la gravedad para poder extraer las partículas sólidas. El caudal del fluido entra a dicha cámara y aquí se reduce la velocidad del mismo. Los residuos o partículas de mayor tamaño caen del caudal del fluido hacia un colector o tolva (Márquez & Ulloa, 2018).

### **Aspiración por medio del sistema de ductos**

El sistema de ductos para extracción sirve como transporte para el polvo y viruta a extraerse. Para lograr dicho fin sin ningún inconveniente, el fluido deberá poseer una velocidad del caudal de por lo general, el doble de la velocidad de suspensión de lo que se requiere transportar.

Según Chipana (2018), aquellos ductos que se unen a las campanas se denominan ramales, los cuales deben alimentar a los ductos secundarios, es decir, un ducto principal es el que lleva el caudal total del aire del sistema hasta llevarlo al colector (p. 24).

Dependiendo de su utilización, se pueden emplear múltiples materiales para su elaboración como acero inoxidable, hierro galvanizado, aluminio y además de ductos con flexibilidad hechos con polímeros, para aplicaciones especiales.

### **Dimensionamiento del ducto**

En este paso se calcula el diámetro del ducto o del sistema de extracción del caudal del fluido contaminado o polvo:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi.V}} \quad (\text{EC. 01})$$

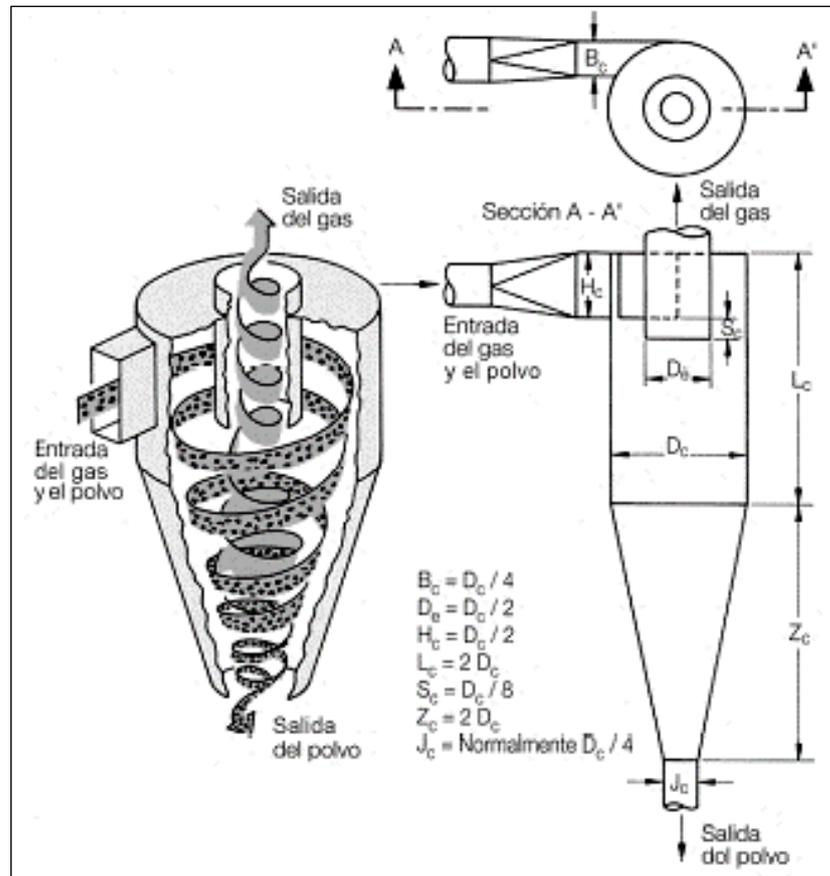
Donde:

Q: Caudal del fluido y V: Velocidad del fluido.

### **Ciclones**

Un ciclón opera cuando el gas entra desde la parte superior en forma tangencial, donde luego de ingresar adopta la forma de una espiral y se transporta de forma descendente hasta que llega a la parte cónica del ciclón, en ese mismo momento se lleva a cabo un proceso parecido donde este asciende hasta el centro del tubo formando una espiral con un diámetro más reducido botando el aire a una gran velocidad de manera tangente, donde por la parte inferior se reciben las partículas gracias a la reducción del tamaño del cono, las cuales se deslizan debido al efecto gravitatorio (Pilay & Gavidia, 2020).

**Figura 12**  
Separador Ciclónico



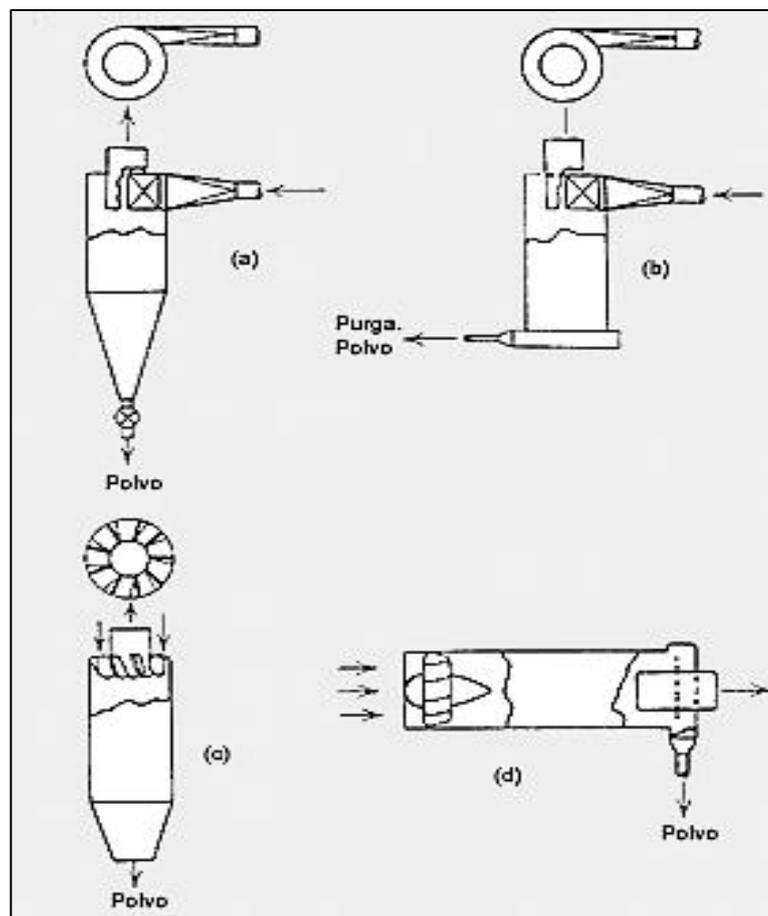
Fuente: (Soler Palau, 2022).

Al mismo tiempo, el fluido limpio del polvo y virutas sale hacia arriba. Se logra extraer entre 120 y 200 mg de polvo cada hora. Si se necesita un resultado más favorable, se debe emplear un filtro de tela. Se tiene una pérdida de presión originada por los ciclones, siendo de entre 50 a 130 daN/m<sup>2</sup>. Cuando el fluido ingresa en el interior del ciclón, la velocidad del mismo obtiene una redistribución de tal forma que la velocidad, especialmente de la componente tangencial, obtiene un aumento a medida que se reduce el diámetro. La velocidad en espiral puede lograr obtener un valor mucho más elevado a la velocidad media del fluido en la entrada (Márquez y Ulloa, 2018, p. 23).

Los ciclones separadores se pueden clasificar de la siguiente manera, verificándose cada tipo con la Figura 13: de descarga axial con entrada tangencial (a), con descarga periférica y entrada tangencial (b), con descarga axial y entrada axial (c), finalmente, de descarga periférica con entrada axial (d).

**Figura 13**

*Tipos de separadores ciclónicos*



*Nota: a) Entrada tangencial y descarga axial; b) Entrada Tangencial y descarga periférica; c) Entrada axial y descarga axial y d) Entrada axial y descarga periférica.*

*Tomada de (Boiler fabrication, 2022).*

### **2.2.9. Ventiladores**

Los ventiladores son las máquinas más usadas para producir el movimiento del aire en la industria. Su funcionamiento se basa en la entrega de energía

mecánica al aire a través de un rotor que gira a alta velocidad y que incrementa la energía cinética del fluido, que luego se transforma parcialmente en presión estática. Se divide en dos grandes grupos: los ventiladores axiales y los ventiladores centrífugos. (Márquez & Ulloa, 2018)

#### **2.2.9.1. Ventiladores Axiales**

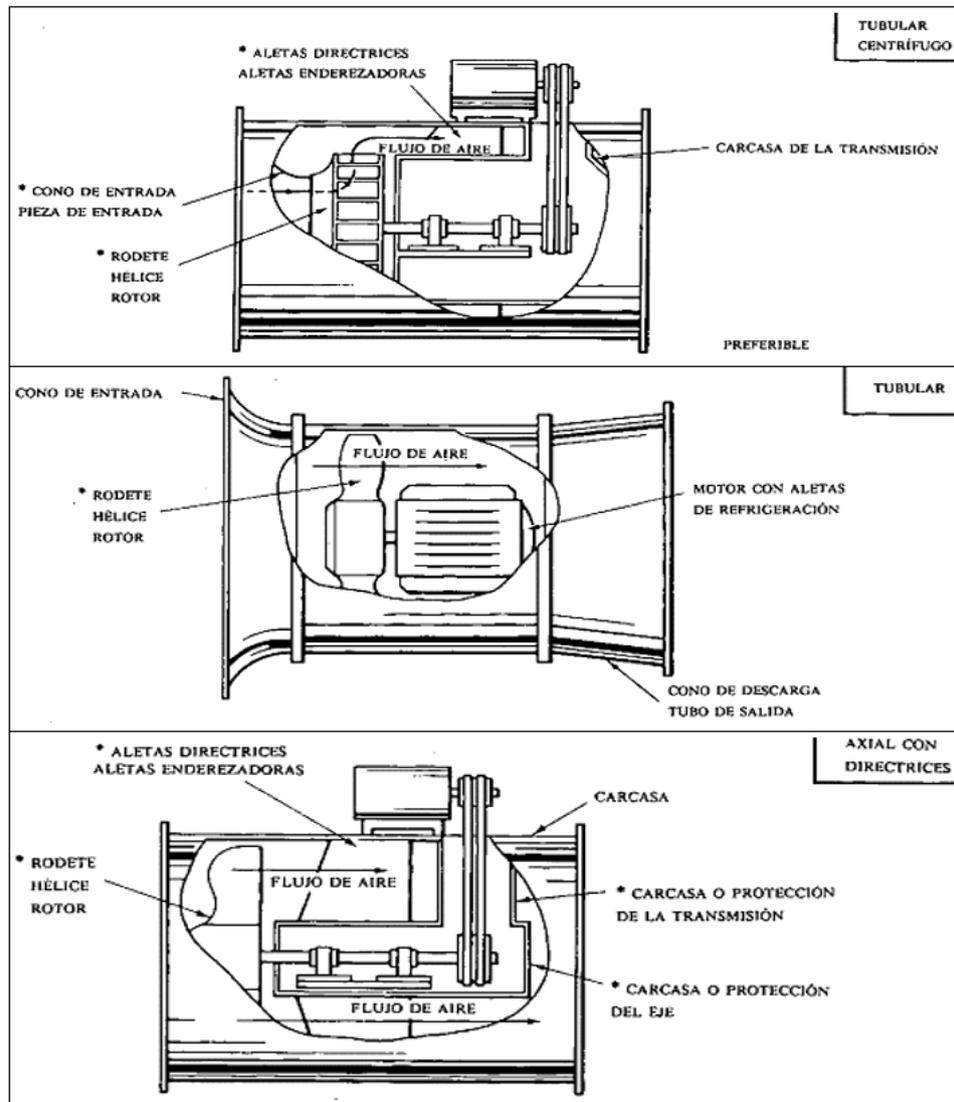
En los ventiladores axiales, el movimiento del flujo a través del rotor, con alabes o palas de distintas formas, se realiza conservando la dirección del eje de este (Salvador, 2013).

Se usan para mover grandes cantidades de aire en espacios abiertos; como la resistencia al flujo es muy baja, se requiere generar presión estática pequeña, del orden de los 5 a 25 milímetros de columna de agua (mmca) (Pretel , 2019).

Debido a esto, la principal aplicación de los ventiladores axiales se encuentra en el campo de la ventilación general y se los conoce con el nombre de extractores o inyectores de aire. Sin embargo, este tipo de ventiladores, cuando se los construye con alabes en forma de perfil de ala y de paso variable, llegan a generar alturas de presión estáticas del orden de los 300 milímetros de columna de agua (mmca) y se los usa en aplicaciones diversas. (Goberna et al., 1992)

Figura 14

Tipos de ventiladores axiales



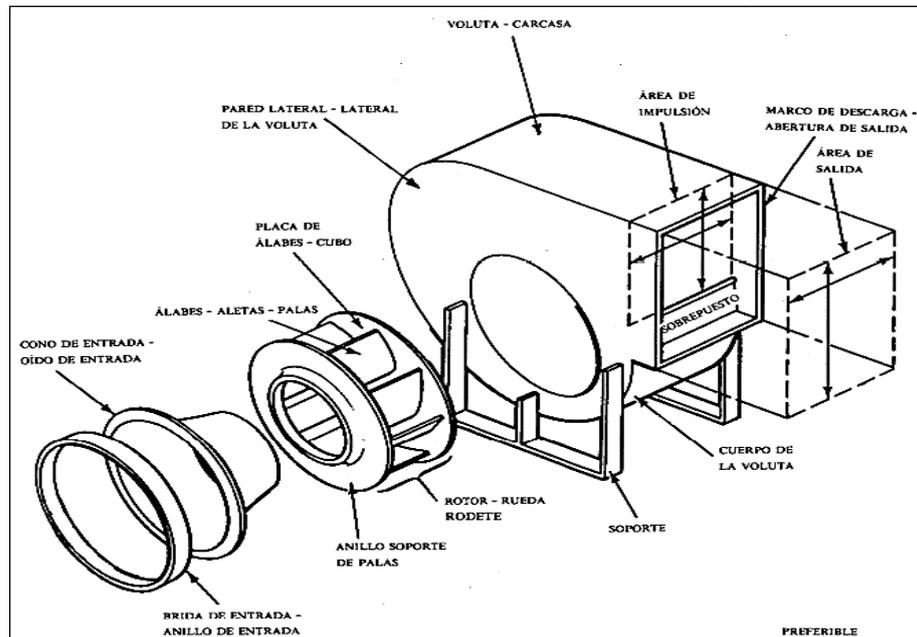
Fuente: (Goberna et al., 1992)

### 2.2.9.2. Ventiladores centrífugos

En estos ventiladores el aire ingresa en dirección paralela al eje del rotor, por la boca de aspiración, y la descarga se realiza tangencialmente al rotor, es decir que el aire cambia de dirección noventa grados (90°). (Goberna et al., 1992)

Figura 15

Ventilador centrífugo



Fuente: (Goberna et al., 1992)

Poseen presiones mayores en comparación con los ventiladores tipo axial, logrando obtener hasta 1500 mmca (milímetros de columna de agua), siendo los más usados, generalmente, en sistemas con ventilación tipo localizada. Tiene una operación similar a las bombas centrífugas. Poseen un rotor que tiene álabes o paletas, de diferentes formas y curvas, con una velocidad de 200 a 5000 rpm en el interior de una envoltura o caja. (Goberna et al., 1992)

Entre las propiedades de estos ventiladores se tienen a las siguientes: caudales menores, buena eficiencia, presiones elevadas, con buena impulsión, son silenciosos, sirven para extracción. Para su instalación necesitan de un espacio físico mayor y de bases con firmeza. Aunque, se usan en sistemas de ventilación local, empleando filtros de polvo, donde la resistencia a la circulación de una corriente del aire o fluido

depende del tiempo de operación y de la climatización. (Goberna et al., 1992)

Se dice que poseen 3 tipos básicos de rodete o hélice y que se detallan seguidamente:

### ***Ventiladores con álabes curvados hacia delante***

Se les llama también como de jaula de ardilla y poseen un rodete donde los álabes son curvados en el mismo sentido que la dirección de giro (figura 16a), sirven para mover volúmenes medios a bajos, con presión baja. Al poseer varias aspas cóncavas estas permiten detener las partículas contaminantes; es por eso, que se limita su uso para manejar aire mucho más limpio. (Goberna et al., 1992)

Todo ventilador al tener curvatura al frente en general genera menos ruido, siendo mucho más silenciosos que otros ventiladores con una similar eficiencia. Como tienen velocidades más bajas es por eso que generan un menor ruido al reducirse las vibraciones. Poseen una eficiencia baja, fuera del punto de operación óptimo. Asimismo, al crecer su potencia debido a la característica de potencia absorbida, el caudal aumenta de forma rápida, por ello se debe tener especial cuidado al calcular la presión adecuada para la instalación evitando una sobrecarga. Por lo general, poseen una baja estabilidad al funcionar en paralelo debido a la propiedad de presión-caudal. (Goberna et al., 1992)

### ***Ventiladores con álabes rectos***

Aquellos ventiladores del tipo centrífugos radiales poseen una hélice que tienen los álabes habilitados de manera radial (Ver Figura 16b). Estos

ventiladores son muy utilizados en la industria, debido a que son más comunes porque pueden operar con presiones bajas, medias o altas y adicionalmente, corriente de fluido con un contenido elevado de partículas. (Goberna et al., 1992)

Entre sus aplicaciones se tiene que pueden ser usados para mover aire limpio y transportar polvo, astillas, virutas de madera hasta partículas metálicas. (Goberna et al., 1992)

Son especiales para manejar materiales ya que sus aspas al ser planas de dicho ventilador lograr reducir que se acumulen partículas de material y que se puedan elaborar con aleaciones con resistencia a la abrasión. (Goberna et al., 1992)

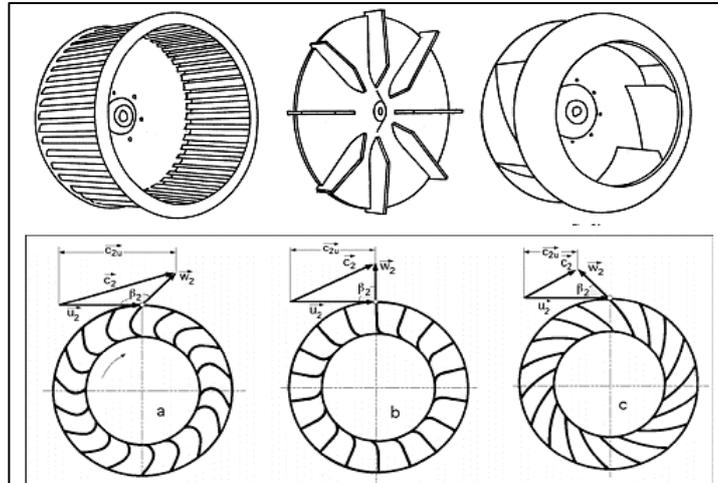
Se puede decir que la eficiencia no es un importante criterio al momento de seleccionar un ventilador con aspas radiales; comúnmente no se toma en consideración a la eficiencia ya que es más importante la capacidad para manejar materiales (Goberna et al., 1992).

### ***Ventiladores con álabes curvados hacia atrás***

Estos ventiladores tienen un rodete con los álabes inclinados en sentido contrario al de rotación (figura 16c). Estos tipos de ventialdores tienen una velocidad periférica mayor y una eficiencia mayor y además de un nivel de ruido bajo y con la propiedad de un consumo energético no sobrecargable. Es decir, el consumo energético máximo se genera en el próximo punto al de eficiencia óptima, de manera que un cambio considerando este punto debido a cambios en la resistencia del sistema, originará un consumo energético menor. (Ontaneda, 2015)

**Figura 16**

*Tipos de ventiladores centrífugos*



*Nota: a) Con álabes curvados hacia adelante; b) álabes radiales y c) álabes curvados hacia atrás. Tomada de (Ontaneda, 2015).*

Debido a la geometría de los álabes esto provoca que se acumule material sobre los mismos, es por eso que su aplicación se limita como se detalla seguidamente:

### ***Álabes de espesor constante***

Al tener álabes macizos permiten que operen con aire húmedo o sucio ligeramente. Aunque no se recomendable usarse con aire contaminado con material sólido, porque puede adherirse en parte trasera de las aspas (Goberna et al., 1992).

### ***Álabes de ala parlante***

Los álabes de ala parlante logran rendimientos elevados y operan de forma silenciosa. Al tener palas huecas estas llegan a erosionar de forma rápida además de poder llenarse de líquido si existe una alta humedad por eso se limita su aplicación donde se tenga que manipular aire limpio (Goberna et al., 1992).

### 2.2.10. Potencia del ventilador

Es aquel tipo de energía que consume el ventilador cuando funciona bajo ciertas condiciones y específica presión (Goberna et al., 1992). La ecuación para calcularla se detalla a continuación:

$$P_e = \frac{Q \cdot \Delta p_{tot}}{\eta} \quad (\text{EC. 02})$$

Donde:

$P_e$ : Potencia consumida por el ventilador (W).

$Q$ : Flujo volumétrico del ventilador ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$$Q = A \cdot V \quad (\text{EC. 03})$$

$\Delta p_{tot}$ : Presión total (Pa).

$\eta$ : Eficiencia del ventilador.

### 2.2.11. Motor Eléctrico

Se dice de aquella máquina del tipo eléctrica rotativa donde convierte la energía eléctrica suministrada en energía mecánica (Area Tecnologia, 2022). Se pueden clasificar dependiendo del tipo de energía que necesitan para su operación. Estos pueden ser Motores de corriente alterna (AC) y Motores de corriente continua (DC)

#### 2.2.11.1. Motores de corriente alterna (AC)

Los motores AC, están formados por dos partes principales:

##### **El estator**

Es la parte externa del motor que no gira. Esta consta de embobinados, que al ser alimentados por corriente alterna, generan un campo

magnético rotativo. (Area Tecnologia, 2022)

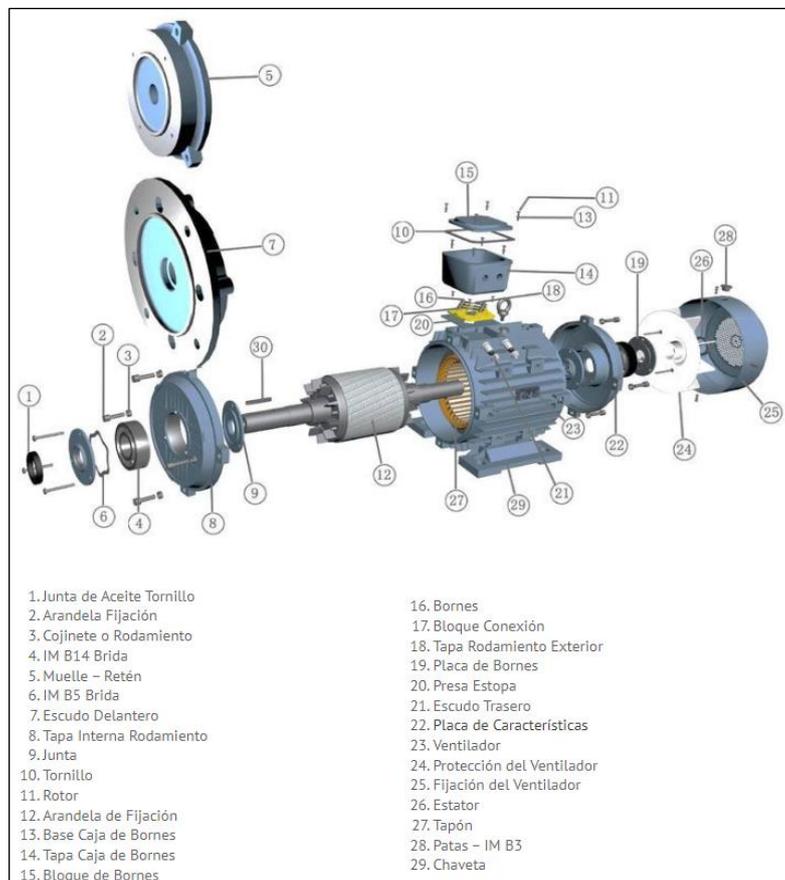
## El rotor

Es la parte del motor que gira, debido a la acción del campo magnético rotativo del estator. (Area Tecnologia, 2022)

En un motor asíncrono o motor de inducción, el campo magnético rotativo induce en el rotor un campo magnético que se opone al primero, resultando en un par que hace que el motor gire en el mismo sentido del campo magnético rotativo. Para que el campo magnético pueda producirse, el rotor tiene que girar a una velocidad un poco menor que la del campo rotativo. (Area Tecnologia, 2022)

**Figura 17**

*Despiece de Motor de corriente alterna (AC) y sus partes*



*Fuente: (Alto Rendimiento, 2022)*

Para lograr diferenciar los diferentes tipos de ventiladores, la National Electrical Manufacture Association (NEMEA) logró desarrollar un sistema que permitiría identificar con letras cada tipo de ventilador con su motor comercial como los de inducción de jaula de ardilla, fabricándose conforme a determinada clase e identificándose con una letra. En la Tabla 2 se pueden verificar las características para motores comerciales de inducción de jaula de ardilla en consideración con las cinco clases de la norma NEMA. (Miller & Miller, 2013)

**Tabla 2**

*Características de los motores comerciales de inducción jaula de ardilla de acuerdo con la clasificación NEMA. (A, B, C, D)*

Clase NEMA	Par de arranque (# de veces el nominal)	Corriente arranque	Regulación de Velocidad (%)	Nombre de clase del motor
A	1.5 – 1.75	5 – 7	2 – 4	Normal
B	1.4 – 1.6	4.5 – 5	3 – 5	De propósito general
C	2 -2.5	3.5 – 5	4 – 5	De doble jaula, alto par
D	2.5 – 3.0	3 – 8	5 – 8, 8 – 13	De alto par, alta resistencia
F	1.25	2 - 4	Mayor de 5	De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque

*Fuente:* (Miller & Miller, 2013)

### **2.2.12. Cojinetes**

Cualquier maquinaria o mecanismo, sea simple o complejo, está constituido por elementos o piezas unidos entre sí de forma fija o moviéndose unos respecto a otros. Entre las partes móviles encontramos ejes y árboles, que necesariamente van apoyados y necesitan una superficie que los soporte. Al existir un movimiento relativo entre el eje y la superficie de apoyo, se producen fuerzas de rozamiento o fricción que

ocasionan pérdidas de energía. Existen dos formas de tratar el problema: La primera sería colocar lubricante entre las superficies en contacto y la segunda utilizar cojinetes. (Mott, 2006)

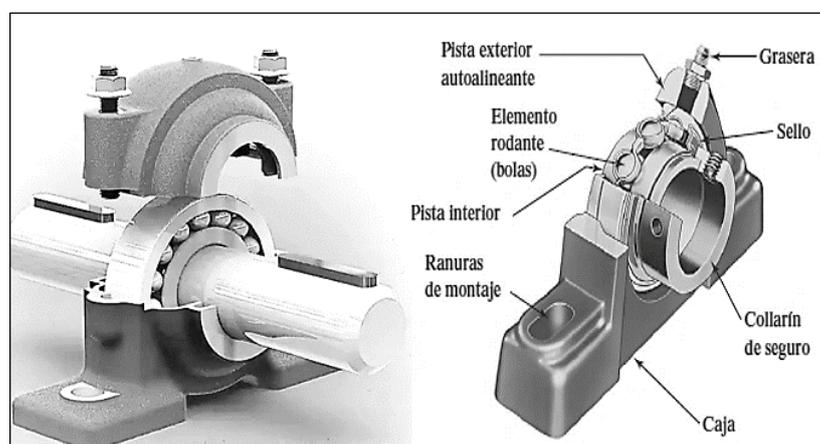
Los cojinetes se definen como elementos de máquinas que simultáneamente permiten a un eje girar libremente y soportar carga. En definitiva, son puntos de apoyo de ejes y árboles para sostener su peso y son de guía en su movimiento logrando reducir las pérdidas de energía debido a la fricción y el desgaste sobre las superficies en contacto durante el movimiento relativo. (Mott, 2006)

El tipo más común de cojinetes soportan una flecha giratoria, que resisten cargas radiales simples o una combinación de cargas radiales y axiales. (Mott, 2006)

La carcasa se fabrica en acero forjado, acero fundido o hierro con ranuras o huecos hechas porque servirán para las conexiones en el ensamblado del dispositivo o máquina, en ese instante se ajusta para alinear la unidad de cojinete. (Mott, 2006)

**Figura 18**

*Caja de chumacera con cojinete de bolas*



*Fuente: (Mott, 2006)*

Dependiendo de la aplicación de la máquina y de su función, se tienen múltiples tipos de cojinetes donde pueden ir directamente instalados en el bastidor de la máquina, aunque regularmente se montan en apoyos que están dispuestos de forma conveniente con el fin de brindar facilidad en su instalación y montaje. (Mott, 2006)

Los componentes que tiene un cojinete de contacto de rodadura típica es la pista exterior, pista interior y dispositivos o elementos de rodadura. La Figura 18 detalla un cojinete de ranura profunda y una sola hilera de bolas, uno de los más comunes. El uso de bolas logra obtener una rotación o movimiento muy constante, con una fricción bajísima de parte del eje. Un rodamiento posee una fricción de aproximadamente 0.001 a 0.005. El uso de sellos, excesivo lubricante o cargas demasiado elevadas hacen que dicho valor aumente (Mott, 2006, p. 598).

**Tabla 3**

*Comparación de los tipos de rodamientos*

<b>Tipos de rodamientos</b>	<b>Capacidad de carga radial</b>	<b>Capacidad de carga de empuje</b>	<b>Capacidad de deslizamiento</b>
Una hilera de bolas con ranura profunda	Buena	Regular	Regular
Doble hilera de bolas, ranura profunda	Excelente	Buena	Regular
Contacto angular	Buena	Excelente	Mala
Rodillos cilíndricos	Excelente	Mala	Regular
Agujas	Excelente	Mala	Mala
Rodillos esféricos	Excelente	Regular a buena	Excelente
Rodillos Cónicos	Excelente	Excelente	Mala

*Fuente:* (Mott, 2006)

### **Relación entre carga y vida útil**

Según Mott (2006), todos los cojinetes tienen una vida útil finita, y terminan fallando en algún momento ocasionado por la fatiga provocado por los

altos esfuerzos de contactos. Aunque es preciso indicar que, si la carga es menor, tendrá una duración mayor. La ecuación 04 permite relacionar la carga P y la vida estimada L para los rodamientos de contacto de rodadura:

$$\left(\frac{L_2}{L_1}\right) = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^k \quad (\text{EC. 04})$$

Donde:

k = 3.00; para cojinetes de bolas.

k = 10/3; para cojinetes de rodillos.

**Tabla 4**

*Vida útil recomendada para rodamientos*

<b>Aplicación</b>	<b>Duración de diseño L<sub>10</sub>, h</b>
Electrodomésticos	1000 - 2000
Motores de aviación	1000 - 4000
Automotores	1500 - 5000
Equipo agrícola	3000 - 6000
Elevadores, ventiladores, transmisiones de usos múltiples	8000 - 15000
Motores eléctricos, sopladores industriales, maquinas en general	20000 - 30000
Bombas y compresores	40000 - 60000
Equipo crítico en funcionamiento durante 24 h	100000 - 200000

*Fuente: (Mott, 2006)*

### **Vida útil de diseño**

La ecuación (EC. 01) expresada en revoluciones se puede escribir como:

$$\text{Vida útil de diseño} = L_d = \left(\frac{C}{P_d}\right)^k \times (10^6) \quad (\text{EC. 05})$$

$$\text{Especificación básica de carga dinámica} = C = P_d \left(\frac{L_d}{10^6}\right)^{\frac{1}{k}} \quad \text{EC. 06)}$$

Vida útil de diseño en horas y una velocidad de giro en rpm utilizamos:

$$L_d = (h) \times (rpm) \times \left(60 \frac{\text{min}}{h}\right) \quad (\text{EC. 07})$$

### **Cálculo de la carga equivalente radial**

Solo se aplica para la carga radial R, y toma en cuenta cual, de las dos pistas de bolas, externas o internas, es la que gira.

$$P = V \times R \quad (\text{EC. 08})$$

Donde:

P = Carga equivalente

V = Factor de rotación

1.0 si la pista de rodamiento interna es la que gira.

1.2 si la pista de rodamiento externa es la que gira.

R = Carga radial.

### **2.2.13. Componentes eléctricos del tablero de control**

Los componentes eléctricos que integran el tablero de control son diversos, así como su conexionado que dependen del uso que se le vaya a asignar para la puesta en marcha de un motor eléctrico.

Entre los componentes eléctricos de un tablero de control se tiene los dispositivos de maniobra tanto manuales y automáticos, estos componentes son los encargados de permitir el paso o interrupción del flujo de la corriente de una determinada carga.

## **Aparatos de maniobras Manuales**

Se caracterizan porque para ser accionados se necesita de un operador, estos pueden ser con poder de corte de flujo eléctrico (puede ser accionado en circuito bajo carga) o sin poder de corte (deben ser accionados sin carga), como los que se presentan a continuación.

### **Interruptores eléctricos**

Dispositivo que permite abrir o cerrar circuitos eléctricos, generalmente funcionan de manera manual. Estos dispositivos tienen el poder para cerrar o abrir un circuito.

### **Seccionadores**

Los seccionadores, se diferencian de un interruptor o disyuntor en que no posee un mecanismo para suprimir el arco eléctrico y, por ende, no posee poder para realizar el corte. Es necesario mantener en posición de reposo para evitar una apertura en carga. De lo contrario, se podrían originar severos daños ocasionados por el arco eléctrico.

### **Pulsadores**

Componente o dispositivo eléctrico que impide o permite el paso de la corriente eléctrica al pulsarse o apretarse. Permite abrir o cerrar un circuito cuando sea necesario, donde al ser presionado y soltarse vuelve a su punto inicial.

### **Aparatos de maniobras automáticos**

Son dispositivos diseñados para abrir o cerrar circuitos de corriente en función de los valores que adquieren ciertas magnitudes como la tensión,

intensidad, tiempo, temperatura, presión, distancia, etc. Entre los más usados son los disyuntores y contactores.

### **Disyuntor**

Son dispositivos que combinan dos elementos, llamado termomagnético porque emplea el magnetismo y el calor para interrumpir el paso de la corriente eléctrica al detectarse ciertos valores que están fuera de su rango, es decir, dichos valores poseen un valor mucho más elevado al que puede soportar, por lo que es necesario que sea dimensionado correctamente, donde para volver a su estado de operación normal se tiene que rearmar manualmente.

### **Contactador**

Dispositivo o elemento eléctrico que permite abrir o cerrar circuitos con carga o en vacío donde intervengan ciertas cargas de intensidad que pueden originar algún tipo de efecto perjudicial para quien lo accione, se emplea, por ejemplo, en cierre para instalación de motores y maniobras de apertura. Es un elemento esencial para la automatización en motores eléctricos. Al poseer un eficiente y correcto funcionamiento es relevante para realizar procesos autómatas altamente estables. Se puede indicar que los motores eléctricos tienen una vinculación directa con los accionamientos, siendo en múltiples ocasiones cíclicos para diferentes áreas.

### **2.3. Definición conceptual de la terminología empleada**

#### **Extractor**

Equipo que está compuesto principalmente de un ventilador que permite extraer el aire contaminado de un determinado lugar o sistema, se encarga de aspirar y renovar el aire.

#### **Polvo de madera**

El polvo de madera se crea cuando se usan máquinas o herramientas para cortar o moldear madera.

#### **Viruta**

Tira fina y enrollada en espiral que sale de la madera al pulirlo o rebajarlo con algún instrumento cortante.

#### **Carpintería**

Actividad laboral, arte, que dedica de manera excluyente a trabajar la madera para con la misma fabricar diversos objetos, elementos y mobiliario.

## CAPÍTULO III : MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La metodología de investigación utilizada para el presente trabajo es la investigación cuantitativa que consiste en la recopilación de información del sector mediante fuentes primarias y secundarias, a partir de los cuales se tomaron los primeros datos para conocer los impactos en forma cuantitativa producidas dentro del taller de carpintería Neyra.

#### **Tipo de Investigación**

En base al problema identificado y a la disponibilidad de las herramientas de investigación, se utilizó la investigación aplicada utilizando la tecnología del diseño para contribuir con el confort del taller que es un medio para que el investigador se esfuerce por conocer y comprender los fenómenos que influyen en el medio ambiente, sin preocuparse de la aplicación de los conocimientos experimentales.

### 3.2. Población y muestra

**Población:** Para el presente trabajo de investigación se ha considerado como población igual a la muestra, esto es, el Taller de Carpintería “Neyra”.

**Muestra:** Taller de Carpintería “Neyra”.

### 3.3. Hipótesis

El diseño de un extractor de polvo y viruta para el taller de carpintería “Neyra”, permite extraer el residuo de las partículas de madera y con ello mejorar las condiciones de trabajo en el taller y evitar posibles enfermedades respiratorias de los trabajadores.

### **3.4. Variables – Operacionalización**

- **Variable independiente:**

Sistema de extracción.

- **Variable dependiente:**

Masa de polvo y viruta.

**Tabla 5**

*Operacionalización de variables*

<b>Variables</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Variable dependiente</b> Masa de polvo y viruta	Cantidad de polvo y viruta que posee un determinado sistema.	Se medirá de acuerdo a la capacidad de trabajo de cada máquina empleada en la carpintería.	Capacidad de polvo y viruta	Flujo másico o volumétrico Masa Volumen Tiempo	De razón
<b>Variable independiente</b> Sistema de extracción	Un sistema de extracción sirve para extraer diferentes fluidos o elementos sólidos de un determinado lugar o recinto, con el fin de mantener limpio o evitar contaminación y malestar a los trabajadores.	Se dimensiona de acuerdo a los requerimientos de la carpintería, espacio, flujo másico de polvo y viruta, presión, entre otros parámetros.	Parámetros de diseño	Flujo másico o volumétrico Distancia de manguera Velocidad de extracción	De razón
			Parámetros de funcionamiento	Potencia Voltaje Amperaje	De razón
			Costo de inversión	Costo de equipamiento Costo de ensamblaje Costo de instalación Costo de pruebas	De razón

*Fuente: Elaboración propia.*

### **3.5. Métodos y técnicas de investigación**

#### **3.5.1. Métodos de investigación**

Con la finalidad de poder obtener resultados favorables se usará el método descriptivo causal, de modo que pueda evaluar y optimizar los factores causales del objeto de estudio. En seguida, se detallará la funcionalidad de cada componente del sistema de extracción.

#### **3.5.2. Técnicas de investigación**

##### **Análisis del contenido**

La técnica en mención se utilizó para la recopilación de información referente a sistema de extracción localizada, material particulado, normativa peruana con respecto a Estándares de calidad ambiental. La recopilación de información se obtuvo de libros, tesis, revistas, internet, etc.

##### **Observación directa**

Se observó la manera de cómo se va obteniendo el material residual producto del desbaste de la madera en las diferentes máquinas con la que se trabaja en el taller de carpintería y la manera como se almacena el material residual sobre las máquinas, muebles, se utilizó un cuaderno para anotar cada uno de los activos físicos que forman parte del área de estudio, también se tomaron las dimensiones largo, ancho, altura y la separación de cada uno de ellos, esto permitirá graficar el diagrama unifilar de las futuras instalaciones.

### 3.6. Descripción de los instrumentos utilizados

Para este trabajo de investigación se utilizaron diferentes instrumentos tanto para la variable dependiente e independiente los cuales se describen a continuación:

**Balanza digital:** Se utilizó para determinar la cantidad de material residual producto del desbaste de la madera en cada una de las máquinas del taller de carpintería.

**Cronómetro:** Se utilizó para determinar la cantidad de material residual por unidad de tiempo.

**Metro:** Se utilizó para determinar las distancias entre equipos que se utilizan para el desbaste de la madera.

**Hoja de cálculo:** Con este instrumento se realizó el cálculo total que debe aspirar el extractor, la pérdida de carga a lo largo de los conductos, presión dinámica resultante, diámetro de los conductos.

**Cuaderno de apuntes:** Con este instrumento se tomó nota de los distintos equipos y las dimensiones (ancho, largo y altura), así mismo, la distancia de separación entre cada uno de ellos.

### 3.7. Análisis estadístico e interpretación de los datos

A partir de los datos que son obtenidos con los instrumentos, tales como la masa por unidad de tiempo del material residual en cada una de las máquinas de desbaste utilizadas en el taller. Luego, los datos se utilizarán para procesar y utilizar la estadística descriptiva para obtener el caudal de aire total que debe transportar el extractor y potencia requerida para el extractor, los resultados

se mostrarán mediante tablas las cuales fueron obtenidas de las hojas de cálculo de Excel.

Finalmente empleando el software AUTOCAD 2019, se elaborará un esquema del sistema completo sistema de ductos y accesorios (codos y uniones), motor y ventilador.

## CAPÍTULO IV : PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

### 4.1. Descripción del sistema propuesto

Expuesto la problemática que representa la presencia del material residual producto del desbaste de la madera en cada una de las máquinas que componen el taller de carpintería, además de esto, el polvo producto del lijado de la madera afecta negativamente la salud de los colaboradores del taller y el medio ambiente.

Por lo tanto, es importante la captación y extracción del polvo y viruta originado por la madera, por lo que se propuso un sistema de extracción, el mismo que estuvo conformado por un sistema de conductos, accesorios, ventilador o extractor centrífugo y su motor eléctrico.

En el taller de carpintería Neyra se tiene las siguientes máquinas.

**Tabla 6**

*Máquinas empleadas en el taller de carpintería Neyra*

Ítem	Máquina	Cantidad
1	Cepilladora	1
2	Cepilladora doble cara	1
3	Tupi	1
4	Lijadora	1
5	Sierra de mesa	1
6	Sierra circular	1
7	Torno	1
Total, de máquinas		7

Para determinar la cantidad de material residual (viruta y polvo de madera) se hizo funcionar todas las máquinas a plena carga, cada máquina con su respectivo operario, con las cepilladoras se cepillo tablas de 1 pulgada que se utilizaron para una mesa, con el tupi se devasto los marcos de las tablas, con la lijadora el operario lija las tablas de madera, así mismo los operadores

cortan con las sierras circular y de mesa las piezas de madera para el mueble, mientras tanto en el torno el operario tornaba las patas de la mesa, el material de desbaste producido de todas las máquinas se recogió para realizar el pesado de todo el material, como se describe en la siguiente tabla:

**Tabla 7**  
*Cantidad de material residual extraído en el tiempo*

	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Peso (kg)</b>
T1	5	22
T2	7	27
T3	10	42
T4	13	49
T5	15	63.9
T6	20	85.7
T7	30	124.8

La Tabla 7 explica que a los 5 minutos se recogió 22 kg de polvo y viruta, a los 7 minutos fue de 27 kg, a los 10 minutos fue de 42 kg, a los 13 minutos se recogieron 49 kg, a los 15 minutos fueron 63.90 kg, a los 20 minutos fue de 85.70 kg y a los 30 minutos se recolectó un total de 124.80 kg. Por lo tanto, en una hora se tiene un peso total recolectado de 249.60 kg, que se ha redondeado a 250 kg.

### **Datos Iniciales**

Capacidad de transporte ( $\omega$ ):

$$\omega: 4.17 \text{ kg/minuto} = 250 \text{ kg/h}$$

## CAPÍTULO V : ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Resultados

#### 5.1.1. Detallar los sistemas de extracción

Entre los sistemas de extracción conocidos actualmente, se tuvieron a los siguientes:

##### **Sistemas de extracción portátiles**

De acuerdo a la información, es un equipo móvil o portátil que se puede llevar o transportar de un lugar a otro sin problemas, dependiendo de la ubicación donde se requiere realizar la extracción. Posee una eficiencia elevada siempre que se use adecuadamente.

**Figura 19**

*Extracción portátil*



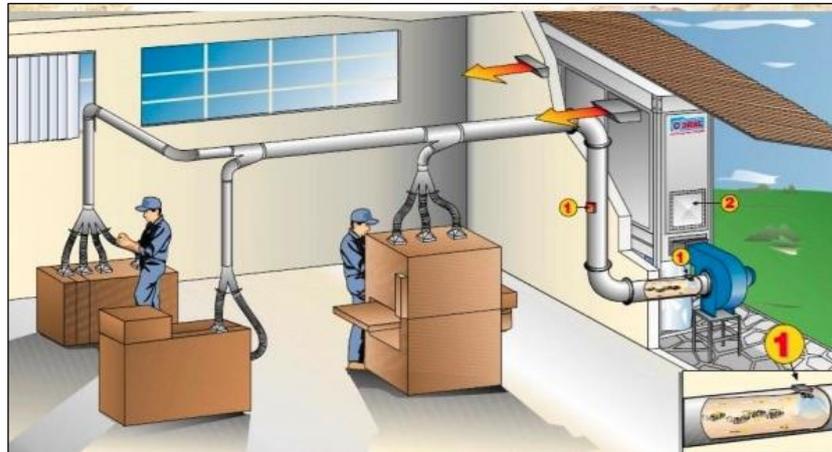
*Fuente: (Montifil, 2016)*

##### **Sistema de extracción por grupos**

Es un sistema que extrae lo que se requiere de varias máquinas formando una unidad, pudiendo ser local de acuerdo a su ubicación o de acuerdo a su interdependencia en su operación. Es un sistema con una eficiencia alta y es eficiente cuando se utilizan en talleres medianos de carpintería.

**Figura 20**

*Extracción por grupos*



*Fuente: (AYJ Maquinaria, 2020)*

### **Sistema de extracción central de carga total**

Se emplea un solo extractor que trabaja para todas las maquinarias disponibles. Viene a ser el más económico, pero si el sistema opera a carga parcial, se obtiene un consumo elevado de energía. Se recomienda su uso en talleres o empresas grandes con una elevada probabilidad de utilización simultánea de todo el sistema.

**Figura 21**

*Extracción central de carga total*



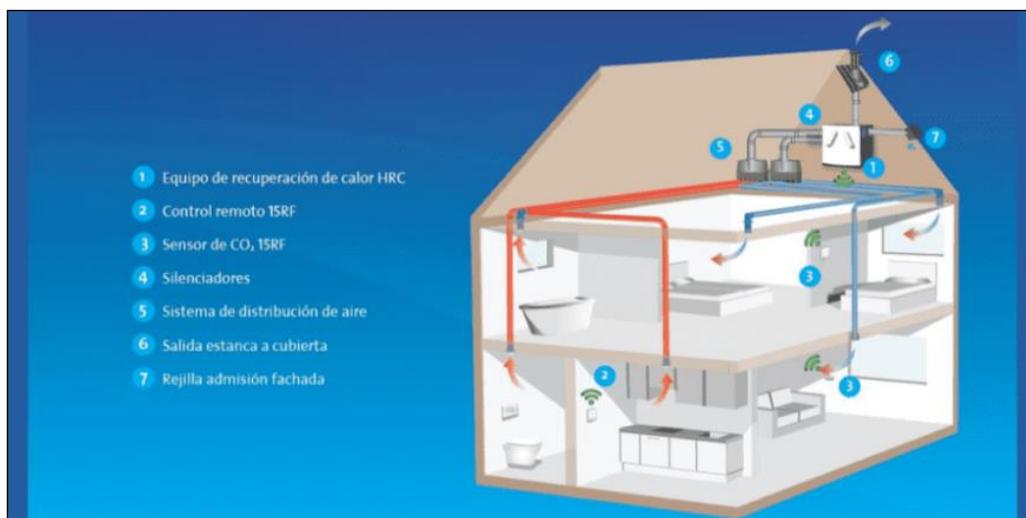
*Fuente: (Ecogate, 2019)*

## Sistema de extracción central de carga parcial

La diferencia con el sistema antes mencionado es a considerar el factor, de simultaneidad de la ocupación de las máquinas en el dimensionamiento del extractor. La capacidad del ventilador permite aspirar solamente una determinada parte de las máquinas. Al funcionar todas las maquinarias al mismo tiempo el volumen de aire ya no alcanza para abastecer debidamente a las máquinas conectadas.

**Figura 22**

*Extracción central de carga parcial*



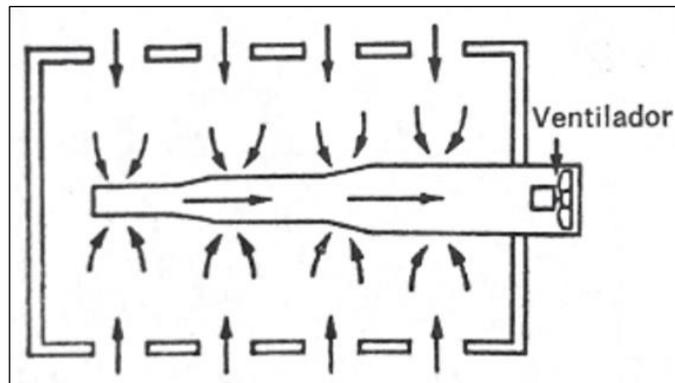
*Fuente: (E-ficiencia, 2020)*

## Sistemas de Extracción General

Son empleados para controlar el ambiente y dar confort térmico, también pudiendo usarse para eliminar los agentes contaminantes presentes en el aire.

**Figura 23**

*Extracción general*



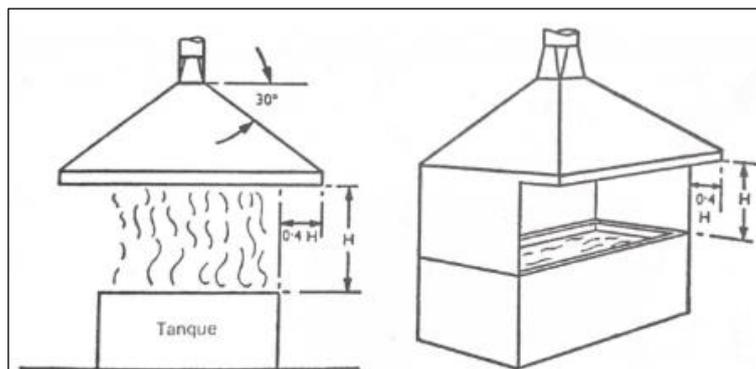
*Fuente: (Aire Limpio Global, 2021)*

### **Sistemas de extracción localizada**

Este sistema es capaz de captar el agente contaminante en el mismo lugar donde se origina antes de poder pasar al lugar de trabajo. Una ventana importante de este sistema en relación a la ventilación general es que requiere de una menor capacidad de aire y que no permite esparcir el agente contaminante. Se deben cumplir dos básicos requerimientos como que el lugar debe estar lo más cerrado posible y que la velocidad de extracción del aire debe ser adecuada cercana al foco de producción, con el fin de asegurar una corriente estable en dirección a la campana.

**Figura 24**

*Extracción localizada*



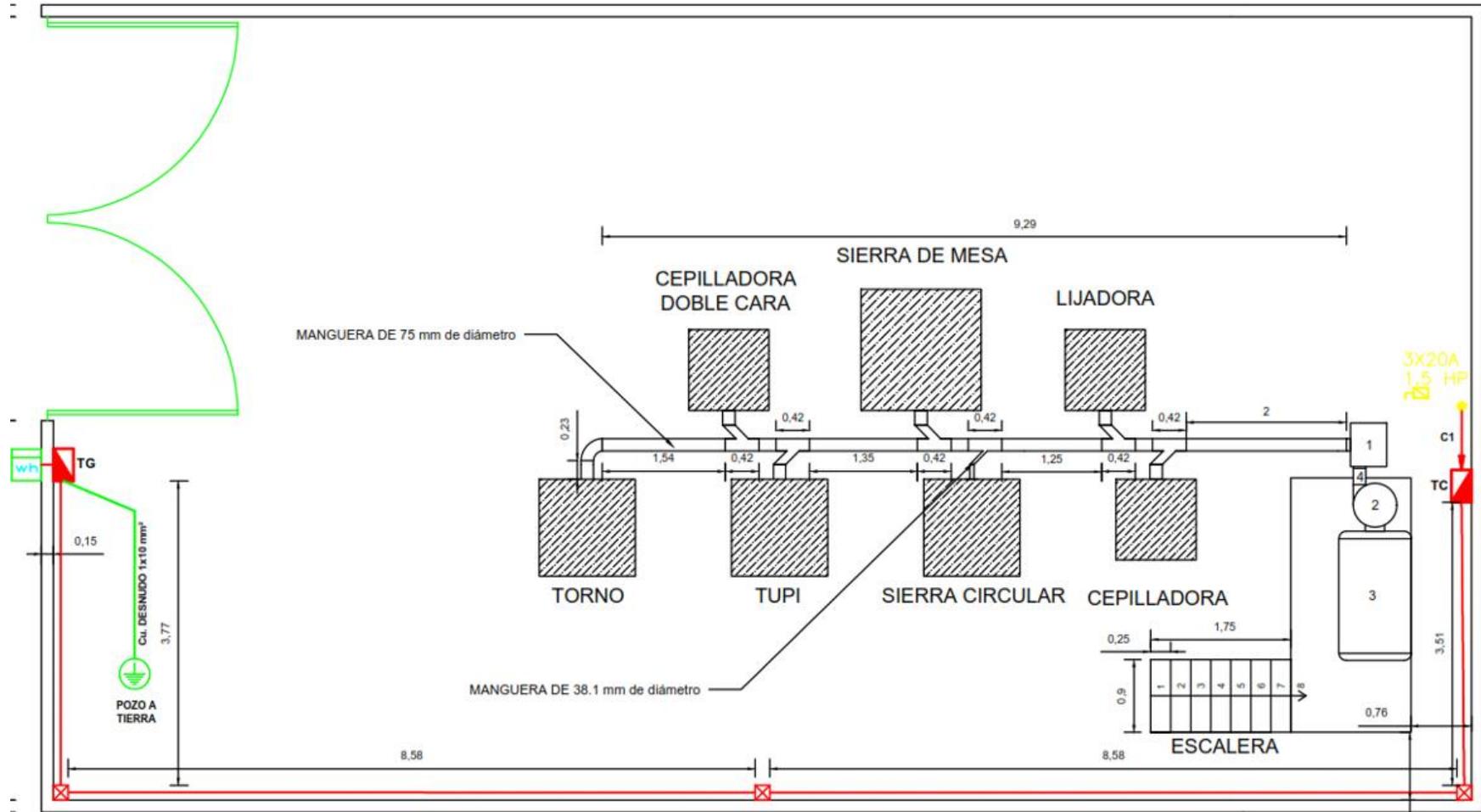
*Fuente: (Aire Limpio Global, 2021)*

### **Selección del tipo de sistema de extracción a implementar**

El sistema de extracción seleccionado es el de extracción central de carga parcial, porque posee una elevada eficiencia y es recomendado para talleres de mediana producción, como es el caso de la carpintería Neyra.

Figura 25

Croquis del sistema de extracción central de carga parcial para la carpintería



Fuente: Elaboración propia.

### 5.1.2. Determinar la cantidad de viruta y polvo a extraer

#### Cepilladora

Para el caso de este tipo de maquinaria, se ha empleado datos promedio para calcular el flujo de trabajo. La velocidad de corte es de 15 m/min, el avance es de 3 mm y la profundidad de corte de 20 mm (Groover, 2007).

$$RM_{cepilladora} = v \times f \times d = 15 \frac{m}{min} \times 0.003 m \times 0.02 m$$

$$RM_{cepilladora} = 0.0009 \frac{m^3}{min} \times \frac{60 min}{1 h} = 0.054 \frac{m^3}{h}$$

El flujo másico de la cepilladora fue:

$$\dot{m}_{cepilladora} = RM_{cepilladora} \times \rho_{madera} = 0.054 \frac{m^3}{h} \times 320 \frac{kg}{m^3} = 17.28 \frac{kg}{h}$$

#### Cepilladora doble cara

Esta maquinaria prácticamente tiene el doble de flujo de trabajo de la cepilladora normal. Por lo tanto:

$$\dot{m}_{cepilladora\ doble} = 2 \times \dot{m}_{cepilladora} = 17.28 \frac{kg}{h} \times 2 = 34.56 \frac{kg}{h}$$

#### Tupi

Este tipo de máquina emplea un juego de fresa de 140 mm de diámetro por 50 mm de diámetro de eje y 6 mm de espesor para cortar o ranurar madera, a una velocidad promedio de 8000 rpm, posee 6 dientes y tiene un avance de 0.08 mm por diente (Leucco, 2020), entonces se tiene lo siguiente:

$$v_{avance} = 0.08 \frac{mm}{diente}$$

$$Z_{disco} = 6 \frac{dientes}{rev}$$

$$n_{tupi} = 8000 \text{ rpm}$$

La longitud de avance por minuto es:

$$L_{avance} = v_{avance} \times Z_{disco} \times n_{tupi}$$

$$L_{avance} = 0.08 \frac{mm}{diente} \times 6 \frac{dientes}{rev} \times 8000 \frac{rev}{min} \times \frac{1 \text{ m}}{1000 \text{ mm}} = 3.84 \frac{m}{min}$$

Con una profundidad de corte promedio de 20 mm y considerando una densidad promedio para la madera comúnmente empleada en la carpintería de 320 kg/m<sup>3</sup>, se tiene:

$$p_{corte} = 20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$$

$$e_{corte} = 20 \text{ mm} = 0.02 \text{ m}$$

$$\rho_{madera} = 320 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m}_{tupi} = p_{corte} \times e_{corte} \times L_{avance} \times \rho_{madera}$$

$$\dot{m}_{tupi} = 0.02 \text{ m} \times 0.02 \text{ m} \times 3.84 \frac{m}{min} \times 320 \frac{kg}{m^3} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 29.49 \frac{kg}{h}$$

## Lijadora

Para el caso de este tipo de maquinaria, se ha empleado datos promedio para calcular el flujo de trabajo. La velocidad de corte es de 10 m/min, el avance es de 2 mm y la profundidad de corte de 20 mm (Groover, 2007).

$$RM_{lijadora} = v \times f \times d = 10 \frac{m}{min} \times 0.002 \text{ m} \times 0.02 \text{ m}$$

$$RM_{lijadora} = 0.0004 \frac{m^3}{min} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 0.024 \frac{m^3}{h}$$

El flujo másico de la lijadora fue:

$$\dot{m}_{lijadora} = RM_{lijadora} \times \rho_{madera} = 0.024 \frac{m^3}{h} \times 320 \frac{kg}{m^3} = 7.68 \frac{kg}{h}$$

### Sierra de mesa o banco

La sierra de mesa o banco emplea disco de 10 pulgadas para cortar madera, a una velocidad de 4500 rpm, posee 80 dientes y tiene un avance de 0.075 mm por diente (Leucco, 2020), entonces se tiene lo siguiente:

$$v_{avance} = 0.075 \frac{mm}{diente}$$

$$Z_{disco} = 80 \frac{dientes}{rev}$$

$$n_{sierra\ de\ mesa} = 4500\ rpm$$

La longitud de avance por minuto es:

$$L_{avance} = v_{avance} \times Z_{disco} \times n_{sierra\ de\ mesa}$$

$$L_{avance} = 0.075 \frac{mm}{diente} \times 80 \frac{dientes}{rev} \times 4500 \frac{rev}{min} \times \frac{1\ m}{1000\ mm} = 27 \frac{m}{min}$$

El disco posee un espesor de 2.6 mm, con una profundidad de corte promedio de 25.4 mm y considerando una densidad promedio para la madera empleada comúnmente en la carpintería de 320 kg/m<sup>3</sup>, se tiene:

$$p_{corte} = 25.4\ mm = 0.0254\ m$$

$$e_{corte} = 2.6\ mm = 0.0026\ m$$

$$\rho_{madera} = 320 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m}_{sierra\ de\ mesa} = p_{corte} \times e_{corte} \times L_{avance} \times \rho_{madera}$$

$$\dot{m}_{sierra\ de\ mesa} = 0.0254\ m \times 0.0026\ m \times 27\ \frac{m}{min} \times 320\ \frac{kg}{m^3} \times \frac{60\ min}{1\ h} = 34.24\ \frac{kg}{h}$$

### Sierra circular

La sierra circular emplea disco de 7 ¼ pulgadas para cortar madera, a una velocidad de 5000 rpm, posee 60 dientes y tiene un avance de 0.07 mm por diente (Leucco, 2020), entonces se tiene lo siguiente:

$$v_{avance} = 0.07\ \frac{mm}{diente}$$

$$Z_{disco} = 60\ \frac{dientes}{rev}$$

$$n_{sierra\ circular} = 5000\ rpm$$

La longitud de avance por minuto es:

$$L_{avance} = v_{avance} \times Z_{disco} \times n_{sierra\ circular}$$

$$L_{avance} = 0.07\ \frac{mm}{diente} \times 60\ \frac{dientes}{rev} \times 5000\ \frac{rev}{min} \times \frac{1\ m}{1000\ mm} = 21\ \frac{m}{min}$$

El disco posee un espesor de 1.6 mm, con una profundidad de corte promedio de 25.4 mm y considerando una densidad promedio para la madera empleada comúnmente en la carpintería de 320 kg/m<sup>3</sup>, se tiene:

$$p_{corte} = 25.4\ mm = 0.0254\ m$$

$$e_{corte} = 1.6\ mm = 0.0016\ m$$

$$\rho_{madera} = 320\ \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m}_{sierra\ circular} = p_{corte} \times e_{corte} \times L_{avance} \times \rho_{madera}$$

$$\dot{m}_{sierra\ circular} = 0.0254\ m \times 0.0016\ m \times 21\ \frac{m}{min} \times 320\ \frac{kg}{m^3} \times \frac{60\ min}{1\ h} = 16.39\ \frac{kg}{h}$$

## Torno

Para el caso de este tipo de maquinaria, se ha empleado datos promedio para calcular el flujo de trabajo. La velocidad de corte es de 25 m/min, el avance es de 6 mm y la profundidad de corte de 25 mm (Groover, 2007).

$$RM_{torno} = v \times f \times d = 25 \frac{m}{min} \times 0.006 m \times 0.025 m$$

$$RM_{torno} = 0.00375 \frac{m^3}{min} \times \frac{60 min}{1 h} = 0.225 \frac{m^3}{h}$$

El flujo másico del torno será:

$$\dot{m}_{torno} = RM_{torno} \times \rho_{madera} = 0.225 \frac{m^3}{h} \times 320 \frac{kg}{m^3} = 72 \frac{kg}{h}$$

Resumiendo:

**Tabla 8**

*Resumen de flujos de trabajo para la carpintería Neyra*

ítem	Máquina	Flujo másico (kg/h)
1	Cepilladora	17.28
2	Cepilladora doble cara	34.56
3	Tupi	29.49
4	Lijadora	7.68
5	Sierra de mesa	34.24
6	Sierra circular	16.39
7	Torno	72.00
Total		211.64

*Fuente: Elaboración propia.*

Considerando un aumento del 15%, para temas de diseño, se tiene lo siguiente:

$$\dot{m}_{total} = 1.15 \times 211.64 \frac{kg}{h} = 243.39 \frac{kg}{h} \cong 250 \frac{kg}{h}$$

$$\dot{V}_{total} = 250 \frac{kg}{h} \times \frac{1}{320} \frac{m^3}{kg} = 0.78125 \frac{m^3}{h}$$

Dicho valor representa solo la cantidad de viruta y polvo a extraer, sin

considerar la cantidad de aire que el sistema de extracción debe succionar y suplir la necesidad de poder extraer el flujo volumétrico calculado de 0.78125 m<sup>3</sup>/h.

Seguidamente se utilizó un instrumento de recolección de datos para poder estimar la cantidad de polvo y viruta producido en un periodo de 3 meses, con el fin de estimar una proyección adecuada para el diseño del sistema de extracción, el cual se puede apreciar en el Anexo 1.

El instrumento se empleó desde el 01/10/2023 hasta el 30/12/2023, con una producción total de polvo y viruta de 38 958.7 kg, con un promedio de 526.5 kg por día, que al considerar un tiempo de trabajo de 2.5 horas diarias, se obtuvo un promedio de 210.6 kg por hora. Dato similar al encontrado de forma empírica.

Por lo tanto, se obtuvo que:

$$\dot{m}_{promedio} = 210.60 \frac{kg}{h}$$

Al considerar nuevamente un factor de corrección de 1.15, se obtiene:

$$\dot{m}_{promedio} = 1.15 \times \dot{m}_{promedio}$$
$$\dot{m}_{promedio} = 1.115 \times 210.60 \frac{kg}{h} = 242.20 \frac{kg}{h} \cong 250 \frac{kg}{h}$$

Por lo tanto, dicho ( $\dot{m}_{promedio}$ ) se consideró para el diseño del sistema de extracción, pero cabe precisar que, si se desea aspirar mayor cantidad de polvo y viruta, solo será necesario trabajar más horas, con el fin de obtener todas las piezas y luego armar los muebles respectivos con otro equipo de trabajo, es decir, que fácilmente se puede incrementar la mano de obra.

### 5.1.3. Establecer las características constructivas del extractor

Para el cálculo del sistema de extracción de polvo y viruta se deben seguir ciertos pasos que se han considerado en este estudio, teniendo en cuenta la metodología de Cálculo básico de una instalación de transporte neumático de sólidos de Pérez (2015). También se considera la geometría del trazado del sistema de conductos y su capacidad deseada, es necesario saber la densidad aparente del material a transportar además de su granulometría, empleando la Tabla 9.

**Tabla 9**  
*Peso del material por unidad de volumen*

Pesos de Materiales por Volumen			
Material	Condición Física	Peso Promedio por Volumen	
		kg/m <sup>3</sup>	lb/pie <sup>3</sup>
Almidón	Pulverizado	480 a 640	30 a 40
Aserrín	Granular	240 a 320	15 a 20
Bórax	Pulverizado	800 a 1120	50 a 70
Carbón	Granular	800 a 960	50 a 60
Ceniza volátil limpia	Pulverizada	560 a 720	35 a 45
Corcho molido	Pulverizado	80 a 240	5 a 15
Cuarzo molido	Pulverizado	1760	110
Grafito	Pulverizado	640	40
Granos de café	Granular	640 a 720	40 a 45
Granos de maíz	Granular	720	45
Jabón en escamas	Granular	160 a 320	10 a 20
Laniza	Granular	720	45
Madera triturada	Fibrosa	240 a 480	15 a 30
Madera en virutas	Granular	290 a 320	18 a 20
Malta	Seca	720	45
Molibdeno, concentrados de	Pulverizado	1760	100
Polvos metálicos	Pulverizado	800 a 1600	50 a 100
Sal	Pulverizada	1200 a 1520	75 a 95
Salvado	Granular	260 a 320	16 a 20
Semilla de algodón	Granulada	560 a 640	35 a 40
Sosa comercial ligera	Pulverizada	400 a 560	25 a 35
Sosa comercial pesada	Pulverizada	880 a 1040	55 a 65
Talco	Pulverizado	800 a 960	50 a 60
Zinc, Óxido de	Pulverizado	320 a 560	20 a 35
Zinc, Sulfatos de	Pulverizado	1120	70

*Fuente: (VentDepot, 2022)*

La densidad del material que se quiere extraer varía entre un rango de los valores de 240 a 320 kg/m<sup>3</sup> según tabla anterior. Para este trabajo de investigación se tomó el valor promedio de 320 kg/m<sup>3</sup>. Este dato se buscó en la gráfica de Transporte de Materiales con Aire (Figura 26).

Una vez localizado los 320 kg/m<sup>3</sup>, se debe trazar una línea vertical hacia arriba interceptando con la línea de m<sup>3</sup> de aire por kg de material y seguir trazando hasta interceptar con la línea de Velocidad de Transporte en m/s. Para el diseño del sistema de extracción de polvo y viruta de madera se ha empleado un valor de la densidad que se encuentra entre el rango de ambos materiales, el cual fue de 320 kg/m<sup>3</sup>, ya que el sistema va a transportar ambos materiales y por ello, se consideró el mayor valor.

**Figura 26**

*Transporte de materiales con aire*



*Fuente: (VentDepot, 2022)*

Una vez interceptadas las líneas, se puede observar que los m<sup>3</sup> de aire por kg de material interceptan cerca en el 3.1 m<sup>3</sup>/kg y la Velocidad de Transporte en m/s intercepta en 21.7 m/s.

Con la velocidad de transporte se puede calcular el flujo volumétrico a extraer, considerando un diámetro del ducto de extracción de 75 mm, se obtuvo lo siguiente:

$$\dot{V}_{extracción} = \frac{\pi \times D_{extracción}^2 \times V_{transporte}}{4}$$

$$\dot{V}_{extracción} = \frac{\pi \times (0.075 \text{ m})^2 \times 21.7 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{4} = 0.096 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Ahora, considerando un factor de seguridad de 1.15 por temas de diseño, el flujo volumétrico de diseño es:

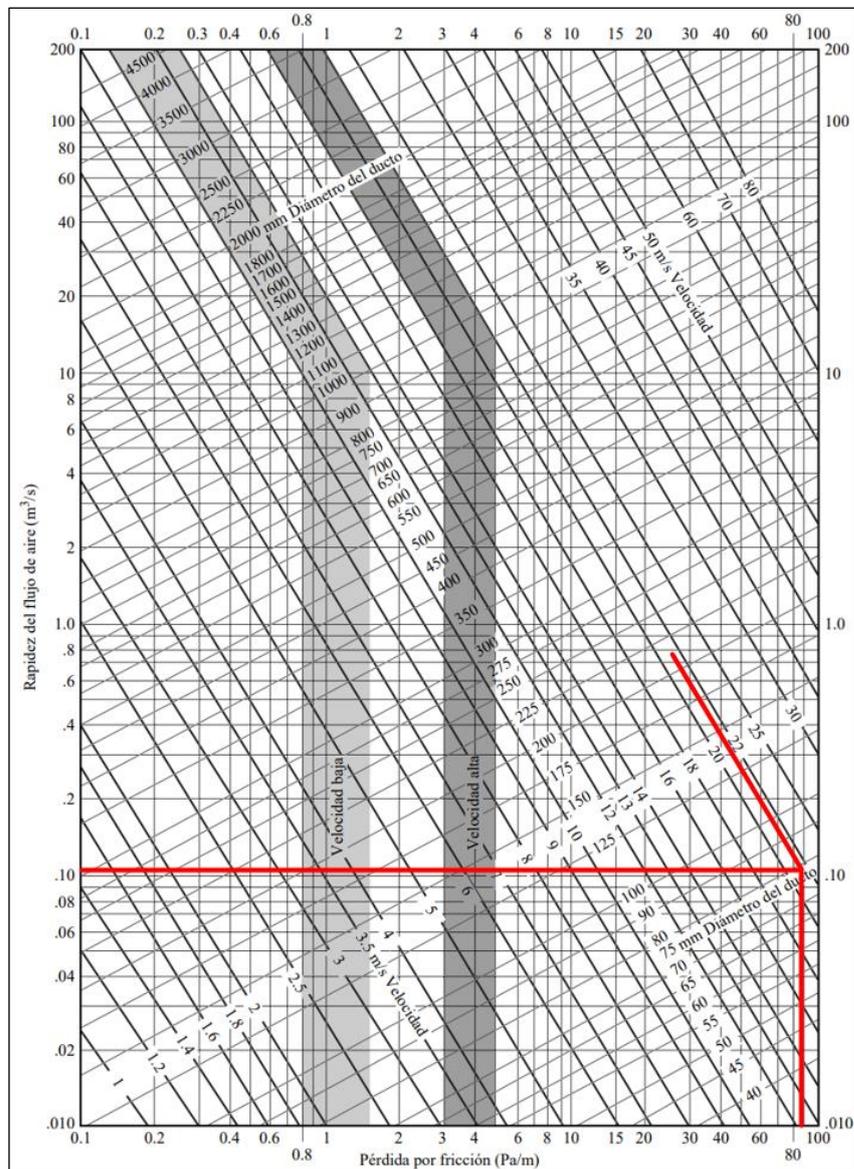
$$\dot{V}_{diseño} = 1.15 \times \dot{V}_{extracción}$$

$$\dot{V}_{diseño} = 1.15 \times 0.096 \frac{m^3}{s} = 0.1104 \frac{m^3}{s} = 397.44 \frac{m^3}{h}$$

Empleando la Figura 27 se obtiene la caída de presión en la entrada, como sigue:

**Figura 27**

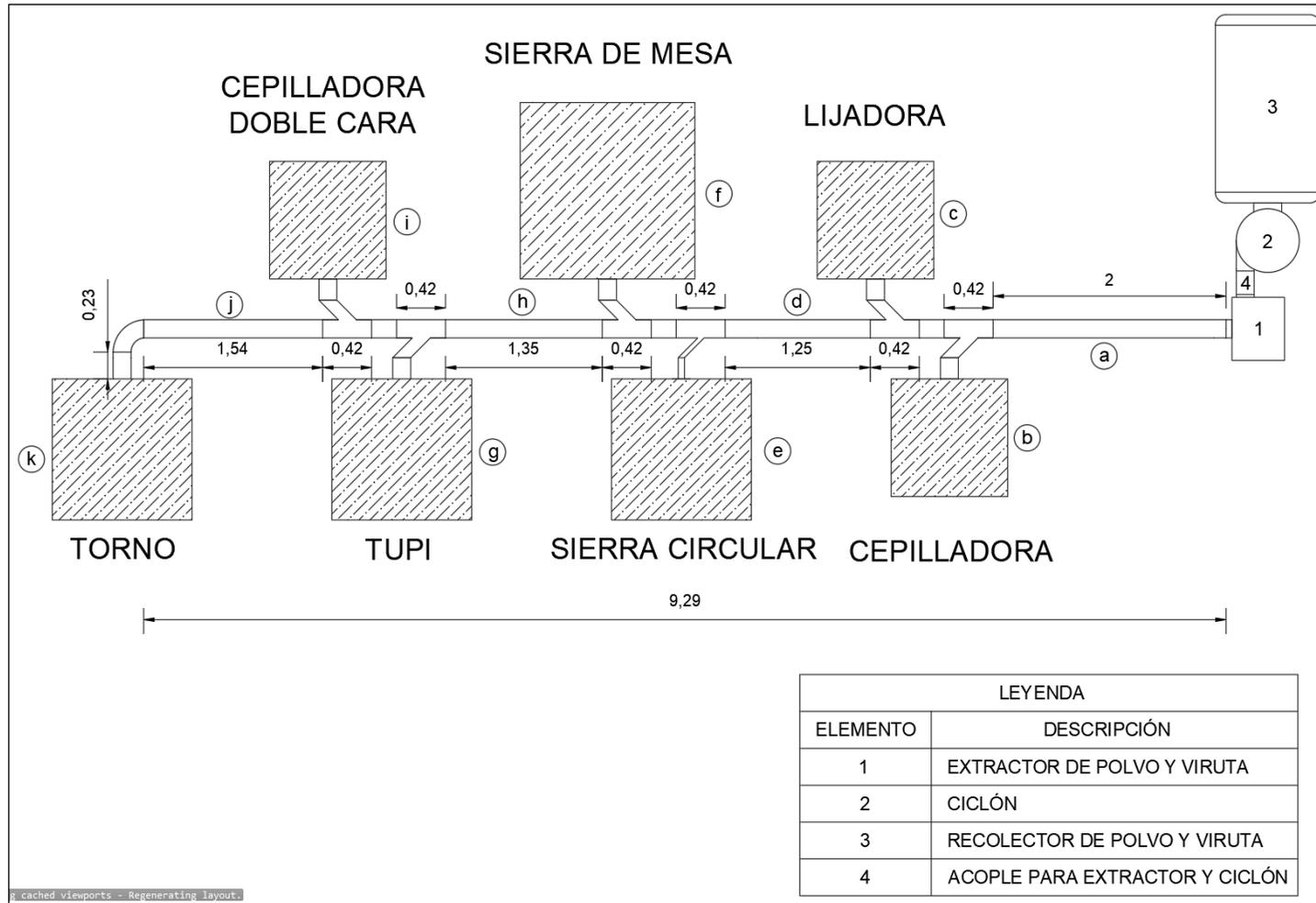
*Pérdidas por fricción en ductos*



Fuente: (Mott & Untener, Mecánica de Fluidos, 2015)

**Figura 28**

*Distribución de sistema de extracción para carpintería*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla 10**

*Factores C de pérdida dinámica para accesorios en ductos*

Codos de 90°						
	Liso, redondo	0.22				
	De 5 piezas, redondo	0.33				
	De 4 piezas, redondo	0.37				
	De 3 piezas, redondo	0.42				
	De inglete, redondo	1.20				
	Liso, rectangular	0.18				
	Te, ramificación	1.00				
	Te, flujo por ramificación principal	0.10				
	Ye simétrica	0.30				
Posición del amortiguador	0°	10°	20°	30°	40°	50°
(bien abierto)						
C	0.20	0.52	1.50	4.5	11.0	29
Rejilla de salida: suponga que la caída de presión total a través de la rejilla es de 0.06 inH <sub>2</sub> O (15 Pa).						
Persianas de admisión: suponga que la caída de presión total a través de las persianas es de 0.07 inH <sub>2</sub> O (17 Pa).						
<small>Nota: La pérdida dinámica para accesorios es <math>C(H_v)</math>, donde <math>H_v</math> representa la presión de la velocidad aguas arriba de la conexión. Los valores mostrados son ejemplos, sólo para ser usados en la resolución de los problemas incluidos en este libro. Existen muchos factores que afectan los valores reales para un determinado tipo de accesorio. Consulte la referencia 2 o los catálogos de los fabricantes para obtener datos más completos.</small>						

Fuente: (Mott & Untener, Mecánica de Fluidos, 2015)

La caída de presión en el tramo “a” es:

$$h_{fA} = 85 \frac{Pa}{m} \times 2 m = 170 Pa$$

La caída de presión debido a la velocidad:

$$V_{transporte} = 21.7 \frac{m}{s} \times \frac{60 s}{1 min} \times \frac{1 pie}{0.3048 m} = 4271.65 \frac{pie}{min} \approx 4272 \frac{pie}{min}$$

$$h_{fVA} = \left( \frac{V_{transporte}}{4005} \right)^2 = \left( \frac{4272}{4005} \right)^2 = 1.138 \text{ pulg } H_2O = 283.18 Pa$$

La caída de presión en el tramo “d” es:

$$h_{fD} = 85 \frac{Pa}{m} \times 1.25 m = 106.25 Pa$$

La caída de presión en el tramo “h” es:

$$h_{fH} = 85 \frac{Pa}{m} \times 1.35 m = 114.75 Pa$$

La caída de presión en el tramo “j” es:

$$h_{fJ} = 85 \frac{Pa}{m} \times 1.77 m = 150.45 Pa$$

La caída de presión en el codo del tramo “j” es:

$$C_{codo} = 0.22 \text{ (Codo redondo liso, **Tabla 10**)}$$

$$h_{fcodo} = C_{codo} \times h_{fVA} = 0.22 \times 283.18 Pa = 62.30 Pa$$

Las máquinas de la carpintería que emplean la misma velocidad para extraer son 6 (Cepilladora, Lijadora, Sierra de mesa, Cepilladora doble cara, Tupi y Torno), considerando lo siguiente, se obtuvo que:

$$C_{te \text{ ramificación}} = 1 \text{ (**Tabla 10**)}$$

$$h_{fCarp} = N_{equipos} \times C_{te \text{ ramificación}} \times h_{fVA}$$

$$h_{fCarp} = 6 \times 1 \times 283.18 Pa = 1699.08 Pa$$

Finalmente, la presión total es:

$$h_{fTotal} = h_{fA} + h_{fD} + h_{fH} + h_{fJ} + h_{fcodo} + h_{fCarp} + h_{fVA}$$

$$h_{fTotal} = 170 + 106.25 + 114.75 + 150.45 + 62.30 + 1699.08 + 283.18$$

$$h_{fTotal} = 2586.01 Pa$$

Considerando un coeficiente de pérdidas o de seguridad de 1.5, se obtiene la caída de presión de diseño:

$$P_{diseño} = 1.50 \times h_{fTotal}$$

$$P_{diseño} = 1.50 \times 2586.01 \quad P_{diseño} = 3879.015 Pa$$

### 5.1.3.1. Diseño del equipo extractor de polvo y viruta

En consideración con la metodología empleada por Sepulveda (2022), se procedió a realizar los cálculos respectivos para el diseño del extractor. Los datos necesarios para el diseño del sistema de extracción de polvo y viruta son:

$$Q = 397.44 \frac{m^3}{h}$$

$$n = 3\,510 \text{ rpm}$$

$$P_{diseño} = 3\,879.015 \text{ Pa}$$

$$\rho_{aire} = 1.222 \frac{kg}{m^3}$$

Coeficiente de rapidez ( $Ny$ )

$$Ny = \frac{53 \left(\frac{Q}{3600}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{n}{60}\right) * 2\pi}{P^{3/4}}$$

$$Ny = \frac{53 \left(\frac{397.44}{3600}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{3510}{60}\right) * 2\pi}{3\,879.015^{3/4}} = 13.17$$

**Tabla 11**

*Coefficientes para selección del tipo de ventilador*

Tipo de ventilador	$Ny$
Radial de alta presión	10-30
Radial de presión media y baja	
-con alabes doblados hacia adelante	30-60
-con albes doblados hacia atrás	50-80
Radiales de doble entrada	50-120

*Fuente:* (Sepulveda, 2022)

De acuerdo con la Tabla 11 se debe seleccionar un ventilador radial de presión alta parte principal del extractor. Entonces se tiene lo siguiente:

#### **Cálculo del diámetro de entrada del extractor y diámetro interior del rodete**

Considerando que el valor de “k” se encuentra entre 1.35 y 1.9, se ha

empleado un valor que se encuentre entre ambos, es decir, de 1.6.

$D_o$ : Diámetro de entrada.

$D_1$ : Diámetro interior del rodete.

$$D_o = D_1 = k * \sqrt[3]{\frac{Q}{w}}$$

$$D_o = D_1 = 1.6 * \sqrt[3]{\frac{\frac{397.44 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}}}{\frac{3510 \text{ rpm} * 2\pi}{60}}}$$

$$D_o = D_1 = 0.107 \text{ m} \cong 107 \text{ cm}$$

$D_2$ : Diámetro exterior del rodete.

$$D_2 = \frac{D_o * 60}{Ny} = \frac{0.107 \text{ m} * 60}{13.17}$$

$$D_2 = 0.488 \text{ m} \cong 48.8 \text{ cm}$$

Para reducir las pérdidas de energía en la entrada del rodete, es recomendable que se igualen las áreas y velocidades. Continuando con el cálculo se tiene lo siguiente:

Ancho del alabes ( $b_1$ )

$$b_1 = \frac{K * D_o}{4}$$

Donde "K" toma valores desde 1.2 a 2.5, pero para fines de diseño se empleó el valor de 1.85 para no sobredimensionar los componentes, entonces:

$$K = 1.85$$

$$b_1 = \frac{1.85 * 0.107 \text{ m}}{4} = 0.05 \text{ m} \cong 5 \text{ cm}$$

Cálculo del número de álabes de rotor (Z)

$$Z \geq \frac{(D_2 + D_1)}{(D_2 - D_1)} * \pi$$

$$Z \geq \frac{(0.488 \text{ m} + 0.107 \text{ m})}{(0.488 \text{ m} - 0.107 \text{ m})} * \pi = 4.91$$

$$Z = 7 \text{ álabes}$$

Velocidad tangencial ( $U_1$ )

$$U_1 = \frac{\pi * D_1 * n}{60}$$

$$U_1 = \frac{\pi * 0.107 \text{ m} * 3510 \text{ rpm}}{60} = 19.69 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Componente tangencial de la velocidad en el borde de entrada del álabe

( $C_o$ )

$$C_o = C_1 * r = \frac{4 * Q}{\pi * D_o^2}$$

$$C_o = C_1 * r = \frac{4 * \frac{397.44 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}}}{\pi * 0.107^2} = 12.24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El valor de  $\beta_1$  (ángulo de entrada del alabe) óptimo debe estar entre  $40^\circ$  y  $50^\circ$ , para fines de diseño, se empleó el valor medio de  $45^\circ$ , entonces se tiene que:

Velocidad relativa ( $W_1$ )

$$W_1 = \frac{C_1 * r}{\cos(90^\circ - \beta_1)}$$

$$W_1 = \frac{13.10 \frac{m}{s}}{\cos(90^\circ - 45^\circ)} = 17.31 \frac{m}{s}$$

Velocidad absoluta ( $C_1$ ), Es la velocidad resultante a la entrada del rodete en el borde de entrada del álabe.

$$C_1^2 = U_1^2 + W_1^2 - 2 * U_1 * W_1 * \cos \beta_1$$

$$C_1^2 = \left(19.69 \frac{m}{s}\right)^2 + \left(17.31 \frac{m}{s}\right)^2 - 2 * 19.69 \frac{m}{s} * 17.31 \frac{m}{s} * \cos 45^\circ = 205.387 \frac{m^2}{s^2}$$

$$C_1 = 14.33 \frac{m}{s}$$

Cálculo de ( $\alpha_1$ ) Este ángulo es el que forma la velocidad tangencial en el borde de entrada del álabe, con la resultante;

$$\sin \alpha_1 = \frac{W_1 * \sin \beta_1}{C_1}$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{17.31 \frac{m}{s} * \sin 45^\circ}{14.33 \frac{m}{s}} = 0.85427451$$

$$\alpha_1 = \sin^{-1}(0.85427451) = 58.68^\circ$$

Cálculo de la componente tangencial de la velocidad absoluta ( $C_1 * u$ )

La velocidad absoluta tiene su componente en el triángulo de velocidades, y se encuentra con la siguiente ecuación;

$$C_1 * u = C_1 * \cos \alpha_1$$

$$C_1 * u = 14.33 \frac{m}{s} * \cos 58.68^\circ = 7.45 \frac{m}{s}$$

Características a la salida del rotor

Velocidad tangencial (a la salida del álabe) ( $U_2$ )

$$U_2 = \frac{\pi * D_2 * n}{60}$$

$$U_2 = \frac{\pi * 0.488 \text{ m} * 3510 \text{ rpm}}{60} = 89.72 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

El valor de  $\beta_2$  óptimo debe estar entre el rango de  $140^\circ$  a  $160^\circ$ , por temas de diseño se empleó el valor medio, esto es, de  $150^\circ$ . Entonces:

Si se asume que:

Componente tangencial de la velocidad absoluta ( $C_2 * u$ )

$$W_1 = W_2$$

$$C_2 * u = U_2 + W_2 * \cos(180^\circ - \beta_2)$$

$$C_2 * u = 89.72 \frac{\text{m}}{\text{s}} + 17.31 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \cos(180^\circ - 150^\circ) = 104.71 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$C_2 * r = W_2 * \sin(180^\circ - \beta_2)$$

$$C_2 * r = 17.31 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \sin(180^\circ - 150^\circ) = 8.66 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad absoluta a la salida del álabe ( $C_2$ )

$$C_2^2 = (C_2 * u)^2 + (C_2 * r)^2$$

$$C_2^2 = \left(104.71 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 + \left(8.66 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 11\,040.50 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$C_2 = 105.07 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ángulo ( $\alpha_2$ ) a la salida es el ángulo formado entre la superficie superior del álabe, con la tangente del diámetro exterior.

$$\sin \alpha_2 = \frac{W_2 * \sin \beta_2}{C_2}$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{17.31 \frac{m}{s} * \sin 150^\circ}{105.07 \frac{m}{s}} = 0.08238995$$

$$\alpha_2 = \sin^{-1}(0.08238995) = 4.73^\circ$$

Empleando un número entero para los álabes y un factor k igual a 3:

$$Z = 7$$

$$k = 3$$

$$\cos \beta'_2 = \cos \beta_2 + k * \left( \frac{C_2 * u}{Z * U_2} \right)$$

$$\cos \beta'_2 = \cos 150^\circ + 3 * \left( \frac{104.71 \frac{m}{s}}{7 * 105.07 \frac{m}{s}} \right) = -0.36583093$$

$$\beta'_2 = \cos^{-1}(-0.36583093) = 111.46^\circ$$

$$C_2 * r' = W_2 * \sin(180^\circ - \beta'_2)$$

$$C_2 * r' = 17.31 \frac{m}{s} * \sin(180^\circ - 111.46^\circ) = 16.11 \frac{m}{s}$$

$$C_2 * u' = U_2 + \left( \frac{C_2 * r}{\tan(180^\circ - \beta'_2)} \right)$$

$$C_2 * u' = 89.72 \frac{m}{s} + \left( \frac{8.66 \frac{m}{s}}{\tan(180^\circ - 111.46^\circ)} \right) = 93.13 \frac{m}{s}$$

$$C'_2 = \sqrt{(C_2 * r')^2 + (C_2 * u')^2}$$

$$C'_2 = \sqrt{\left(16.11 \frac{m}{s}\right)^2 + \left(93.13 \frac{m}{s}\right)^2} = 94.51 \frac{m}{s}$$

$$\cos \alpha'_2 = \frac{C_2 * u'}{C'_2}$$

$$\cos \alpha'_2 = \frac{93.13 \frac{m}{s}}{94.51 \frac{m}{s}} = 0.9853575$$

$$\alpha'_2 = \cos^{-1}(0.9853575) = 9.82^\circ$$

Eficiencia hidráulica del rodete, considerando que  $\xi = 0.7$ .

$$\eta_h = 1 - \frac{\xi}{2} \left[ \frac{\cos^2 \beta_1}{\left[ \frac{D_2}{D_1} \right]^2 * \cos \alpha'_2 * \left( \frac{\sin \beta'_2}{\sin[180^\circ - (\beta'_2 + \alpha'_2)]} - \sin^2 \beta_1 \right)} \right]$$

$$\eta_h = 1 - \frac{0.7}{2} \left[ \frac{\cos^2 45^\circ}{\left[ \frac{0.488 m}{0.107 m} \right]^2 * \cos 9.82^\circ * \left( \frac{\sin 111.46^\circ}{\sin[180^\circ - (111.46^\circ + 9.82^\circ)]} - \sin^2 45^\circ \right)} \right]$$

$$\eta_h = 0.9863$$

Presión teórica ( $P_t$ )

$$P_t = \rho_{aire} * (U_2 * C_2 * u' - U_1 * C_1 * u)$$

$$P_t = 1.222 \frac{kg}{m^3} * \left( 89.72 \frac{m}{s} * 93.13 \frac{m}{s} - 19.69 \frac{m}{s} * 7.45 \frac{m}{s} \right) = 10\,031 Pa$$

Presión real ( $P_r$ )

$$P_r = P_t * \eta_h$$

$$P_r = 10\,031 Pa * 0.9863 = 9\,893.575 Pa$$

La velocidad de salida en la voluta ( $Ca$ ) es por lo general del 74% de la velocidad de salida del rodete ( $C'_2$ ), entonces:

$$Ca = 0.74 * C'_2$$

$$Ca = 0.74 * 94.51 \frac{m}{s} = 69.94 \frac{m}{s}$$

El área de salida será: ( $F$ )

$$F = \frac{Q}{Ca}$$

$$F = \frac{\frac{397.44 \text{ m}^3}{3600 \frac{\text{s}}{\text{m}}}}{69.94 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0.00157857 \text{ m}^2$$

Magnitud de la apertura de la envoltura

$$A = \frac{D_2 * Ny}{90}$$

$$A = \frac{0.488 \text{ m} * 13.17}{90} = 0.071434 \text{ m}$$

Asumiendo un ancho  $B=0.065$  m de la voluta

$$A' = \frac{F}{B}$$

$$A' = \frac{0.00157857 \text{ m}^2}{0.065 \text{ m}} = 0.0243 \text{ m}$$

Pérdidas inevitables debido a la componente radial de la velocidad absoluta

$$\Delta P * c_2 r = \rho_{\text{aire}} * \frac{(C_2 * r)^2}{2}$$

$$\Delta P * c_2 r = 1.222 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{\left(8.66 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = 45.79 \text{ Pa}$$

Pérdidas por golpes durante el mezclado de flujo ( $\Delta P_{MG}$ )

$$\Delta P_{MG} = \rho_{\text{aire}} * \frac{(C_2 * u' - Ca)^2}{2}$$

$$\Delta P_{MG} = 1.222 \frac{kg}{m^3} * \frac{\left(93.13 \frac{m}{s} - 69.94 \frac{m}{s}\right)^2}{2} = 328.54 Pa$$

Pérdidas por fricción ( $\Delta P_f$ )

$$\Delta P_f = k * \rho_{aire} * \frac{Ca^2}{2}$$

$$\Delta P_f = 0.35 * 1.222 \frac{kg}{m^3} * \frac{\left(69.94 \frac{m}{s}\right)^2}{2} = 1\,494.24 Pa$$

Pérdidas en la envoltura ( $\Sigma \Delta P$ )

$$\Sigma \Delta P = \Delta P * c_{2r} + \Delta P_{MG} + \Delta P_f$$

$$\Sigma \Delta P = 45.79 Pa + 328.54 Pa + 1\,494.24 Pa = 1\,868.57 Pa$$

Pérdidas en el rodete y envoltura, las pérdidas en el rotor se toman como 10% de las pérdidas en la envoltura.

$$\Sigma \Delta P_t = \Sigma \Delta P + \Delta P_{rotor}$$

$$\Sigma \Delta P_t = 1\,868.57 Pa + 0.10 * 1\,868.57 Pa = 2\,055.42 Pa$$

Presión desarrollada por el ventilador ( $P_v$ )

$$P_v = P_t - \Sigma \Delta P_t$$

$$P_v = 9\,893.575 Pa - 2\,055.42 Pa = 7\,838.155 Pa$$

Finalmente, la presión desarrollada por el ventilador es superior a  $P_{diseño} = 3879.015 Pa$ , por lo tanto, el extractor suplirá con la presión negativa requerida.

Eficiencia hidráulica del extractor

$$\eta_{hv} = \frac{P_t - \Sigma \Delta P}{P_t}$$

$$\eta_{hv} = \frac{9\,893.575\text{ Pa} - 2\,055.42\text{ Pa}}{9\,893.575\text{ Pa}} = 0.7922$$

### 5.1.3.2. Diseño de la voluta

Dimensionando el área de salida de la voluta:

$$A_s = \frac{Q}{v}$$

$$A_s = \frac{0.13846 \frac{m^3}{s}}{21.7 \frac{m}{s}} = 0.00508756\text{ m}^2$$

Considerando un ancho de voluta de 65 mm:

$$A = \frac{A_s}{0.065\text{ m}}$$

$$A = \frac{0.00508756\text{ m}^2}{0.065\text{ m}} = 0.0783\text{ m}$$

Cálculo del  $R_{m\acute{a}x}$  de la voluta:

$$R_{m\acute{a}x} = 0.9\text{ pulg} + D_2$$

$$R_{m\acute{a}x} = 0.9\text{ pulg} \times \frac{0.0254\text{ m}}{1\text{ pulg}} + 0.488$$

$$R_{m\acute{a}x} = 0.511\text{ m}$$

Cálculo de la constante K:

Considerando que  $\theta_{m\acute{a}x} = 2\pi$  (360) y  $\theta_o = 0\text{ rad}$ .

El valor de  $R_o$  es:

$$R_o = \frac{D_2}{2} = \frac{0.488 \text{ m}}{2} = 0.244 \text{ m}$$

$$K = \frac{\theta_{\text{máx}} - \theta_o}{\log_{10} \left( \frac{R_{\text{máx}}}{R_o} \right)}$$

$$K = \frac{360^\circ - 0^\circ}{\log_{10} \left( \frac{0.511 \text{ m}}{0.244 \text{ m}} \right)} = 1121.8298$$

Por fórmula:

$$r = \left( \frac{D_2}{2} \right) * 10^{\left( \frac{\theta}{K} \right)}$$

**Tabla 12**

*Valores de "r" para la voluta*

$\theta$	r (m)	$\theta$	r (m)	$\theta$	r (m)
0	0.244	135	0.322	270	0.425
15	0.252	150	0.332	285	0.438
30	0.260	165	0.342	300	0.452
45	0.268	180	0.353	315	0.466
60	0.276	195	0.364	330	0.481
75	0.285	210	0.376	345	0.496
90	0.294	225	0.387	360	0.511
105	0.303	240	0.399		
120	0.312	255	0.412		

*Fuente: Elaboración propia.*

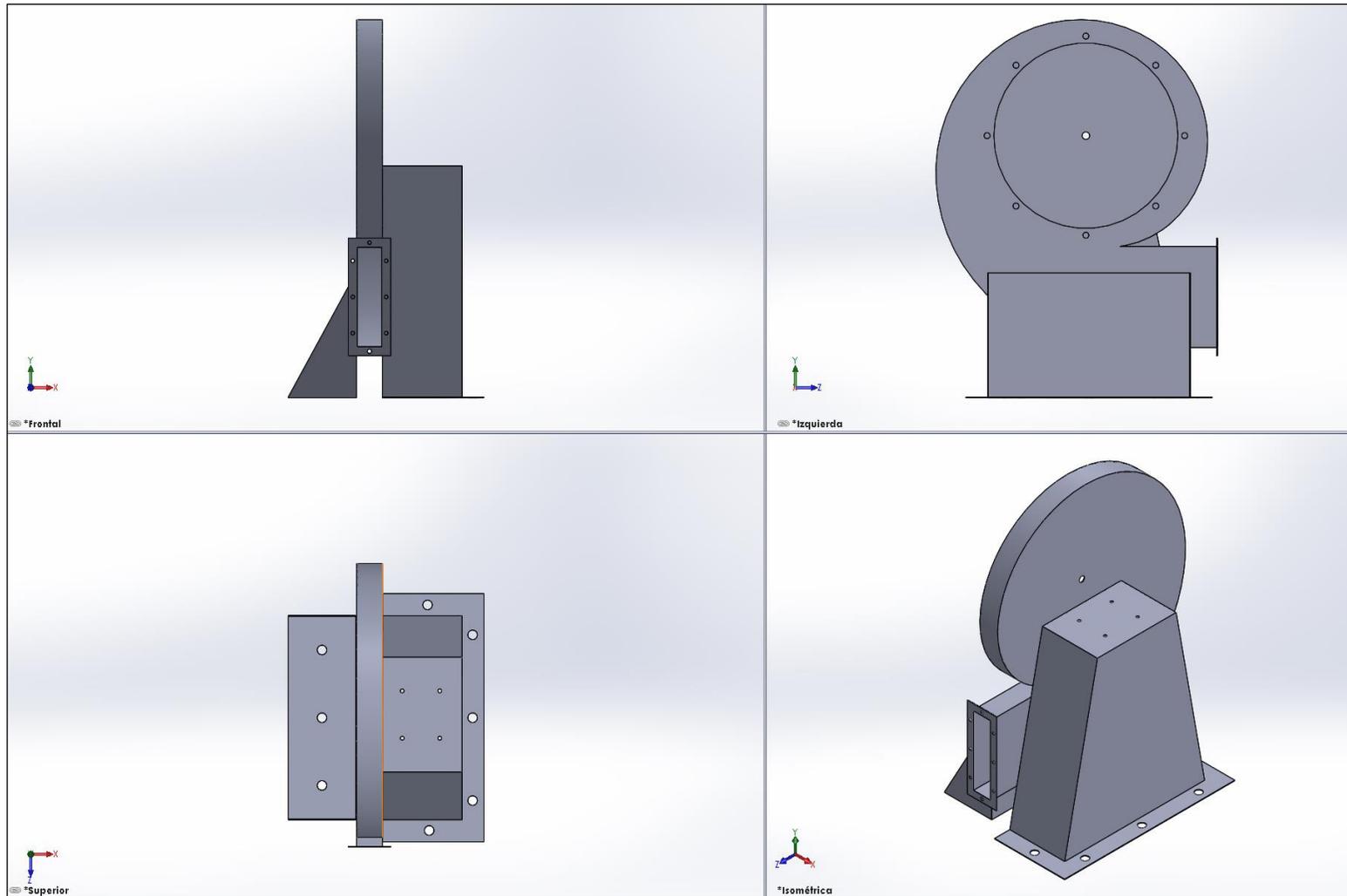
### 5.1.3.3. Ensamblaje de sistema de extracción

Luego de realizar los cálculos, se procedió a modelar la voluta del extractor, además de incluir su sistema de soporte, lo cual se puede apreciar en la Figura 29 con las vistas respectivas para una mejor perspectiva y la Figura 30 una vista isométrica de todo el modelado para una mejor apreciación. En la Figura 31 se puede observar el modelado de la tapa lateral que servirá para poder montar el rodete y para sus mantenimientos respectivos. En la Figura 32 se puede apreciar la vista

isométrica del modelado de la tapa lateral. En la Figura 33 se aprecia el modelado del rodete con sus 7 álabes de acuerdo con los cálculos. En la Figura 34 se aprecia la vista isométrica del modelado del rodete con sus 7 álabes. En la Figura 35 se observa el ensamblaje de todo el sistema de extracción de polvo y viruta con sus vistas respectivas. En la Figura 36 se observa la vista isométrica del ensamblaje de todo el sistema de extracción de polvo y viruta para una mejor apreciación.

**Figura 29**

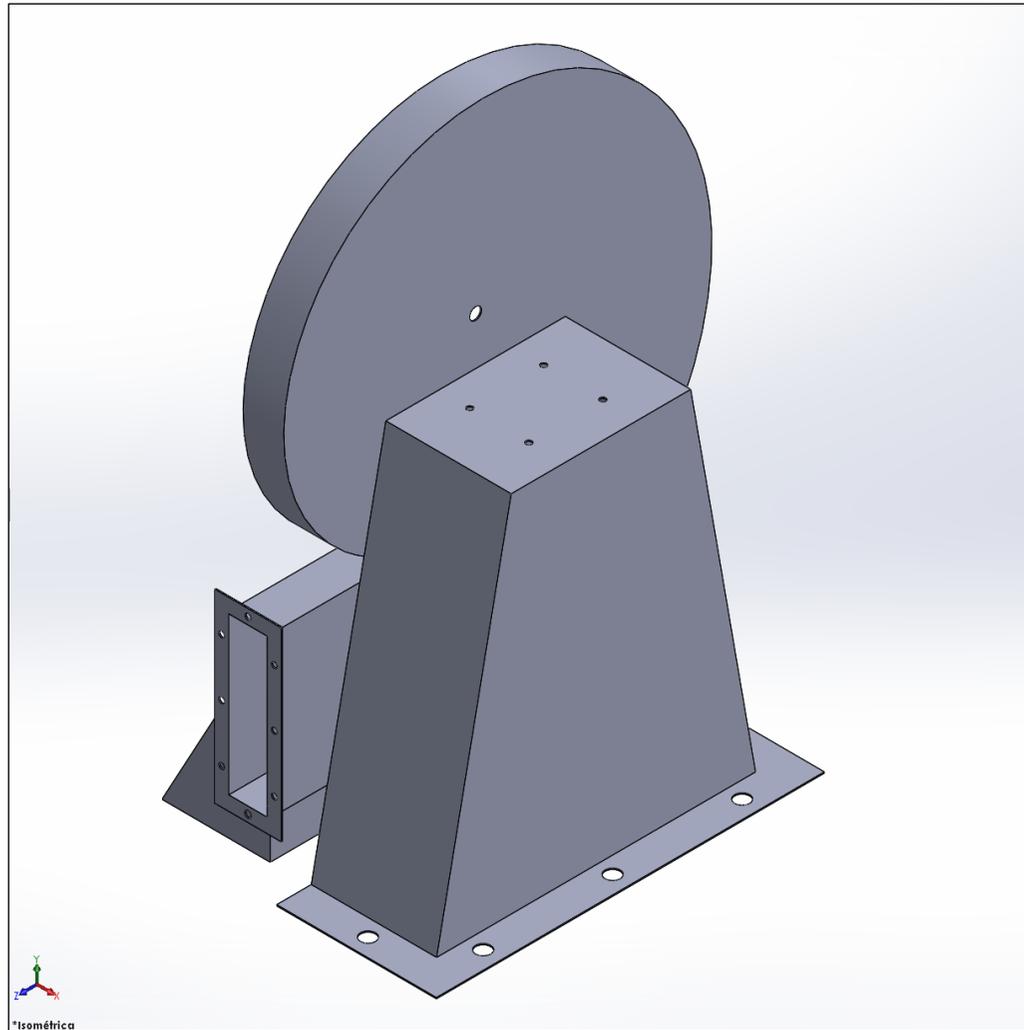
*Modelado de voluta para ventilador centrífugo y sus vistas respectivas*



*Fuente: Elaborado con SolidWorks 2018.*

**Figura 30**

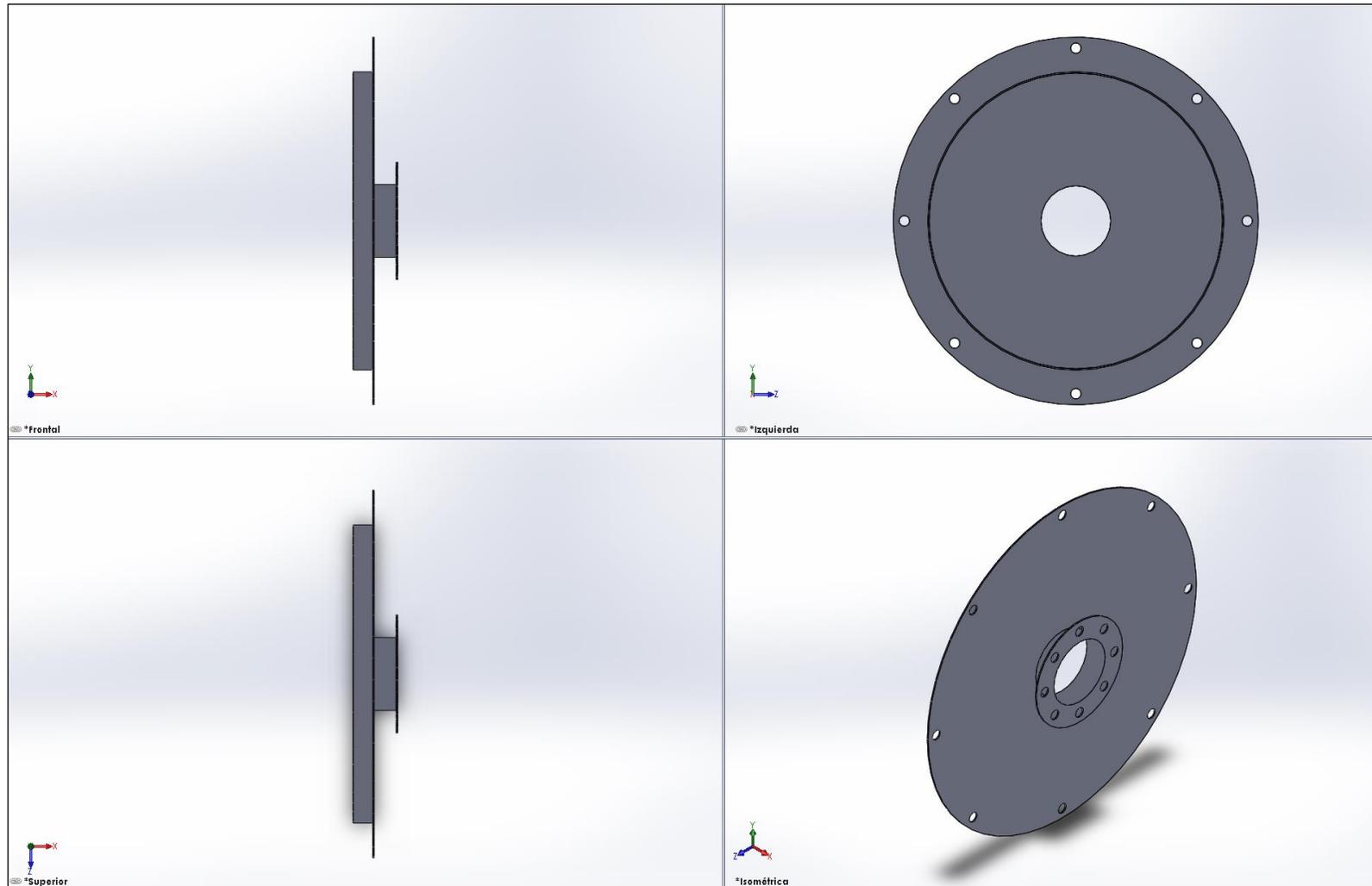
*Vista isométrica del modelado de voluta para ventilador centrifugo*



*Fuente: Elaborado con SolidWorks 2018.*

**Figura 31**

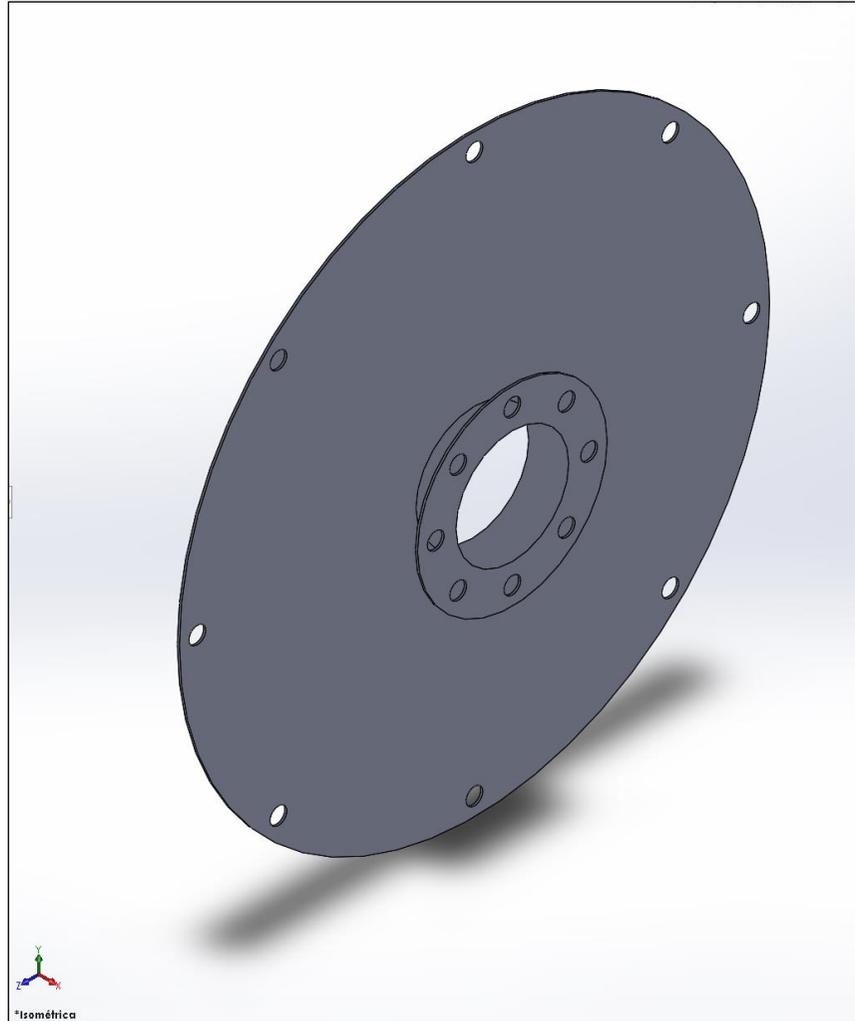
*Modelado de la tapa lateral para ventilador centrífugo con sus vistas respectivas*



*Fuente: Elaborado con SolidWorks 2018.*

**Figura 32**

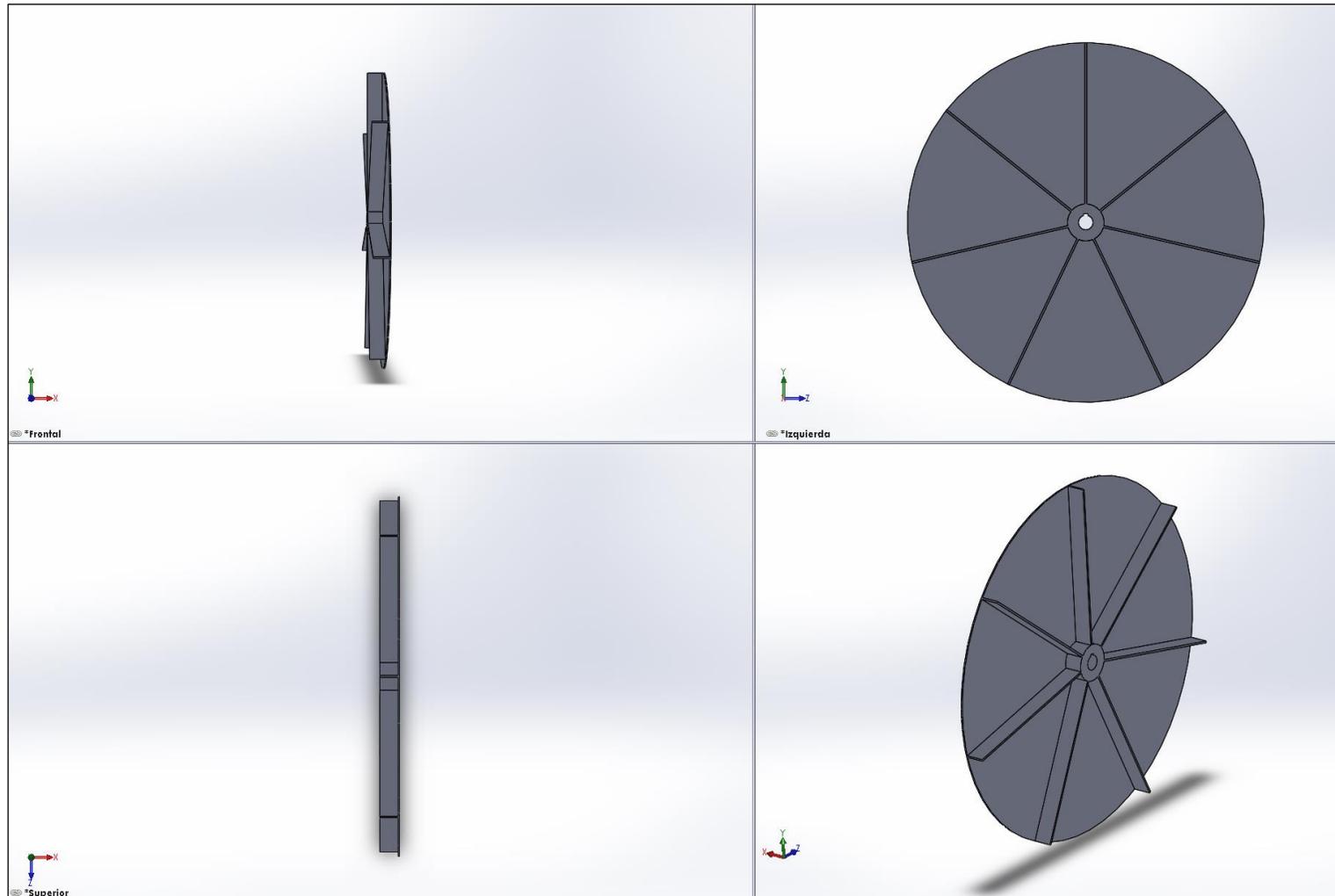
*Vista isométrica del modelado de la tapa lateral para ventilador centrífugo*



*Fuente: Elaborado con SolidWorks 2018.*

**Figura 33**

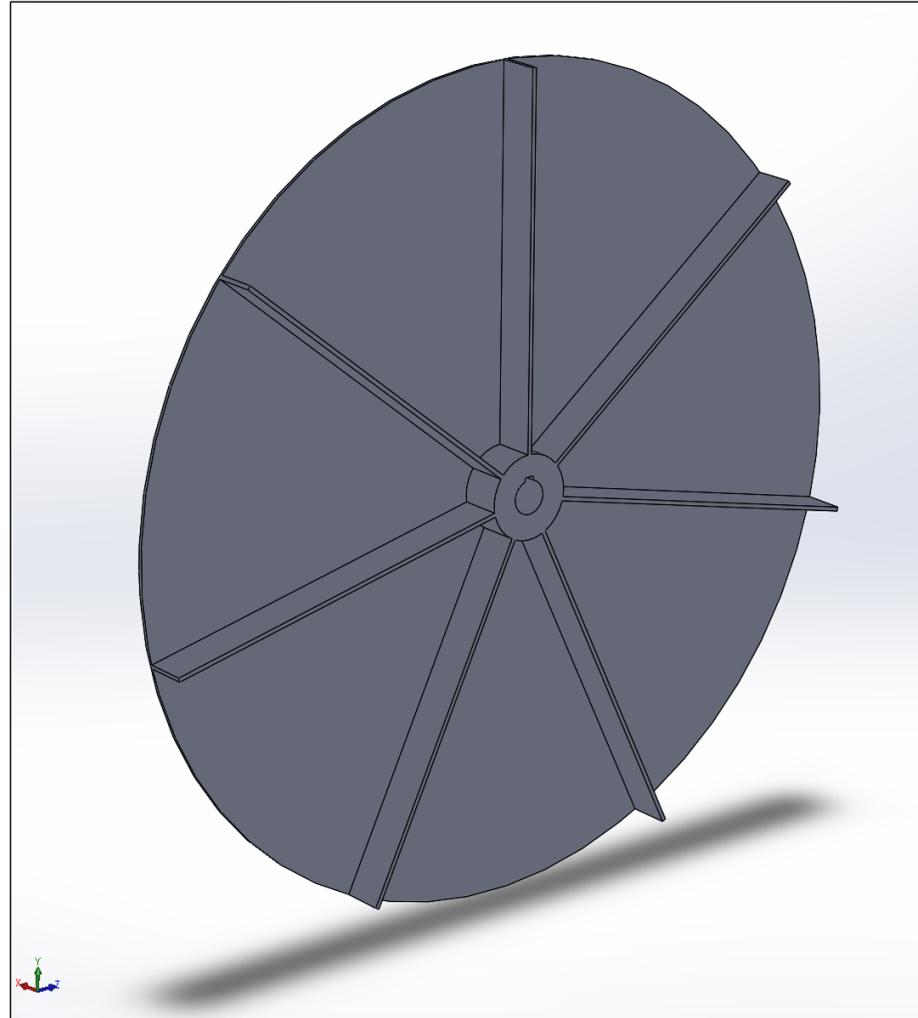
*Modelado del rotor con sus álabes para el ventilador centrífugo y sus vistas respectivas*



*Fuente: Elaborado con SolidWorks 2018.*

**Figura 34**

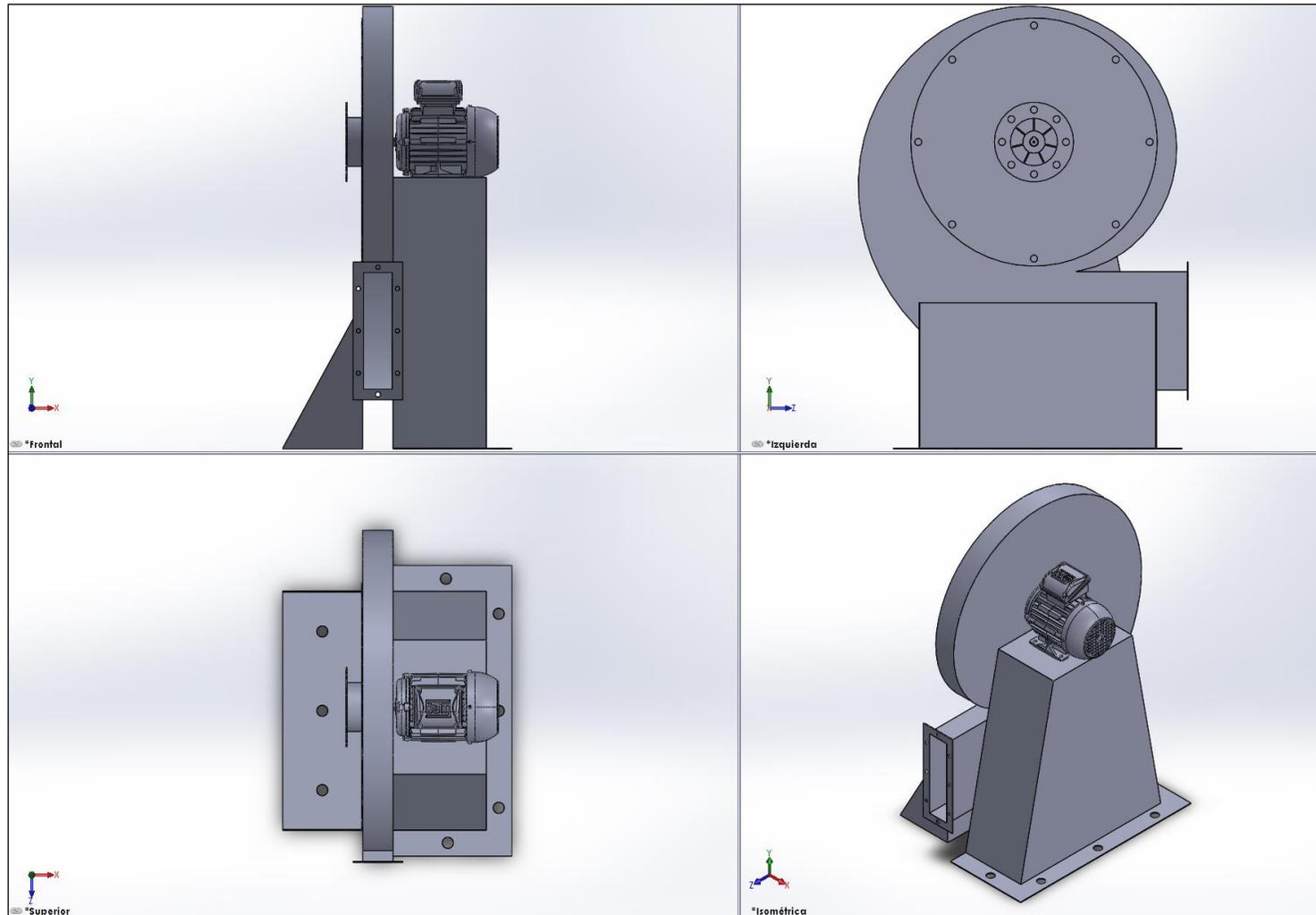
*Vista isométrica del modelado de la tapa lateral para ventilador centrífugo*



*Fuente: Elaborado con SolidWorks 2018.*

**Figura 35**

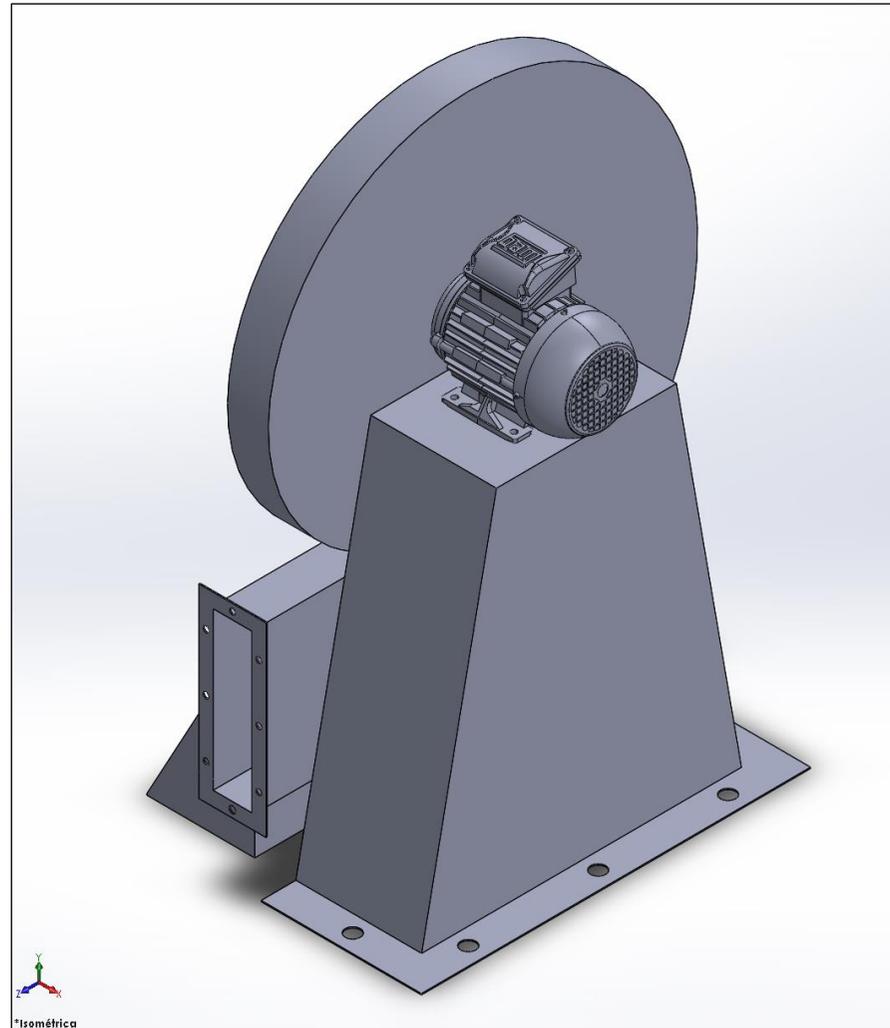
*Ensamblaje del sistema de extracción de polo y viruta y sus vistas respectivas*



*Fuente: Elaborado con SolidWorks 2018.*

**Figura 36**

*Vista isométrica del ensamblaje del sistema de extracción de polvo y viruta*



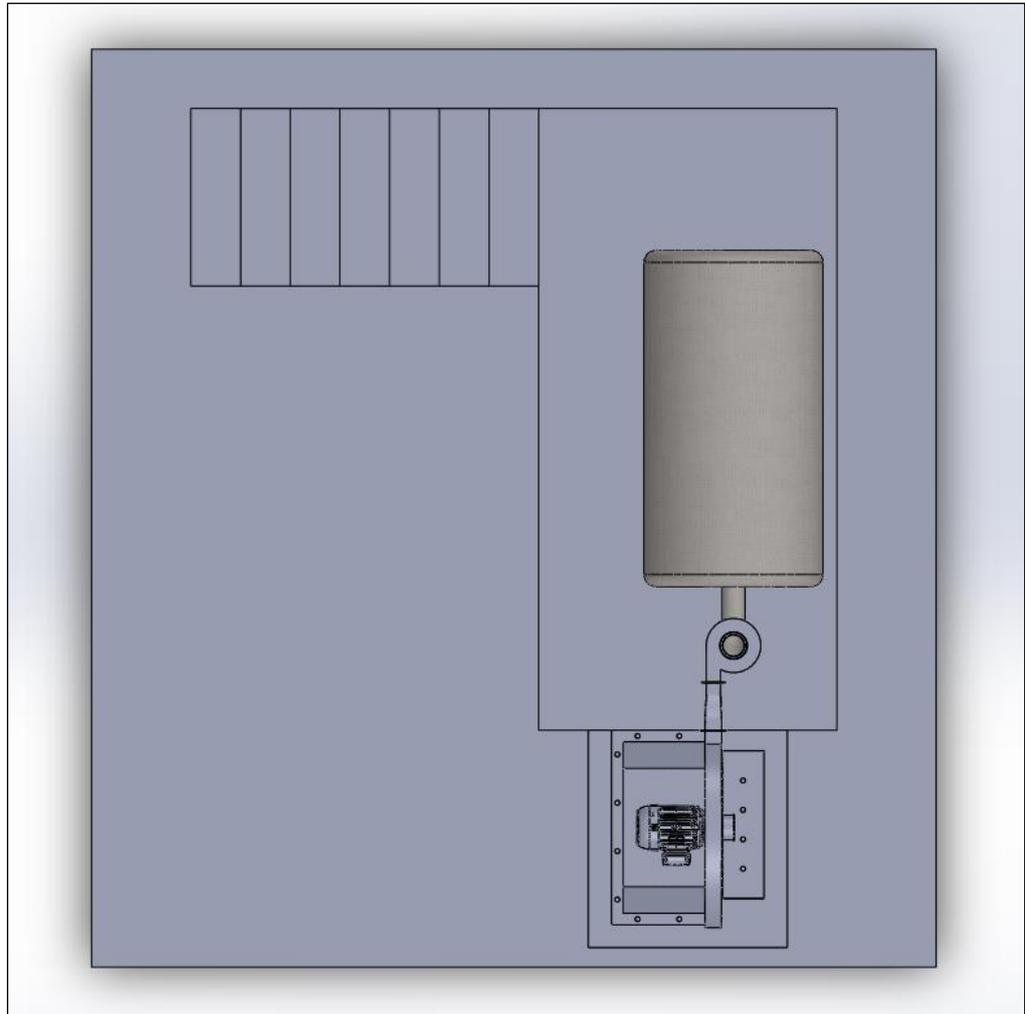
*Fuente: Elaborado con SolidWorks 2018.*

#### **5.1.3.4. Detalle de instalación de sistema de extracción**

Como todo sistema, es necesario detallar como se instalarán los elementos y equipos del sistema de extracción de polvo y viruta en el interior de la carpintería. En el Anexo 5 se aprecia el plano de distribución de las máquinas y herramientas que se usan en dicha carpintería y en el Anexo 6 se aprecia la configuración y ubicación del extractor, acople, ciclón y colector, además de las medidas de la manguera para cada máquina y herramienta, adicionalmente, se realizó un esquema en 3D empleando el software SolidWorks para dar una idea más precisa de cómo quedaría el sistema una vez instalado. En la Figura 37, Figura 38, Figura 39 se aprecia dicho detalle. Se puede ver que el hueco donde se colocará el colector debe tener una profundidad de 1.3467 m. un ancho de 1.5 m y un largo de 3.15 m. Los escalones de las escaleras serán de 0.25 m de huella y 0.18 m de contrahuella, con un ancho de 0.90 m.

**Figura 37**

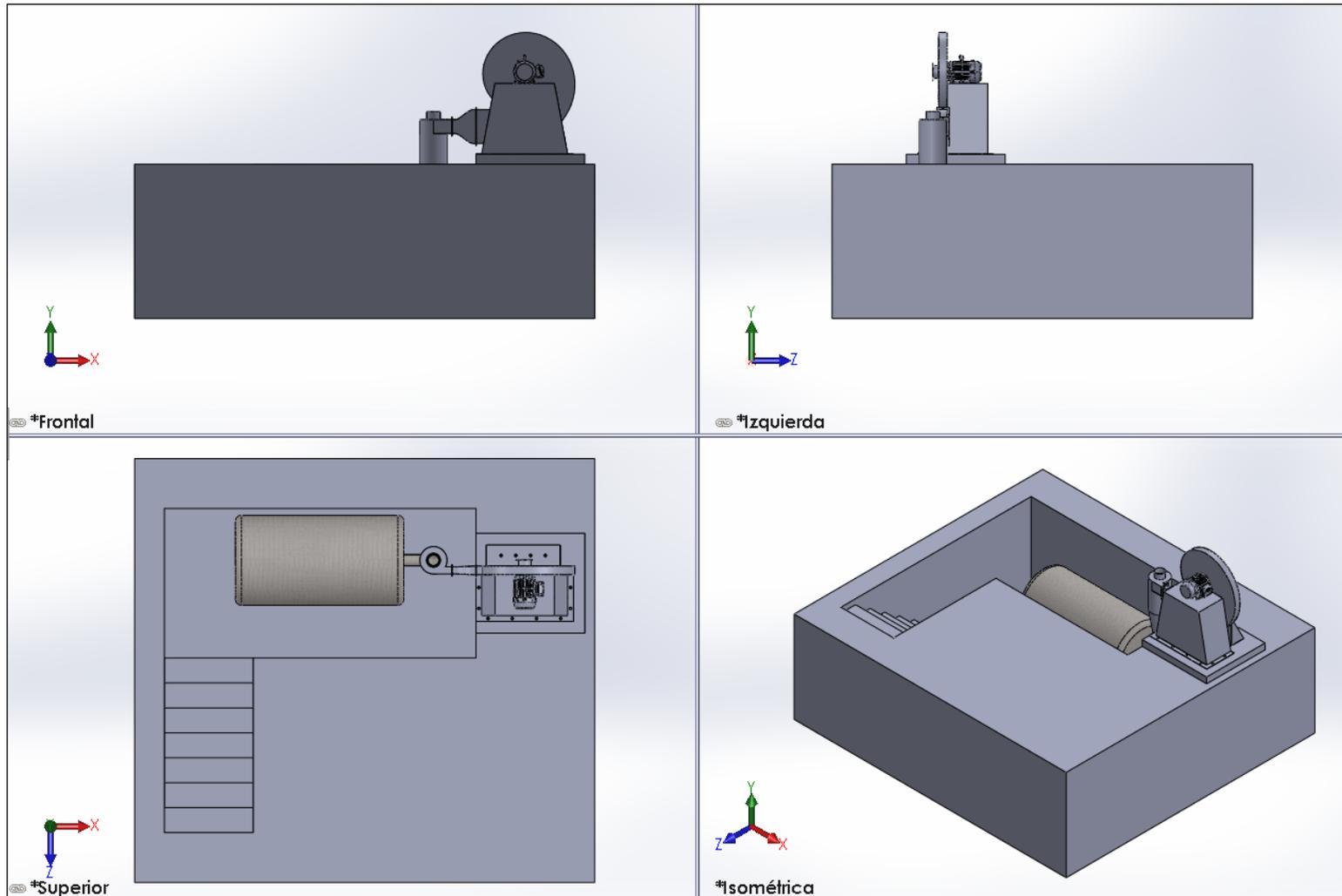
Vista en planta del sistema de extracción de polvo y viruta



*Fuente: SolidWorks 2018.*

**Figura 38**

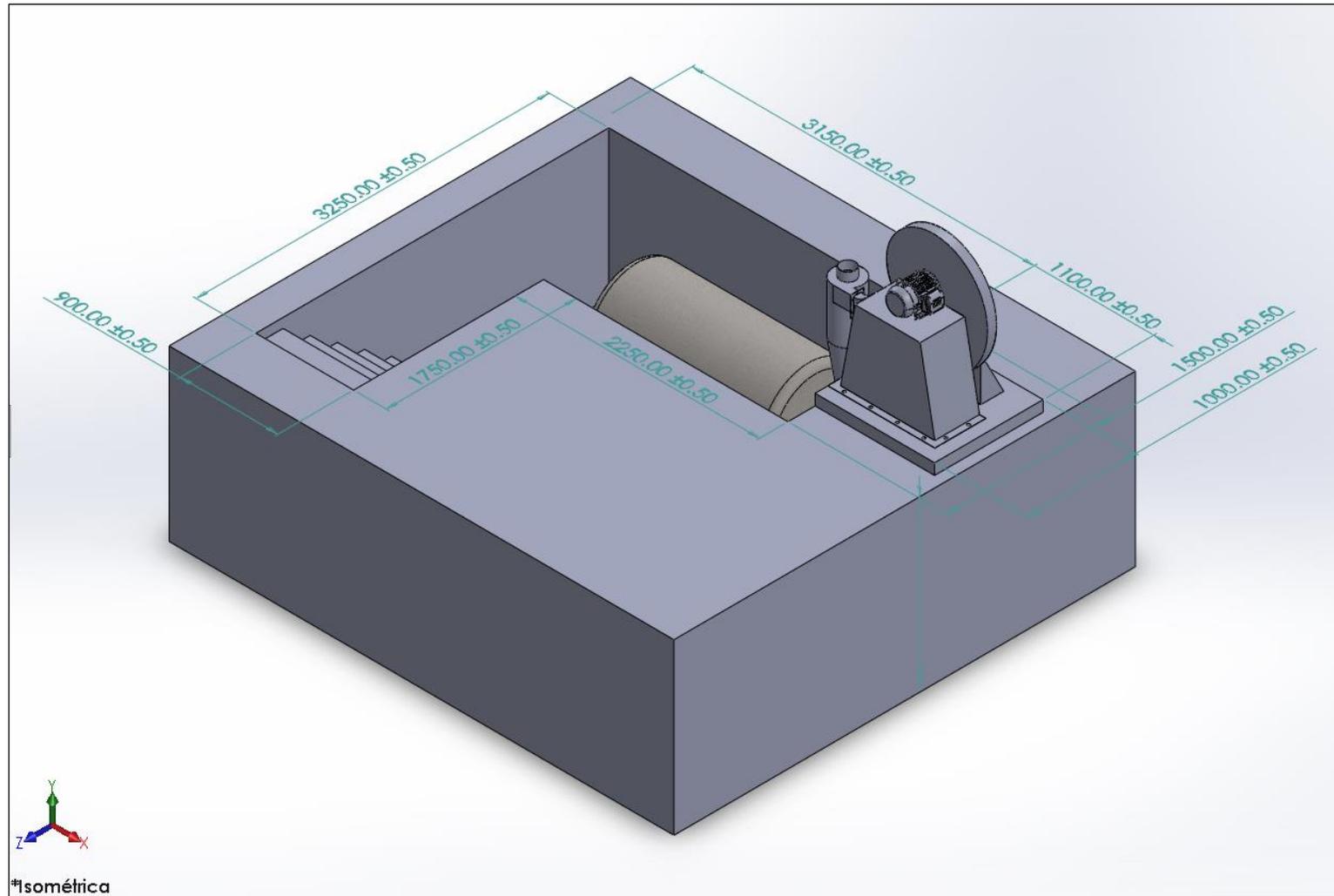
*Vistas de sistema de extracción de polvo y viruta*



*Fuente: SolidWorks 2018.*

**Figura 39**

*Corte transversal del sistema de extracción*



Fuente: SolidWorks 2018.

#### 5.1.4. Cálculo para la selección del motor del sistema de extracción

##### Cálculo del extractor necesario

Y el caudal (Q) de aire libre que debe proporcionar es:

$$\text{Caudal} = Q = 397.44 \frac{m^3}{h}$$

Tanto para hacer frente a sobrecargas puntuales en la instalación, como para la extracción de aire, se debe asegurar un margen de seguridad a los valores calculados anteriormente, de manera que las características del extractor a especificar son:

$$\text{Caudal} \cong 1.15 \times 397.44 \frac{m^3}{h} = 456.55 \frac{m^3}{h}$$

$$P_{salida} = 7\,838.155 \text{ Pa}$$

##### Potencia útil por el extractor

Considerando una eficiencia de 90%, de acuerdo con Liu et al. (2019) para extractores de álabes radiales, entonces se tiene lo siguiente:

$$P_{\text{útil extractor}} = \frac{P_{salida} * Q}{\eta_{extractor}}$$

$$P_{\text{útil extractor}} = \frac{7\,838.155 \text{ Pa} \times \frac{456.55 \text{ m}^3}{3600 \text{ s}}}{0.90} = 1105.7024 \text{ W}$$

$$P_{\text{útil extractor}} = 1105.7024 \text{ W} \times \frac{1 \text{ HP}}{746 \text{ W}} = 1.4821 \text{ HP}$$

Entonces, es necesario un motor de 1.11 kW o 1.50 HP para poder suplir con las necesidades requeridas para el sistema de extracción de polvo y viruta. Se seleccionó el motor WEG W22Xec IE3 1.1 kW 2P 80 3F 220/380

V 60 Hz IC411 – TEFC – B3T con pies. En el Anexo 1 se puede observar la ficha para dicho motor seleccionado. Cabe precisar que el motor debe desarrollar una presión negativa mayor a la calculada solamente por pérdidas en ductos, por lo que se utilizó la presión de los cálculos del equipo extractor para determinar la potencia requerida del ventilador extractor.

### **5.1.5. Calcular y dimensionar los componentes del extractor**

#### **5.1.5.1. Cálculo del calibre del conductor para el extractor**

Para poder calcular el calibre del conductor es necesario conocer la longitud desde el punto desde donde se va a alimentar al extractor hasta el punto de salida de toma de fuerza del mismo, donde es de aproximadamente 30 m, la potencia es de 1.1 kW, el voltaje es de 380 V trifásico, por lo tanto, se empleó la siguiente ecuación:

$$I_{nominal} = 1.25 \times \frac{1\ 100\ W}{380\ V \times 0.80 \sqrt{3}}$$

$$I_{nominal} = 2.61\ A$$

De acuerdo a la corriente de arranque, que varía entre 5 a 10 veces la corriente nominal, pero de acuerdo con la ficha técnica del motor, se tendría una corriente de arranque que debe soportar el conductor es de:

$$I_{conductor} = 18.70\ A$$

Del Anexo 5 se puede apreciar la ficha técnica de conductores THW-90 de la marca INDECO, que se seleccionó un calibre 14 AWG, que puede soportar hasta 25 A en ducto.

La caída de tensión calculada considerando la longitud es:

$$\Delta V = \frac{I_{nominal} \times L \times \cos\varphi \times K \times \rho_{cu}}{S_{conductor}}$$

$$\Delta V = \frac{2.61 \text{ A} \times 30 \text{ m} \times 0.80 \times \sqrt{3} \times 0.0175 \text{ (ohm. mm}^2/\text{m)}}{2.08 \text{ mm}^2}$$

$$\Delta V = 0.913 \text{ V}$$

En porcentaje, la caída de tensión es:

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V}{V} \times 100\% = \frac{0.913 \text{ V}}{380 \text{ V}} \times 100\%$$

$$\Delta V (\%) = 0.2402\%$$

Siendo menor al 4% que indica la norma técnica peruana en el Código Nacional de Electricidad – Utilización del año 2006, demostrando que la sección seleccionada del conductor es adecuada.

El termomagnético seleccionado es de 3x10A para poder proteger al conductor, cabe precisar que debe ser Curva C, para corrientes elevadas de arranque. De la Figura 40 se aprecia un listado de productos en marca Bticino, de donde se verifica que se seleccionó el FN830YC10.

**Figura 40**

*Interruptor termomagnético Marca Bticino*

## INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS BTDIN



Poder de corte: 6000A IEC 60898-1:92 / 10 000 A a 220 V  
 Conexión por bornes protegidas contra los contactos directos (IP20)  
 Tornillos imperdibles  
 Portaetiquetas incorporado  
 Capacidad de embornamiento:  
 25mm<sup>2</sup> flexible / 35 mm<sup>2</sup> rígido

Artículo		
INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS		
Bipolar - 230/400 Va.c.		
	In (A)	Nº de módulos
FN820YC6	6	2
FN820YC10	10	2
FN820YC16	16	2
FN820YC20	20	2
FN820YC25	25	2
FN820YC32	32	2
FN820YC40	40	2
FN820YC50	50	2
FN820YC63	63	2

Artículo		
INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS		
Tripolar - 230/400 Va.c.		
	In (A)	Nº de módulos
FN830YC6	6	3
FN830YC10	10	3
FN830YC16	16	3
FN830YC20	20	3
FN830YC25	25	3
FN830YC32	32	3
FN830YC40	40	3
FN830YC50	50	3
FN830YC63	63	3

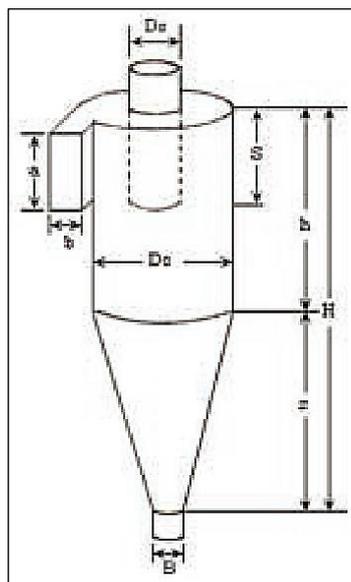
*Fuente: Catálogo Bticino.*

### 5.1.5.2. Cálculo del Ciclón

Para dimensionar el ciclón, se empleó la metodología del artículo de Echeverri (2006), procediendo a realizar dichos cálculos. En la Figura 41 se aprecia el modelo del ciclón y sus medidas.

**Figura 41**

*Medidas para un ciclón*



*Fuente: (Echeverri Londoño, 2006)*

El ciclón que será seleccionado para el sistema de extracción de polvo y viruta de la presente investigación es el Convencional, por tener una geometría sencilla para su construcción, para lo cual se emplearán las siguientes tablas:

**Tabla 13**

*Eficiencias de remoción para las diferentes familias de ciclones*

Familia de ciclones	Eficiencia de remoción (%)		
	PST	PM10	PM2.5
Convencionales	70 - 90	30 - 90	0 - 40
Alta eficiencia	80 - 99	60 - 95	20 - 70
Alta capacidad	80 - 99	10 - 40	0 - 10

*Fuente:* (Echeverri Londoño, 2006)

Los parámetros característicos para el diseño correcto de un ciclón convencional se muestran en la Tabla 14:

**Tabla 14**

*Parámetros característicos para ciclones convencionales*

Dimensión	Nomenclatura	Tipo de ciclón			
		Lapple	Swift	Peterson-Whitby	Zenz
Diámetro del ciclón	Dc/Dc	1.0	1.0	1.0	1.0
Altura de entrada	a/Dc	0.5	0.5	0.583	0.5
Ancho de entrada	b/Dc	0.25	0.25	0.208	0.25
Altura de salida	S/Dc	0.625	0.6	0.583	0.75
Diámetro de salida	Ds/Dc	0.5	0.5	0.5	0.5
Altura parte cilíndrica	h/Dc	2.0	1.75	1.333	2.0
Altura parte cónica	z/Dc	2.0	2.0	1.837	2.0
Altura total del ciclón	H/Dc	4.0	3.75	3.17	4.0
Diámetro salida partículas	B/Dc	0.25	0.4	0.5	0.25
Factor de configuración	G	402.88	381.79	342.29	425.41
Número cabezas de velocidad	NH	8.0	8.0	7.76	8.0
Número de vórtices	N	6.0	5.5	3.9	6.0

*Fuente:* (Echeverri Londoño, 2006)

**Tabla 15**

*Parámetros para el diseño de ciclones con velocidad de entrada tangencial*

Parámetro	Valor
Diámetro del ciclón (Dc)	< 1.0 m
Caída de presión	< 2488.16 Pa
Relación de velocidades (Vi/Vs)	< 1.35
Velocidad de entrada	15.2 - 27.4 m/s

*Fuente:* (Echeverri Londoño, 2006)

Entonces, el cálculo para el ciclón será:

$$v_{entrada} = 15.2 \frac{m}{s}$$

Se empleó la velocidad de 15.2 m/s, por ser la mínima recomendada para el diseño de ciclones que tengan velocidad de entrada tangencial.

El caudal de diseño es:

$$\dot{Q}_{entrada} = 0.096 \frac{m^3}{s}$$

El área de entrada del ciclón será entonces:

$$A_{entrada} = \frac{\dot{Q}_{entrada}}{v_{entrada}}$$

$$A_{entrada} = \frac{0.096 \frac{m^3}{s}}{15.2 \frac{m}{s}} = 0.00631579 m^2$$

Luego, el área tiene la ecuación siguiente:

$$A_{entrada} = a \times b$$

Donde, de acuerdo con la Tabla 14:

$$a = 0.5 D_c$$

$$b = 0.25 D_c$$

Por lo tanto, el diámetro del ciclón será:

$$A_{entrada} = 0.5 D_c \times 0.25 D_c$$

Despejando se tiene lo siguiente:

$$D_c = \sqrt{\frac{A_{entrada}}{0.125}}$$

$$D_c = \sqrt{\frac{0.006316 \text{ m}^2}{0.125}} = 0.2248 \text{ m}$$

Las medidas de a y b serán entonces:

$$a = 0.5 D_c = 0.1124 \text{ m}$$

$$b = 0.25 D_c = 0.0562 \text{ m}$$

La velocidad equivalente ( $W$ ) será:

$$W = \sqrt[3]{\frac{4 \times g \times \mu \times (\rho_p - \rho_{aire})}{3 \times \rho_{aire}^2}}$$

Donde los datos necesarios considerados son “g” para la gravedad, “ $\mu$ ” para viscosidad del aire, “ $\rho_p$ ” para densidad de la partícula y “ $\rho_{aire}$ ” para la densidad del aire, considerando una temperatura de 40 °C y extrayendo los datos de Mott & Untener (2015), entonces se tiene que:

$$g = 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\mu = 1.91 \times 10^{-5} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

$$\rho_p = 320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{aire} = 1.127 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Reemplazando los datos, se obtiene la velocidad equivalente:

$$W = \sqrt[3]{\frac{4 \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 1.91 \times 10^{-5} N \cdot s/m^2 \times (320 \frac{kg}{m^3} - 1.127 \frac{kg}{m^3})}{3 \times (1.127 \frac{kg}{m^3})^2}} = 0.3973 \frac{m}{s}$$

Luego, el factor  $K_b$  será:

$$K_b = \frac{b}{D_c} = \frac{0.25 D_c}{D_c} = 0.25$$

La velocidad de saltación se calcula con la ecuación siguiente:

$$v_s = \frac{4.913 \times W \times (K_b)^{0.4} \times (D_c)^{0.067} \times \sqrt[3]{(v_{entrada})^2}}{\sqrt[3]{1 - K_b}}$$

Sustituyendo los valores de cada parámetro:

$$v_s = \frac{4.913 \times 0.3973 \text{ m/s} \times (0.25)^{0.4} \times (0.2248 \text{ m})^{0.067} \times \sqrt[3]{(15.2 \text{ m/s})^2}}{\sqrt[3]{1 - 0.25}}$$

$$v_s = 6.85 \frac{m}{s}$$

La relación entre la velocidad de entrada y velocidad de saltación debe ser menor de 1.35, entonces:

$$\frac{v_{entrada}}{v_s} = \frac{15.2 \text{ m/s}}{6.85 \text{ m/s}} = 2.22$$

Por lo tanto, habrá resuspensión de material particulado, entonces es necesario utilizar un filtro de partículas.

Calculando los demás parámetros del ciclón convencional:

$$S = 0.6 \times D_c = 0.6 \times 0.2248 \text{ m} = 0.135 \text{ m}$$

$$D_s = 0.5 \times D_c = 0.5 \times 0.2248 \text{ m} = 0.112 \text{ m}$$

$$h = 1.75 \times D_c = 1.75 \times 0.2248 \text{ m} = 0.393 \text{ m}$$

$$z = 2 \times D_c = 2 \times 0.2248 \text{ m} = 0.450 \text{ m}$$

$$H = 3.75 \times D_c = 3.75 \times 0.2248 \text{ m} = 0.843 \text{ m}$$

$$B = 0.4 \times D_c = 0.4 \times 0.2248 \text{ m} = 0.09 \text{ m}$$

El volumen del ciclón respecto a su salida será:

$$V_{sc} = \frac{\pi}{4} \times \left( S - \frac{a}{2} \right) \times (D_c^2 - D_s^2)$$

$$V_{sc} = \frac{\pi}{4} \times \left( 0.135 \text{ m} - \frac{0.1124 \text{ m}}{2} \right) \times ((0.2248 \text{ m})^2 - (0.112 \text{ m})^2)$$

$$V_{sc} = 0.00234151 \text{ m}^3$$

La longitud natural para el ciclón será:

$$L = 2.3 \times D_s \times \sqrt[3]{\frac{D_c^2}{a \times b}} = 2.3 \times 0.112 \text{ m} \times \sqrt[3]{\frac{(0.2248 \text{ m})^2}{0.1124 \text{ m} \times 0.0562 \text{ m}}}$$

$$L = 0.517 \text{ m}$$

Se debe cumplir la siguiente condición:

$$L < H - S$$

$$0.517 \text{ m} < 0.843 \text{ m} - 0.135 \text{ m}$$

$$0.517 \text{ m} < 0.708 \text{ m}$$

Debido a que se cumple con ella, se calcula el volumen respecto a la longitud natural para el ciclón:

Factor de dimensión lineal:

$$K_L = D_c - (D_c - B) \times \left[ \frac{S + L - h}{z} \right]$$

$$K_L = 0.2248 \text{ m} - (0.2248 \text{ m} - 0.09 \text{ m}) \times \left[ \frac{0.135 \text{ m} + 0.517 \text{ m} - 0.393 \text{ m}}{0.450 \text{ m}} \right]$$

$$K_L = 0.14723 \text{ m}$$

$$V_R = \frac{\pi}{4} \times D_c^2 \times (h - S) + \frac{\pi}{12} \times D_c^2 \times (L + S - h) \times \left[ 1 + \frac{K_L}{D_c} + \left( \frac{K_L}{D_c} \right)^2 \right] - \frac{\pi}{4} \times D_s^2 \times L$$

$$V_R = \frac{\pi}{4} \times (0.2248)^2 \times (0.393 - 0.135) + \frac{\pi}{12} \times (0.2248)^2 \times (0.517 + 0.135 - 0.393) \times \left[ 1 + \frac{0.14723}{0.2248} + \left( \frac{0.14723}{0.2248} \right)^2 \right] - \frac{\pi}{4} \times (0.112)^2 \times 0.517$$

$$V_R = 0.01356 \text{ m}^3$$

Factor dimensional respecto a las proporciones del volumen del ciclón:

$$K_c = \frac{\left( V_{SC} + \frac{V_R}{2} \right)}{D_c^3} = \frac{\left( 0.00234151 \text{ m}^3 + \frac{0.01356 \text{ m}^3}{2} \right)}{(0.2248 \text{ m})^3} = 0.8029 \text{ m}^3$$

$$K_a = \frac{a}{D_c} = \frac{0.5 D_c}{D_c} = 0.5$$

Por lo tanto, el factor de configuración:

$$G = \frac{8 \times K_c}{(K_a \times K_b)^2} = \frac{8 \times 0.8029 \text{ m}^3}{(0.5 \text{ m} \times 0.25 \text{ m})^2} = 411.1025$$

Calculando el exponente para el vórtice:

$$n = 1 - (1 - 0.67 \times D_c^{0.14}) \times \left[ \frac{T}{283} \right]^{0.3}$$

$$n = 1 - (1 - 0.67 \times (0.2248 \text{ m})^{0.14}) \times \left[ \frac{373}{283} \right]^{0.3}$$

$$n = 0.54365$$

El tiempo de relajación es:

$$T_i = \frac{\rho_p \times D_{pi}^2}{18 \mu}$$

La eficiencia proporcional por intervalo de tamaño de partícula:

$$\eta_i = 1 - e^{\left[ -2x \left( \frac{GxT_i x Qx(n+1)}{D_c^3} \right)^{\frac{0.5}{(n+1)}} \right]}$$

La eficiencia total se obtiene con la ecuación:

$$\eta_T = \sum \eta_i \times m_i$$

Finalmente, en la Tabla 16 se detalla la información de la eficiencia del ciclón en función de las partículas y sus masas:

**Tabla 16**  
Cálculo de las eficiencias para cada partícula

Tamaño (µm)	$m_i$	$D_p$ (µm)	$T_i$ (s)	$\eta_i$	$\eta_i \times m_i$
5 – 10	0.45	7.5	0.00004608	0.7197	0.3239
10 – 30	0.25	20	0.00032770	0.9094	0.2273
30 – 50	0.15	40	0.00131080	0.9768	0.1465
50 – 70	0.10	60	0.00294931	0.9925	0.0992
70 - 100	0.05	85	0.00591910	0.9978	0.0499
Eficiencia total					0.8469

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, la eficiencia global del ciclón es de 84.69%.

En el Anexo 10 se puede apreciar el plano para el armado del Ciclón.

### 5.1.5.3. Cálculo del colector de polvo y viruta

Para poder dimensionar el colector de almacenamiento de polvo y viruta, se debe tener en cuenta que será fabricado de poliéster, ya que cumple la función de almacenar polvo porque posee un filtrado alto, es decir, los huecos en su interior son de aproximadamente 3 micrones, menor al del polvo y viruta. Luego, de acuerdo con el propietario de la carpintería, quien indicó que aproximadamente se producen 0.5 m<sup>3</sup> por día, entonces

para una autonomía de 2 días, se considera un colector de 1 m<sup>3</sup>. El diámetro será considerando de 0.9 m. Calculando el largo, se tuvo que:

$$L_{colector} = \frac{Volumen}{Área} = \frac{4 V}{\pi \times d_{colector}^2}$$

$$L_{colector} = \frac{4 \times 1 \text{ m}^3}{\pi \times (0.9 \text{ m})^2} = 1.572 \text{ m} \approx 1.60 \text{ m}$$

### 5.1.6. Selección de accesorios eléctricos

Para la selección de los accesorios, se realizará mediante los catálogos de fabricantes, teniendo en cuenta que anteriormente ya se eligió el tipo de máquina con el que trabajará el sistema de extracción, conocidas sus características del motor eléctrico como voltaje (V), potencia (watts) y factor de potencia ( $\varphi$ ), el cálculo se realizó por medio de la siguiente ecuación:

$$I_{nominal} = 1.25 \times \frac{1100 \text{ W}}{380 \text{ V} \times 0.8 \times \sqrt{3}}$$

$$I_{nominal} = 2.61 \text{ A}$$

La corriente de arranque de un motor es de 5 a 10 veces la corriente nominal, pero se empleó la corriente de arranque brindada en la ficha técnica (Anexo 2), entonces:

$$I_{arranque} = 18.70 \text{ A}$$

Con esta corriente se seleccionarán los accesorios eléctricos de protección en los catálogos según corresponda, en el sistema de extracción de polvo y viruta se tiene un motor de una potencia

relativamente pequeña por lo será accionado con un sistema de arranque directo.

Para la selección del relé térmico se tiene en cuenta el cálculo anterior de la corriente de arranque por lo que para el estudio se selecciona el relé térmico tipo T16 - 0.17, ID: 1SAZ711201R1008

Para la selección del contactor se tuvo en cuenta las Categorías de empleo para contactores según IEC 60947-4-1, en el presente tema de estudio es la categoría AC-3, teniendo en cuenta la potencia del motor, voltaje y corriente se selecciona el contactor tipo AF09-30-01-41, ID: 1SBL137001R4101, así mismo se selecciona los pulsadores del catálogo de la marca ABB tipo MCBH-10 y MCBH-01 como se aprecia en la Figura 42.

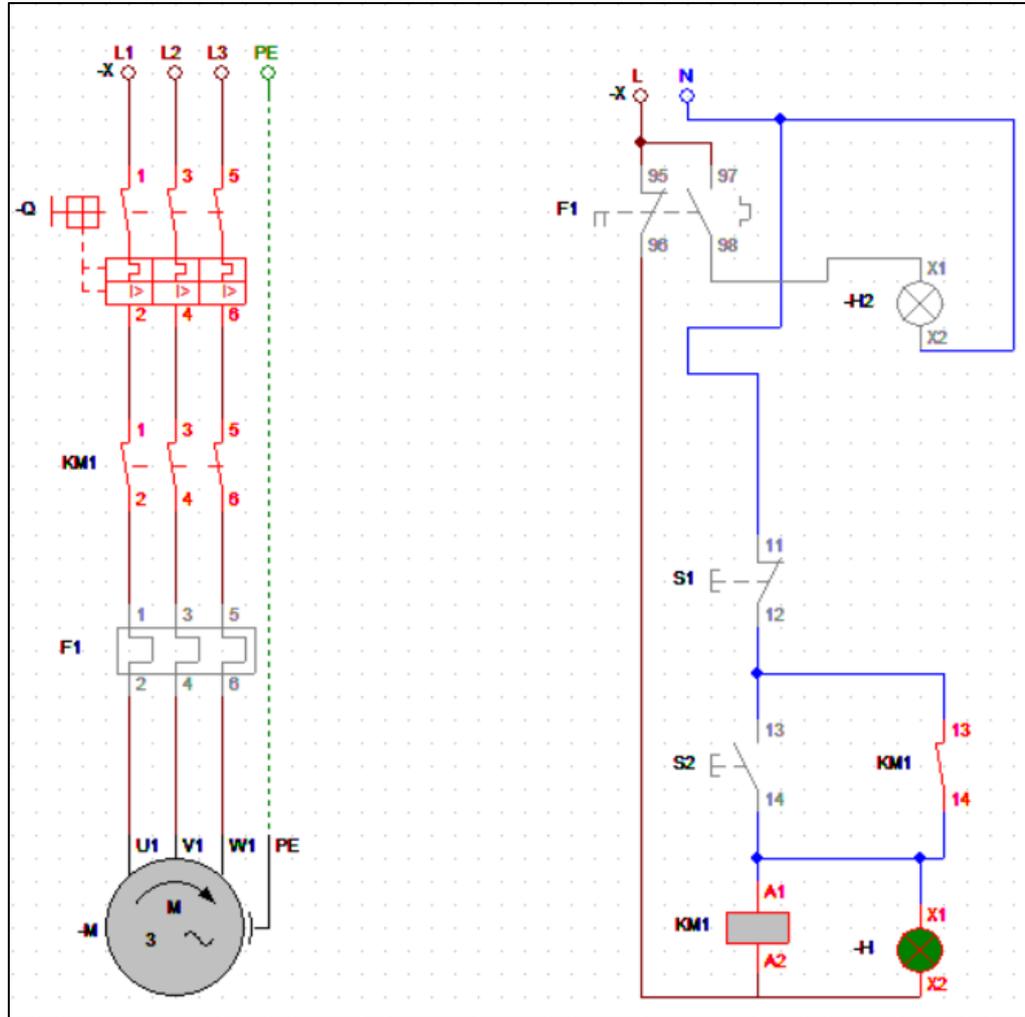
**Figura 42**

*Aparatos de mando y señalización - Gama modular (pulsadores, opacos)*

Aparatos de mando y señalización – Gama modular Pulsadores, opacos				
	Descripción	Tipo	Código de pedido	Peso, kg
	<b>Bloques de contactos incluidos</b> <b>Pulsador rasante</b> Momentáneo Bloques de contactos y soporte:			
	1 NA	MP1-10■	1SFA 611 100 R100□	0.016
	1 NC	MCBH-10	1SFA 611 605 R1101	0.019
	1 NA +1 NC	MCBH-01	1SFA 611 605 R1110	0.019
	2 NA	MCBH-11	1SFA 611 605 R1111	0.032
	2 NC	MCBH-20	1SFA 611 605 R1102	0.032
	2 NC	MCBH-02	1SFA 611 605 R1120	0.032
	<b>Bloques de contactos y soporte:</b> <b>Pulsador saliente</b> Momentáneo Bloques de contactos y soporte:			
	1 NA	MP3-10■	1SFA 611 102 R100□	0.016
	1 NC	MCBH-10	1SFA 611 605 R1101	0.019
	1 NA +1 NC	MCBH-01	1SFA 611 605 R1110	0.019
	2 NA	MCBH-11	1SFA 611 605 R1111	0.032
	2 NC	MCBH-20	1SFA 611 605 R1102	0.032
2 NC	MCBH-02	1SFA 611 605 R1120	0.032	
<b>Bloques de contactos y soporte:</b> <b>Pulsador doble</b> Pulsador superior verde, Pulsador inferior rojo Sin texto Bloques de contactos y soporte:				
1 NA +1 NC	MPD1-11B	1SFA 611 130 R1106	0.025	
2 NA	MCBH-11	1SFA 611 605 R1111	0.032	
2 NC	MCBH-20	1SFA 611 605 R1102	0.032	
2 NC	MCBH-02	1SFA 611 605 R1120	0.032	
<b>Bloques de contactos y soporte:</b> <b>Pulsador doble</b> Pulsador superior verde, Pulsador inferior rojo Texto: I/O Bloques de contactos y soporte:				
1 NA +1 NC	MPD2-11B	1SFA 611 131 R1106	0.025	
2 NA	MCBH-11	1SFA 611 605 R1111	0.032	
2 NC	MCBH-20	1SFA 611 605 R1102	0.032	
2 NC	MCBH-02	1SFA 611 605 R1120	0.032	

**Figura 43**

*Circuito de Fuerza y Control para el Arranque Directo del sistema de extracción*



*Fuente: Elaborado con Cade SIMU.*

En el programa CADE SIMU se dibujó el circuito de fuerza y control para el arranque directo, en la Figura 43 se aprecia la información detallada.

### 5.1.7. Presupuesto del sistema de extracción

El costo del sistema de extracción de polvo y viruta propuesto para la carpintería Neyra, se detalla a continuación:

**Tabla 17***Costo del equipamiento para el sistema de extracción*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>		<b>Precio total</b>	
WEG W22Xec IE3 de 1.5 HP 2P 220/380 V 60 Hz	1	Und	S/.	649.00	S/.	649.00
Voluta con base fabricada en acero electrosoldado de 2 mm de espesor	1	Und	S/.	329.00	S/.	329.00
Rodete con 07 álabes fabricado en acero electrosoldado de 2 mm de espesor	1	Und	S/.	149.00	S/.	149.00
Tapa lateral de ventilador centrífugo en acero electrosoldado de 2 mm de espesor	1	Und	S/.	109.00	S/.	109.00
Soldadura MIG empleada	1	Glb	S/.	140.00	S/.	140.00
Contactador ABB tipo AF09-30-01-41, ID: 1SBL137001R4101	1	Und	S/.	116.94	S/.	116.94
Relé térmico tipo T16 -0.17, ID: 1SAZ711201R1008	1	Und	S/.	131.62	S/.	131.62
Pulsador ABB tipo MCBH-10	1	Und	S/.	30.33	S/.	30.33
Pulsador ABB tipo MCBH-01	1	Und	S/.	30.33	S/.	30.33
Cable INDECO THW-90 14AWG Rojo	30	m	S/.	1.58	S/.	47.40
Cable INDECO THW-90 14AWG Azul	30	m	S/.	1.58	S/.	47.40
Cable INDECO THW-90 14AWG Negro	30	m	S/.	1.58	S/.	47.40
Cable INDECO THW-90 14AWG Blanco	30	m	S/.	1.58	S/.	47.40
Tablero eléctrico de 12 polos + accesorios eléctricos	1	Glb	S/.	180.00	S/.	180.00
Manguera de aspiración de 75 mm de diámetro	20	m	S/.	50.30	S/.	1,006.00
Abrazadera para manguera de aspiración de 75 mm de diámetro	2	Und	S/.	15.67	S/.	31.34
Colector de polvo y viruta de 1 m <sup>3</sup>	1	Und	S/.	210.00	S/.	210.00
Ciclón	1	Und	S/.	450.00	S/.	450.00
Accesorios eléctricos	1	Glb	S/.	300.00	S/.	300.00
<b>Subtotal para equipamiento del sistema de extracción</b>					<b>S/.</b>	<b>4,052.16</b>

**Tabla 18**

*Costo para ensamblaje, instalación y pruebas del sistema propuesto*

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio total</b>
Ensamblaje, instalación y pruebas	1	Glb	S/. 1,249.00	S/. 1,249.00

Por lo tanto, el costo incluyendo equipamiento, ensamblaje, instalación y pruebas del sistema de extracción se pueden apreciar en la Tabla 19.

**Tabla 19**

*Presupuesto total para el sistema de extracción de polvo y viruta*

<b>Descripción</b>	<b>Precio total</b>
Equipamiento del sistema de extracción	S/. 4,052.16
Ensamblaje, instalación y pruebas	S/. 1,249.00
<b>Presupuesto total de Fabricación</b>	<b>S/. 5,301.16</b>

Finalmente, el presupuesto total asciende a la suma de S/. 5,301.16 donde se ha incluido el costo por equipamiento que es de S/. 4,052.16 y el costo por ensamblaje, instalación y pruebas que es de S/. 1,249.00.

Adicionalmente, se ha considerado un costo de mantenimiento para el sistema de extracción propuesto, el cual debe hacerse cada 6 meses para mantenerlo en óptimas condiciones y evitar paradas inesperadas. Dicho costo por lo general es de aproximadamente 15% del costo de equipamiento del sistema de extracción, es decir, de S/. 325.00, donde el costo anualmente por mantenimiento es de S/. 650.00.

#### **5.1.8. Análisis de rentabilidad**

Para efectuar el análisis de rentabilidad, se consideró el ahorro que se genera porque ya no se realizará limpieza debido al polvo y viruta, sino que el ambiente del taller se mantendrá limpio. Además de ahorrar en

mantenimiento, porque dicho polvo y viruta ya no estará contaminando el ambiente, pudiendo dañar a las máquinas debido a que entrarían en ellas.

Por lo tanto, se obtuvo lo siguiente:

**Tabla 20***Análisis de indicadores de rentabilidad para el sistema de extracción de polvo y viruta*

Ítem	Año	Inversión Inicial	Consumo de Energía	O&M	Ahorro obtenido	Ingreso Bruto	Impuesto a la renta	Ingreso neto	Ingreso neto Actualizado
0	2023	-S/. 5,301.16						-S/. 5,301.16	
1	2024		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 1,098.99
2	2025		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 999.09
3	2026		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 908.26
4	2027		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 825.69
5	2028		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 750.63
6	2029		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 682.39
7	2030		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 620.35
8	2031		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 563.96
9	2032		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 512.69
10	2033		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 466.08
11	2034		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 423.71
12	2035		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 385.19
13	2036		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 350.17
14	2037		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 318.34
15	2038		S/. 1,867.01	S/. 650.00	S/. 4,244.00	S/. 1,726.99	S/. 518.10	S/. 1,208.89	S/. 289.40

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 20 se observa la información para el análisis de rentabilidad, donde la inversión fue de S/. 5,031.16, el consumo de energía se calculó considerando la potencia del motor que es de 1.10 kW, trabajando 8 horas diarias, durante 26 días por mes, 12 meses al año, con un costo por kWh de S/. 0.6873 para la tarifa BT5B, entonces el costo por consumo S/. 1 867.01. El costo de operación y mantenimiento (O&M) fue de S/. 650.00, y el ahorro obtenido se calculó considerando que para la limpieza del polvo y viruta sin el sistema de extracción se gastaba 1 hora diaria, a un costo de S/. 12 por hora, 26 días por mes, 12 meses por año, se obtiene un valor de S/. 3 744.00, y por ahorro en mantenimiento de las máquinas de S/. 500 por año, por lo tanto, el ahorro obtenido por año es de S/. 4 244.00. Tomando en cuenta una tasa de descuento de 10% anual para proyectos de inversión y un tiempo de vida útil del proyecto de 15 años.

De la Tabla 21 se logró obtener un VAN de S/. 3,893.78, con una TIR de 21.59% y un tiempo para recuperar la inversión de 6.06 años. Por lo tanto, el proyecto es viable y rentable, porque el VAN es mayor que 0, TIR superior a la tasa de descuento y un tiempo de recuperación menor a los 15 años de vida útil del proyecto.

**Tabla 21**

*Indicadores de rentabilidad para el sistema de extracción de polvo y viruta*

VAN	S/. 3,893.78
TIR	21.59%
Tiempo de retorno de la inversión	6.06 años

Fuente: Elaboración propia.

## 5.2. Discusión de resultados

De acuerdo con Márquez Quizhpi & Ulloa Montero (2018), quienes realizaron el diseño de un sistema de extracción para la carpintería de la Fundación Salesiana "PACES", al realizar el cálculo del extractor, determinaron que era necesario seleccionar uno de 15 HP de potencia, ya que debería extraer una capacidad de 5 544 m<sup>3</sup>/h a una presión de 4 165 Pa. En comparación con el extractor seleccionado en la presente investigación, que fue de 1.5 HP debido a que debía extraer una menor capacidad y a una presión mucho menor, lo que justifica que el diseño es adecuado y correcto. En relación al costo del sistema completo de extracción propuesto, obtuvieron un valor de \$ 17,236; que al tipo de cambio actual de S/. 3.70 por dólar, es de S/. 63,773.20, un valor muy alto en relación al obtenido en la presente investigación, el cual ascendió a la suma de S/. 5,301.16; mucho menor ya que el sistema en mención es mucho menos complejo. Adicionalmente, se puede mencionar que también depende del país, para el caso de la investigación elaborada por Márquez Quizhpi & Ulloa Montero (2018) que se desarrolló en la ciudad de Cuenca, país del Ecuador, por lo que el precio es razonable ya que la moneda más empleada es el dólar.

Escobar Calito (2016) en su proyecto obtuvo un presupuesto de inversión de Q127080 (Quetzal guatemalteco), que al convertir a la moneda local, asciende al valor de S/. 62,082.94; esto debido a que donde se desarrolló el proyecto del sistema de extracción de polvo y viruta era una empresa grande con un local muy amplio usado para carpintería, lo cual explica el presupuesto. En relación al proyecto actual desarrollado, es razonable ya que es mucho menor,

porque se desarrollará en un taller de carpintería pequeño. De igual forma, el extractor dimensionado fue de una capacidad de 7.5 HP, un valor mucho más alto del obtenido en la presente investigación que fue apenas de 1.5 HP, esto se explica debido a que debe extraer un flujo mucho mayor de 4,850 CFM y una presión mayor de 13.5 pulgadas de agua.

Guamanquispe Toasa (2012) en el desarrollo de su proyecto, logró determinar que era necesario seleccionar un extractor de 2 HP de potencia, un poco mayor al seleccionado en la presente investigación, esto debido a que el caudal y presión son un poco menores a las calculadas, pudiendo entender que el cálculo realizado es adecuado ya que las características para el diseño fueron algo similares y era razonable que la potencia del extractor fueran casi similares. En relación al costo, Guamanquispe Toasa (2012) obtuvo un presupuesto de \$ 1,250 que al tipo de cambio actual es aproximadamente S/. 4,625.00; algo similar al obtenido en la presente investigación, que fue de S/. 5,301.16; esta diferencia puede deberse a múltiples factores aunque cabe mencionar que el desarrollo de su investigación fue en la localidad de Ambato, país del Ecuador, donde la inflación es un poco menor a la del Perú, entre otros factores.

## CAPÍTULO VI : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

- Entre los sistemas de extracción detallados en la presente investigación, se seleccionó el sistema de extracción central de carga parcial, debido a su alta eficiencia y porque se recomienda utilizarlo en taller mediana producción como es el caso del taller de carpintería Neyra.
- De acuerdo a los cálculos, la cantidad de viruta y polvo a extraer del taller de carpintería Neyra es de 250 kg/h, o equivalente a 397.44 m<sup>3</sup>/h.
- El sistema de extracción de polvo y viruta estará conformado por un motor de 1.5 HP, con sus mangueras de 75 mm de diámetro para cada máquina, un acople del extractor al ciclón de 75 mm y un ciclón. En relación al sistema eléctrico deberá contar con su contactor, relé térmico, interruptor termomagnético que viene incluido con el extractor, cableado de 4 mm<sup>2</sup>, accesorios necesarios para su instalación y funcionamiento, finalmente debe contar con un sistema de almacenaje para la viruta y polvo.
- Del cálculo realizado para determinar la potencia del motor, se obtuvo un motor con una potencia referencial de 1.48 HP y considerando pérdidas de carga y otros factores, se calculó una potencia útil de 1.5 HP, por lo que se seleccionó un motor WEG W22Xec IE3 1.1 kW 2P 220/380 V 60 Hz con pies.
- Al dimensionar los componentes del extractor de polvo, se seleccionó como accesorios eléctricos un relé térmico tipo T16-0.17 ID:1SAZ711201R1008 con un contactor tipo AF09-30-01-41 ID:1SBÑ137001R4101, pulsadores tipo MCBH-10 y MCBH-01, todos de la marca ABB. Además, se seleccionaron mangueras para extracción de 75 mm de diámetro ya que las máquinas

empleadas poseen ese diámetro para la succión, excepto la sierra circular que posee un diámetro de 25.4 mm para las mangueras.

- El presupuesto total asciende a la suma de S/. 5,301.16 donde se ha incluido el costo por equipamiento que es de S/. 4,052.16 y el costo por ensamblaje, instalación y pruebas que es de S/. 1,249.00. Y su costo de mantenimiento es de S/. 325.00, que debe efectuarse cada 6 meses. Finalmente, el proyecto es viable y rentable, con un VAN de S/. 3,893.78, una TIR de 21.59% y 6.06 años para recuperar la inversión inicial.

## **6.2. Recomendaciones**

- Para el cálculo del extractor es necesario contar con información confiable de las máquinas que serán parte del sistema de extracción.
- Se debe seleccionar adecuadamente los componentes del sistema de extracción para reducir los gastos de inversión y además de reducir las pérdidas por consumo de energía.
- Al momento de determinar las mejores características para cualquier sistema de extracción, se debe tener en consideración las medidas del lugar en donde se instalará, para así saber las restricciones a las cuales pueda estar sometido.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aire Limpio Global. (2021). *¿Qué es Ventilación General y Localizada?*  
<https://airelimpioglobal.com/ventilacion-general-y-localizada/>
- Alto Rendimiento. (2022). *Despiece motor eléctrico de aluminio (carcasas 56 a 355)*. Alto Rendimiento: <https://alren.es/documentacion/disenomecanico/despiece/?cn-reloaded=1>
- Arbelaez, P. A., & Meneses, M. C. (2008). *Manual para el Control de riesgos ocupacionales para las carpinterías del casco urbano de los Municipios de San Agustín y Timana en el Huila*. Repositorio de la Universidad Sur Colombiana y Universidad de Tolima.
- Area Tecnología. (2022). *Motor eléctrico*.  
[https://www.areatecnologia.com/EL%20MOTOR%20ELECTRICO.htm#Motor\\_de\\_Corriente\\_Continua](https://www.areatecnologia.com/EL%20MOTOR%20ELECTRICO.htm#Motor_de_Corriente_Continua)
- arkiplus. (2022). *Madera de Caoba. Usos y aplicaciones*. *Arkiplus.com*,  
<https://www.arkiplus.com/madera-de-caoba-usos-y-aplicaciones/>.
- AYJ Maquinaria. (2020). *Sistema de Extracción – Coral – MFM*.  
<https://www.ayj.com.co/producto/sistema-de-extraccion-coral-mfm/>
- Bernabé Ramírez, J. A., Sánchez Sánchez, O. M., Ramírez García, E. O., & Alba Landa, J. (2016, febrero 23). *El peligro de la belleza Caoba: Especie amenazada*. *Diario Xalapa*, p. 3E.  
<https://www.uv.mx/cienciauv/files/2016/02/007-CYL-CAOBA-01.pdf>
- Boiler fabrication. (2022). *Tipo axial separador ciclónico de la entrada industrial para la eliminación del polvo del poder de la caldera*.  
<https://spanish.boilerfabrication.com/sale-9456076-axial-inlet-type-industrial-cyclone-separator-for-boiler-power-plant-dust-collection.html>
- Cajahuamán Cárdenas, M. (2014). *Diseño de un sistema de extracción de polvo para una cabina de granallado semiautomática en la empresa Prometal Roca Hermano E.I.R.L.* Repositorio de la Universidad Nacional Tecnológica del Cono Sur de Lima.

- Calle, R. (12 de setiembre de 2014). *Madera Tornillo del Perú*. Ciencias .pe: <http://www.ciencias.pe/madera-tornillo-de-per%C3%BA>
- Chipana Calderón, A. G. (2018). *Diseño del sistema de captación de polvo centralizada para control del impacto ambiental en la Sociedad Minera Corona*. Repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Perú.
- cinia. (2022). *Tornillo*. <https://www4.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/inia/inia-p4/inia-p4-07.htm#TopOfPage>
- Echeverri Londoño, C. A. (2006). Diseño óptimo de ciclones. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 5(9), 123-139.
- Ecogate. (1 de marzo de 2019). *Ecogate - la extracción de polvo industrial más inteligente*. Youtube: <https://www.youtube.com/watch?v=eY8HV7C7iIE>
- E-ficiencia. (7 de abril de 2020). *Sistemas de ventilación en viviendas ¿cuáles son las opciones?* <https://e-ficiencia.com/sistemas-de-ventilacion-viviendas-opciones/>
- Escobar Calito, F. R. (2016). *Diseño de un sistema de extracción de virutas de madera para el departamento de carpintería en una fábrica de aplicaciones de pintura*. Repositorio de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Forestal Villazón. (13 de abril de 2021). *Usos de las virutas de madera*. <https://forestalvillazon.es/blogs/usos-virutas-madera>
- Gastelúm Cano, J. M. (2020). La salud laboral en carpinterías, un caso de estudio con enfoque contable socio ambiental. *Trascender, Contabilidad y Gestión*, 5(14), 38-64. <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i14.82>
- Goberna, R., Hughes, R. T., Riveira, V., Bernal, F., & Castejón, E. (1992). *Ventilación Industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales*. Librería de la Generalitat Valenciana.
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. Mc Graw Hill Interamericana.
- Guamanquispe Toasa, J. (2012). *Diseño y construcción de un extractor de polvo y viruta para los talleres de los socios del Gremio de Artesanos profesionales*

*de la madera y afines de Tungurahua 8 de julio del Cantón Ambato.*  
Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato.

Guisasola Yeregui , A., Estefano Rodríguez, J., Nuñez Acevedo , M., Igarzabal Elorza, I., Uña Gorospe, M., Cabrerizo Benito, J. I., . . . Lijó Bilbao, A. (2014). *Adenocarcinoma de fosas nasales y senos paranasales en trabajadores expuestos a polvo de madera.* OSALAN.

INAB. (2017). *Caoba Swietenia macrophylla.* Instituto Nacional de Bosques Guatemala.

Leucco. (2020). *Recomendación de herramientas.* Ledermann GmbH & Co. KG.

Liu, Z., Nie, W., Peng, H., Yang, S., Chen, D., & Liu, Q. (2019). The effects of the spraying pressure and nozzle orifice diameter on the atomizing rules and dust suppression performances of an external spraying system in a fully-mechanized excavation face. *Powder Technology*, 350, 62-80.  
<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.03.029>

maderaim. (2022). *Madera de caoba: Usos y características.*  
<https://maderaim.com/enciclopedia-madera/caoba/#:~:text=Usos%20de%20la%20madera%20de%20caoba,-Fabricaci%C3%B3n%20de%20mobiliario&text=Puertas%2C%20frisos%2C%20molduras%2C%20rodapi%C3%A9s,que%20requieren%20un%20cuerpo%20s%C3%B3lido.>

Maderas Rebenezer. (2022). *Madera Tornillo.* Maderas:  
<https://www.maderasrebenezer.com/maderas/madera-tornillo/>

Maderas Santana. (2022). *Tipos de Maderas: Naturales e Industriales.*  
<https://www.maderassantana.com/tipos-maderas/>

Márquez Quizhpi, A. A., & Ulloa Montero, J. P. (2018). *Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta de madera para la carpintería de la Fundación Salesiana "Paces".* Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.

Medina Escobar, L., Hernández Gómez, M. G., Mata Montero, C., & Rodríguez Zamora, M. G. (2013). *Análisis de Riesgos Ocupacionales en Aserraderos.*

- Miller, R., & Miller, M. (2013). *Industrial Electricity and Motor Controls*. Mc Graw Hill Education.
- MINAM. (2014). *Guía metodológica de Evaluación de la recuperación de las poblaciones de Caoba y Cedro*. Ministerio del Ambiente.
- Montifil. (2016). *Clean Go. Aspiración y Filtración Industrial*: <https://www.montifil.com/es/filtros-portatiles-para-la-aspiracion-de-humos-de-soldadura-y-polvo/22-clean-go.html>
- Mott, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. Pearson Educación.
- Mott, R. L., & Untener, J. A. (2015). *Mecánica de Fluidos*. Pearson.
- Ontaneda Zapata, R. J. (2015). *Diseño y construcción de un rodete de ventilador centrífugo de 100 CFM para el Laboratorio de Termofluidos de la Universidad Politécnica Salesiana - Campus Kennedy*. Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Oshiro Chinen, M. (2016). *Ficha Estándar de Familia del Catálogo de bienes, servicios y obras del MEF*. Ministerio de Economía y Finanzas.
- Oyarce Olavarria, M. G. (2014). *Plan de mantenimiento de Precipitaciones Electroestáticos de una planta de celulosa*. Repositorio de la Universidad del Bío Bío.
- Pérez Manso, A. (2015). *Cálculo básico de una instalación de transporte neumático de sólidos*. Alcion Ingeniería Química.
- Piedra, F. (20 de junio de 2018). *Pulidos Arribas confía los equipos de aspiración de polvo de Barin*. <https://www.focuspiedra.com/pulidos-arribas-confia-los-los-equipos-de-aspiracion-de-polvo-de-barin/>
- Pilay Guerra, D. A., & Gavidia García, L. F. (2020). *Estudio y diseño de un ciclón para el control de partículas para una empresa productora de libros en la ciudad de Guayaquil*. Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Pretel Alcántara, Y. M. (2019). *Diseño de un ventilador centrífugo para secado de pellets de plástico reciclado en la empresa Consorcio Reciclador del Norte S.A.C*. Repositorio de la Universidad César Vallejo.

- S&P Easy Vent. (2022). *Características técnicas*.  
<https://easyvent.solerpalau.com/fan-info/view/19080/19080/590/p/5CST-2000/1/CST-2000?includeNonERP=true>
- Salvador, E. (2013). *Manual Práctico de Ventilación*. Salvador Escoda y S&P.
- Sepulveda, W. A. (2022). *Cálculo y diseño de un ventilador centrífugo*. Scrib:  
<https://es.scribd.com/doc/129381229/CALCULO-Y-DISENO-DE-UN-VENTILADOR-CENTRIFUGO#>
- SERFOR. (2020). *Estado situacional del género Cedrela en Perú*. Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre.
- Soler Palau. (2022). *Depuración del aire. Filtros II*. Tipos de separadores de polvo y filtros: <https://www.solerpalau.com/es-cl/hojas-tecnicas-depuracion-del-aire-filtros-ii/>
- Trigoso, J., Stern, M., León, F., & Reátegui, F. (2022). *Análisis del estado de conservación de la Caoba (Swietenia macrophylla) en el Perú*.
- Uniforma. (2022). *El polvo de madera y sus efectos sobre la salud*.  
<https://www.uniforma.net/blog/el-polvo-de-madera-y-sus-efectos-sobre-la-salud/>
- VentDepot. (2022). *Temas de Interés: La Ventilación: Funciones: Transportación Neumática*.  
<https://www.ventdepot.com/mexico/temasdeinteres/ventilacion/funciones/trasnueumatica/index.html>

## ANEXOS

### Anexo 1 – Instrumento de recolección de datos

Fecha	Polvo y viruta generado (kg)	Tiempo de trabajo	Polvo y viruta generado (kg/h)
02/10/2023	514.3	2.5	205.7
03/10/2023	518.5	2.5	207.4
04/10/2023	507.9	2.5	203.2
05/10/2023	535.4	2.5	214.2
06/10/2023	516.4	2.5	206.6
07/10/2023	518.5	2.5	207.4
09/10/2023	539.7	2.5	215.9
10/10/2023	514.3	2.5	205.7
11/10/2023	524.9	2.5	209.9
12/10/2023	520.6	2.5	208.3
13/10/2023	527.0	2.5	210.8
14/10/2023	524.9	2.5	209.9
16/10/2023	533.3	2.5	213.3
17/10/2023	516.4	2.5	206.6
18/10/2023	522.8	2.5	209.1
19/10/2023	514.3	2.5	205.7
20/10/2023	518.5	2.5	207.4
21/10/2023	527.0	2.5	210.8
23/10/2023	518.5	2.5	207.4
24/10/2023	539.7	2.5	215.9
25/10/2023	527.0	2.5	210.8
26/10/2023	524.9	2.5	209.9
27/10/2023	543.9	2.5	217.6
28/10/2023	550.3	2.5	220.1
30/10/2023	524.9	2.5	209.9
31/10/2023	516.4	2.5	206.6
02/11/2023	514.3	2.5	205.7
03/11/2023	524.9	2.5	209.9
04/11/2023	527.0	2.5	210.8
06/11/2023	520.6	2.5	208.3
07/11/2023	524.9	2.5	209.9
08/11/2023	516.4	2.5	206.6
09/11/2023	520.6	2.5	208.3
10/11/2023	533.3	2.5	213.3
11/11/2023	529.1	2.5	211.6
13/11/2023	518.5	2.5	207.4
14/11/2023	539.7	2.5	215.9
15/11/2023	518.5	2.5	207.4
16/11/2023	539.7	2.5	215.9

Fecha	Polvo y viruta generado (kg)	Tiempo de trabajo	Polvo y viruta generado (kg/h)
17/11/2023	514.3	2.5	205.7
18/11/2023	524.9	2.5	209.9
20/11/2023	531.2	2.5	212.5
21/11/2023	552.4	2.5	221.0
22/11/2023	524.9	2.5	209.9
23/11/2023	548.1	2.5	219.3
24/11/2023	518.5	2.5	207.4
25/11/2023	539.7	2.5	215.9
27/11/2023	543.9	2.5	217.6
28/11/2023	524.9	2.5	209.9
29/11/2023	535.4	2.5	214.2
30/11/2023	527.0	2.5	210.8
01/12/2023	524.9	2.5	209.9
02/12/2023	514.3	2.5	205.7
04/12/2023	537.6	2.5	215.0
05/12/2023	524.9	2.5	209.9
06/12/2023	531.2	2.5	212.5
07/12/2023	527.0	2.5	210.8
11/12/2023	524.9	2.5	209.9
12/12/2023	516.4	2.5	206.6
13/12/2023	510.1	2.5	204.0
14/12/2023	539.7	2.5	215.9
15/12/2023	524.9	2.5	209.9
16/12/2023	533.3	2.5	213.3
18/12/2023	520.6	2.5	208.3
19/12/2023	518.5	2.5	207.4
20/12/2023	539.7	2.5	215.9
21/12/2023	514.3	2.5	205.7
22/12/2023	524.9	2.5	209.9
23/12/2023	546.0	2.5	218.4
26/12/2023	535.4	2.5	214.2
27/12/2023	524.9	2.5	209.9
28/12/2023	518.5	2.5	207.4
29/12/2023	539.7	2.5	215.9
30/12/2023	514.3	2.5	205.7



# HOJA DE DATOS

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula



Cliente :

## Protección térmica

ID	Aplicación	Tipo	Cantidad	Temperatura de Detección
1	Devanado	Termistor - 2 alambres	1 x Fase	140 °C
2	Devanado	Termistor - 2 alambres	1 x Fase	155 °C

Rev.	Resumen de los cambios	Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor			Pagina	Revisión
Verificador			2 / 5	
Fecha	05/01/2024			

Propiedad de WEG S/A. Prohibida la reproducción sin permiso.  
Sujeto a cambios sin previo aviso

# CURVA DE PAR Y CORRIENTE X ROTACIÓN

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

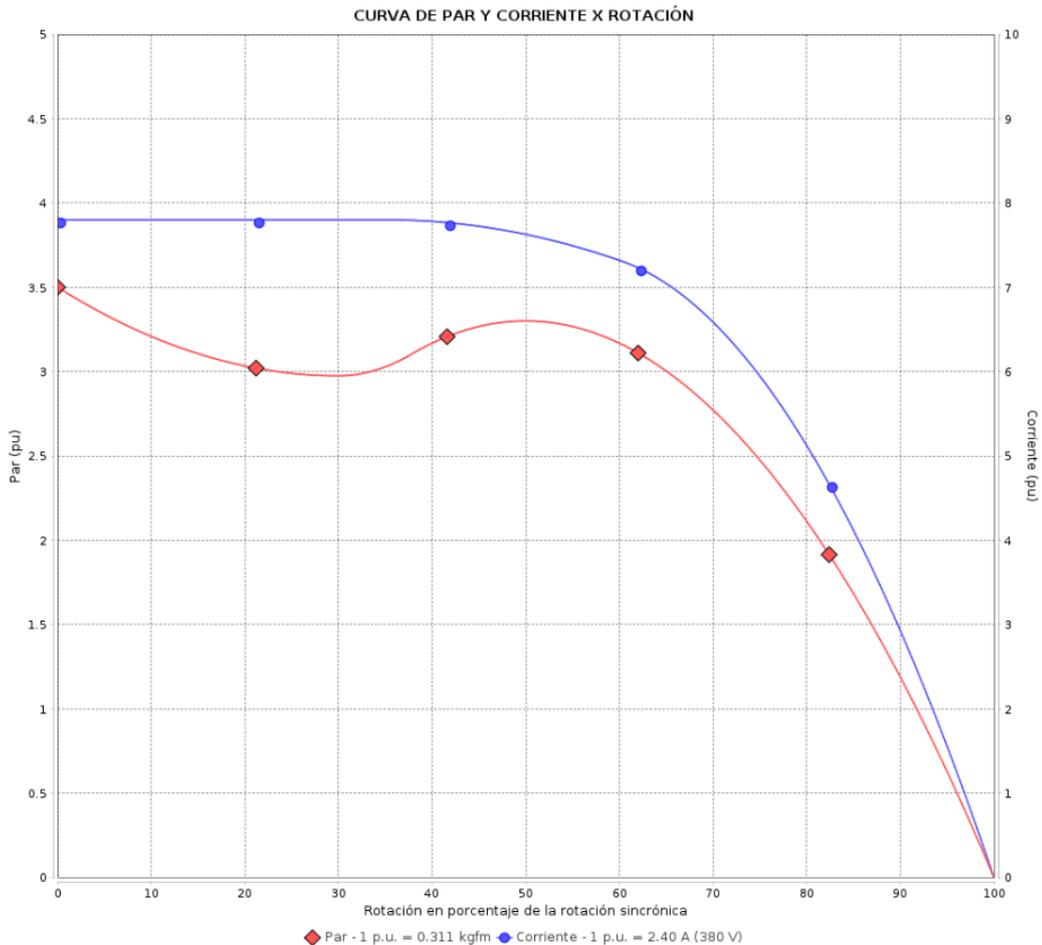


Cliente :

Línea del producto : W22Xec IE3 Trifásico

Código del producto :

12978458



Desempeño : 220/380 V 60 Hz 2P

Corriente nominal : 4.15/2.40 A  
 Ip/In : 7.8  
 Torque nominal : 0.311 kgfm  
 Torque de arranque : 350 %  
 Torque máximo : 330 %  
 Rotación nominal : 3445 rpm

Momento de inercia (J) : 0.0009 kgm<sup>2</sup>  
 Régimen de servicio : S1  
 Clase de aislamiento : F  
 Factor de servicio : 1.00  
 Elevación de temperatura : 80 K  
 Categoría : N

Tiempo de rotor bloqueado : 34s (frío) 19s (caliente)

Rev.	Resumen de los cambios	Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor				
Verificador			Pagina	Revisión
Fecha	05/01/2024		3 / 5	

Propiedad de WEG S/A. Prohibida la reproducción sin permiso.  
 Sujeto a cambios sin previo aviso

# CURVA DE DESEMPEÑO EN CARGA

Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

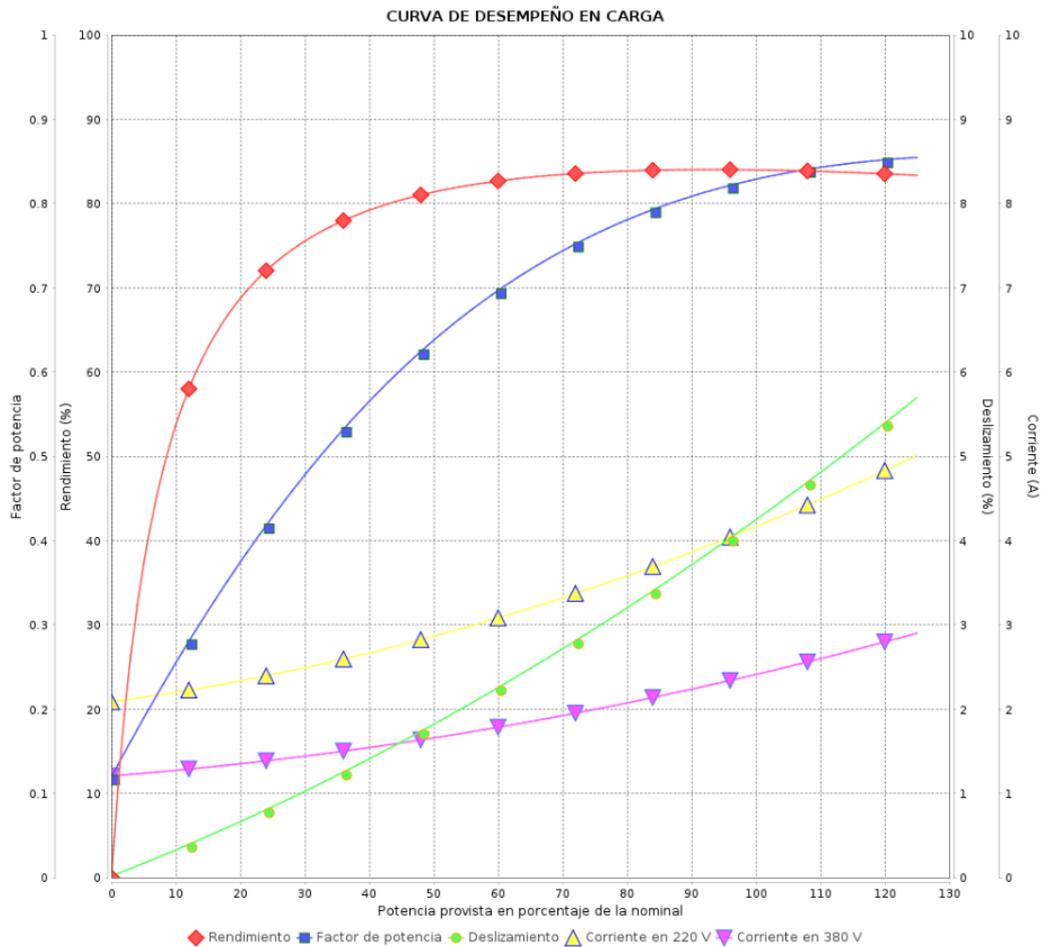


Cliente :

Línea del producto : W22Xec IE3 Trifásico

Código del producto :

12978458



Desempeño : 220/380 V 60 Hz 2P

Corriente nominal : 4.15/2.40 A  
 Ip/In : 7.8  
 Torque nominal : 0.311 kgfm  
 Torque de arranque : 350 %  
 Torque máximo : 330 %  
 Rotación nominal : 3445 rpm

Momento de inercia (J) : 0.0009 kgm<sup>2</sup>  
 Régimen de servicio : S1  
 Clase de aislamiento : F  
 Factor de servicio : 1.00  
 Elevación de temperatura : 80 K  
 Categoría : N

Rev.	Resumen de los cambios	Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor			Página	Revisión
Verificador			4 / 5	
Fecha			05/01/2024	

Propiedad de WEG S/A. Prohibida la reproducción sin permiso.  
 Sujeto a cambios sin previo aviso

# CURVA DE LÍMITE TÉRMICO

## Motor Trifásico de Inducción - Rotor de Jaula

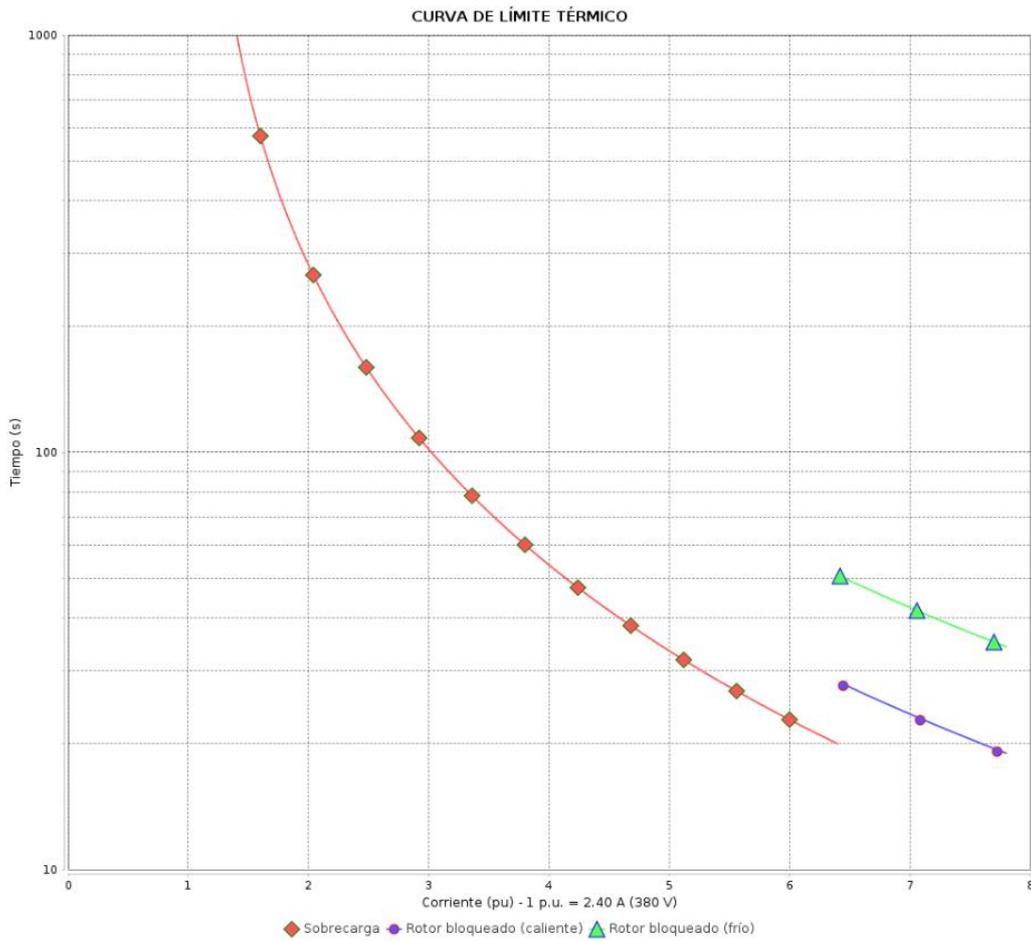


Cliente :

Línea del producto : W22Xec IE3 Trifásico

Código del producto :

12978458



Desempeño : 220/380 V 60 Hz 2P

Corriente nominal : 4.15/2.40 A  
 I<sub>p</sub>/I<sub>n</sub> : 7.8  
 Torque nominal : 0.311 kgfm  
 Torque de arranque : 350 %  
 Torque máximo : 330 %  
 Rotación nominal : 3445 rpm

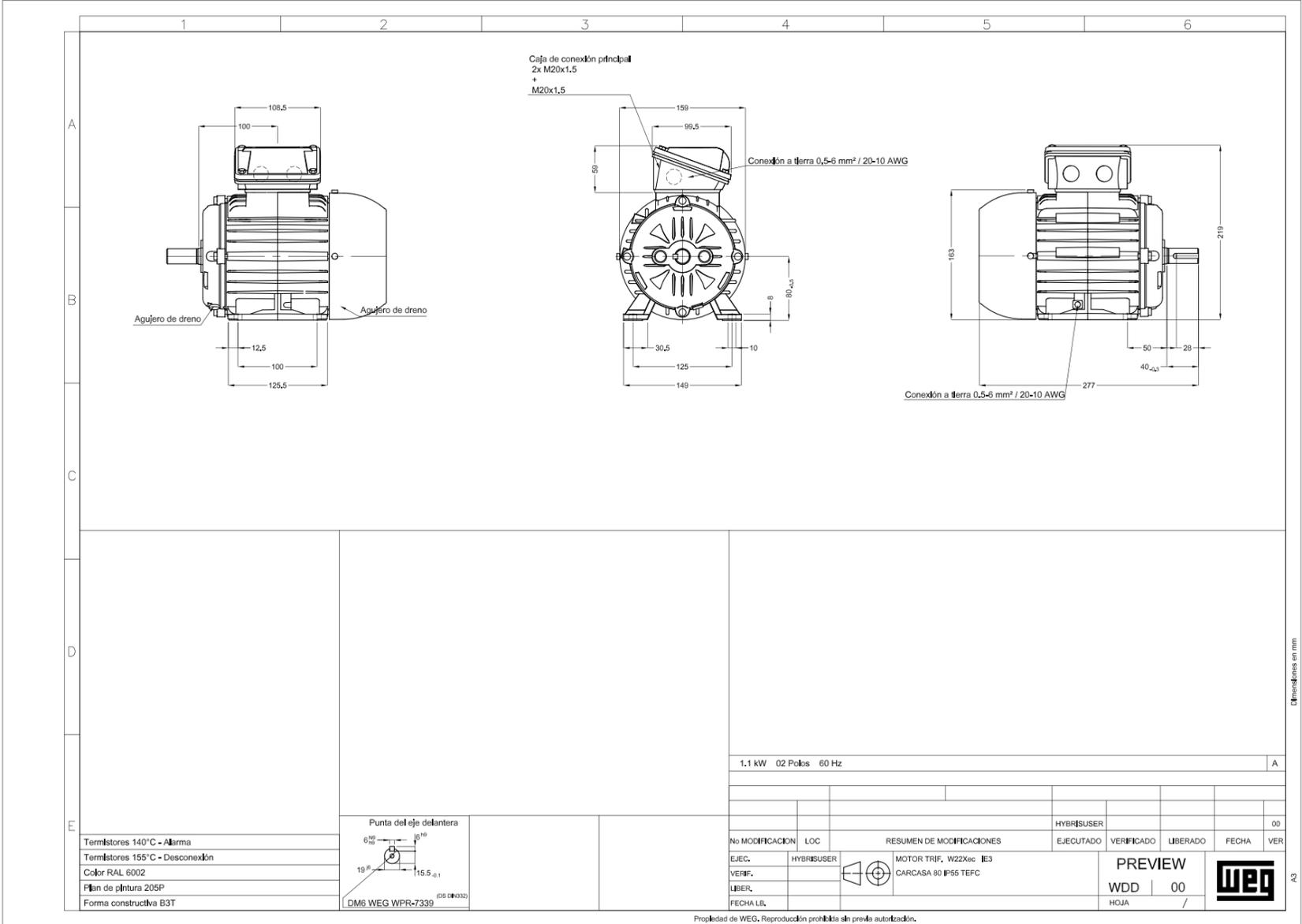
Momento de inercia (J) : 0.0009 kgm<sup>2</sup>  
 Régimen de servicio : S1  
 Clase de aislamiento : F  
 Factor de servicio : 1.00  
 Elevación de temperatura : 80 K  
 Categoría : N

Constante de calentamiento

Constante de enfriamiento

Rev.	Resumen de los cambios	Ejecutado	Verificado	Fecha
Ejecutor				
Verificador			Página	Revisión
Fecha	05/01/2024		5 / 5	

Propiedad de WEG S/A. Prohibida la reproducción sin permiso.  
 Sujeto a cambios sin previo aviso



## Anexo 3 – Ficha técnica Contactor ABB AF09-30-01-41



### PRODUCT-DETAILS

## AF09-30-01-41

### AF09-30-01-41 24-60V50/60HZ Contactor



#### General Information

Extended Product Type	AF09-30-01-41
Product ID	1SBL137001R4101
EAN	3471523110106
Catalog Description	AF09-30-01-41 24-60V50/60HZ Contactor

#### Long Description

The AF09-30-01-41 is a 3 pole - 690 V IEC or 600 UL contactor with 1 built-in auxiliary contact and screw terminals, controlling motors up to 4 kW / 400 V AC (AC-3) or 5 hp / 480 V UL and switching power circuits up to 25 A (AC-1) or 25 A UL general use. Thanks to the AF technology, the contactor has a wide control voltage range (24-60 V 50/60 Hz), managing large control voltage variations, reducing panel energy consumptions and ensuring distinct operations in unstable networks. Furthermore, surge protection is built-in, offering a compact solution. AF contactors have a block type design, can be easily extended with add-on auxiliary contact blocks and an additional wide range of accessories.

#### Ordering

Minimum Order Quantity	1 piece
Customs Tariff Number	85364900

#### Popular Downloads

Instructions and Manuals	1SBC101027M6801
--------------------------	-----------------

<b>Dimensions</b>	
Product Net Width	45 mm
Product Net Depth / Length	77 mm
Product Net Height	86 mm
Product Net Weight	0.27 kg

<b>Technical</b>	
Number of Main Contacts NO	3
Number of Main Contacts NC	0
Number of Auxiliary Contacts NO	0
Number of Auxiliary Contacts NC	1
Standards	IEC 60947-1 / 60947-4-1 and EN 60947-1 / 60947-4-1, UL 508, CSA C22.2 N° 14
Rated Operational Voltage	Auxiliary Circuit 690 V Main Circuit 690 V
Rated Frequency (f)	Auxiliary Circuit 50 / 60 Hz Main Circuit 50 / 60 Hz
Conventional Free-air Thermal Current (I <sub>th</sub> )	acc. to IEC 60947-4-1, Open Contactors q = 40 °C 35 A acc. to IEC 60947-5-1, q = 40 °C 16 A
Rated Operational Current AC-1 (I <sub>e</sub> )	(690 V) 40 °C 25 A (690 V) 60 °C 25 A (690 V) 70 °C 22 A
Rated Operational Current AC-3 (I <sub>e</sub> )	(415 V) 60 °C 9 A (440 V) 60 °C 9 A (500 V) 60 °C 9.5 A (690 V) 60 °C 7 A (380 / 400 V) 60 °C 9 A (220 / 230 / 240 V) 60 °C 9 A
Rated Operational Current AC-3e (I <sub>e</sub> )	(415 V) 60 °C 9 A (440 V) 60 °C 9 A (500 V) 60 °C 9.5 A (690 V) 60 °C 7 A (380 / 400 V) 60 °C 9 A (220 / 230 / 240 V) 60 °C 9 A
Rated Operational Power AC-3 (P <sub>e</sub> )	(400 V) 4 kW (415 V) 4 kW (440 V) 4 kW (500 V) 5.5 kW (690 V) 5.5 kW (380 / 400 V) 4 kW (220 / 230 / 240 V) 2.2 kW
Rated Operational Power AC-3e (P <sub>e</sub> )	(415 V) 4 kW (440 V) 4 kW (500 V) 5.5 kW (690 V) 5.5 kW (380 / 400 V) 4 kW (220 / 230 / 240 V) 2.2 kW
Rated Operational Current AC-15 (I <sub>e</sub> )	(500 V) 2 A (690 V) 2 A (24 / 127 V) 6 A (220 / 240 V) 4 A (400 / 440 V) 3 A
Rated Short-time Withstand Current Low Voltage (I <sub>cw</sub> )	at 40 °C Ambient Temp, in Free Air, from a Cold State 10 s 150 A at 40 °C Ambient Temp, in Free Air, from a Cold State 15 min 35 A at 40 °C Ambient Temp, in Free Air, from a Cold State 1 min 60 A at 40 °C Ambient Temp, in Free Air, from a Cold State 1 s 300 A at 40 °C Ambient Temp, in Free Air, from a Cold State 30 s 80 A for 0.1 s 140 A for 1 s 100 A
Maximum Breaking Capacity	cos phi=0.45 (cos phi=0.35 for I <sub>e</sub> > 100 A) at 440 V 250 A cos phi=0.45 (cos phi=0.35 for I <sub>e</sub> > 100 A) at 690 V 106 A

AF09-30-01-41

Maximum Electrical Switching Frequency	(AC-1) 600 cycles per hour (AC-15) 1200 cycles per hour (AC-2 / AC-4) 300 cycles per hour (AC-3) 1200 cycles per hour (DC-13) 900 cycles per hour
Rated Operational Current DC-13 (I <sub>e</sub> )	(24 V) 6 A / 144 W (48 V) 2.8 A / 134 W (72 V) 1 A / 72 W (110 V) 0.55 A / 60 W (125 V) 0.55 A / 69 W (220 V) 0.27 A / 60 W (250 V) 0.27 A / 68 W (400 V) 0.15 A / 60 W (500 V) 0.13 A / 65 W (600 V) 0.1 A / 60 W
Rated Insulation Voltage (U <sub>i</sub> )	acc. to IEC 60947-4-1 and VDE 0110 (Gr. C) 690 V acc. to UL/CSA 600 V
Rated Impulse Withstand Voltage (U <sub>imp</sub> )	6 kV
Maximum Mechanical Switching Frequency	3600 cycles per hour
Rated Control Circuit Voltage (U <sub>c</sub> )	50 Hz 24 ... 60 V 60 Hz 24 ... 60 V DC Operation -
Operate Time	Between Coil De-energization and NC Contact Closing 13 ... 98 ms Between Coil De-energization and NO Contact Opening 11 ... 95 ms Between Coil Energization and NC Contact Opening 38 ... 90 ms Between Coil Energization and NO Contact Closing 40 ... 95 ms
Mounting on DIN Rail	TH35-7.5 (35 x 7.5 mm Mounting Rail) acc. to IEC 60715 TH35-15 (35 x 15 mm Mounting Rail) acc. to IEC 60715
Mounting by Screws (not supplied)	2 x M4 screws placed diagonally
Connecting Capacity Main Circuit	Flexible with Ferrule 1/2x 0.75 ... 6 mm <sup>2</sup> Flexible with Insulated Ferrule 1x 0.75 ... 4 mm <sup>2</sup> Flexible with Insulated Ferrule 2x 0.75 ... 2.5 mm <sup>2</sup> Rigid 1/2x 1 ... 6 mm <sup>2</sup>
Connecting Capacity Auxiliary Circuit	Flexible with Ferrule 1/2x 0.75 ... 2.5 mm <sup>2</sup> Flexible with Insulated Ferrule 2x 0.75 ... 1.5 mm <sup>2</sup> Flexible with Insulated Ferrule 1x 0.75 ... 2.5 mm <sup>2</sup> Rigid 1/2x 1 ... 2.5 mm <sup>2</sup>
Connecting Capacity Control Circuit	Flexible with Ferrule 1/2x 0.75 ... 2.5 mm <sup>2</sup> Flexible with Insulated Ferrule 1x 0.75 ... 2.5 mm <sup>2</sup> Flexible with Insulated Ferrule 2x 0.75 ... 1.5 mm <sup>2</sup> Rigid 1/2x 1 ... 2.5 mm <sup>2</sup>
Wire Stripping Length	Auxiliary Circuit 10 mm Control Circuit 10 mm Main Circuit 10 mm
Degree of Protection	acc. to IEC 60529, IEC 60947-1, EN 60529 Auxiliary Terminals IP20 acc. to IEC 60529, IEC 60947-1, EN 60529 Coil Terminals IP20 acc. to IEC 60529, IEC 60947-1, EN 60529 Main Terminals IP20
Terminal Type	Screw Terminals

**Technical UL/CSA**

NEMA Size	00
Continuous Current Rating NEMA	9 A
Horsepower Rating NEMA	(115 V AC) Single Phase 1/3 Hp (200 V AC) Three Phase 1-1/2 Hp (230 V AC) Single Phase 1 Hp (230 V AC) Three Phase 1-1/2 Hp (460 V AC) Three Phase 2 Hp (575 V AC) Three Phase 2 Hp
General Use Rating UL/CSA	(600 V AC) 25 A
Horsepower Rating UL/CSA	(120 V AC) Single Phase 3/4 hp (200 ... 208 V AC) Three Phase 2 hp

(220 ... 240 V AC) Three Phase 2 hp  
 (240 V AC) Single Phase 1-1/2 hp  
 (440 ... 480 V AC) Three Phase 5 hp  
 (550 ... 600 V AC) Three Phase 7-1/2 hp

Tightening Torque	Auxiliary Circuit 11 in-lb
UL/CSA	Control Circuit 11 in-lb
	Main Circuit 13 in-lb

## Environmental

Ambient Air Temperature	Close to Contactor Fitted with Thermal O/L Relay -25 ... 60 °C Close to Contactor without Thermal O/L Relay -40 ... 70 °C Close to Contactor for Storage -60 ... +80 °C
Climatic Withstand	Category B according to IEC 60947-1 Annex Q
Maximum Operating Altitude Permissible	Without Derating 3000 m
Resistance to Vibrations acc. to IEC 60068-2-6	5 ... 300 Hz 4 g closed position / 2 g open position
Resistance to Shock acc. to IEC 60068-2-27	Closed, Shock Direction: B1 25 g Open, Shock Direction: B1 5 g Shock Direction: A 30 g Shock Direction: B2 15 g Shock Direction: C1 25 g Shock Direction: C2 25 g
RoHS Status	Following EU Directive 2011/65/EU

## Certificates and Declarations (Document Number)

ABS Certificate	ABS_20-2060694-PDA
BV Certificate	BV_2634H24898B0
CB Certificate	CB_SE-96551M1
CCC Certificate	CCC_2010010304445624
CQC Certificate	CQC2010010304445624 CQC2020010304298240
cUL Certificate	UL_20180227_E312527_7_1
Declaration of Conformity - CCC	2020980304001253 2020980304001082
Declaration of Conformity - CE	1SBD250000U1000
Declaration of Conformity - UKCA	1SBD250031U1000
DNV Certificate	DNV-GL_TAE00001AF-3
DNV GL Certificate	DNV-GL_TAE00001AF-3
EAC Certificate	EAC_RU_FRME77B03447
Environmental Information	1SBD250147E1000 1SBC100222M0201
GL Certificate	DNV-GL_TAE00001AF-3
GOST Certificate	GOST_POCCFR.ME77.B07175.pdf
Instructions and Manuals	1SBC101027M6801
KC Certificate	KC_HW02016-15004C
LR Certificate	LRS_1300087E1
RINA Certificate	RINA_ELE240318XG
RMRS Certificate	RMRS_1802705280
RoHS Information	1SBD250000U1000
UL Certificate	UL_2014 0305-E312527_7_1
UL Listing Card	UL_E312527

## Container Information

Package Level 1 Units	box 1 piece
-----------------------	-------------

AF09-30-01-41

Package Level 1 Width	87 mm
Package Level 1 Depth / Length	79 mm
Package Level 1 Height	47 mm
Package Level 1 Gross Weight	0.27 kg
Package Level 1 EAN	3471523110106
Package Level 2 Units	box 27 piece
Package Level 2 Width	250 mm
Package Level 2 Depth / Length	300 mm
Package Level 2 Height	315 mm
Package Level 2 Gross Weight	14.58 kg
Package Level 3 Units	1296 piece

## Classifications

Object Classification Code	Q
ETIM 4	EC000066 - Magnet contactor, AC-switching
ETIM 5	EC000066 - Magnet contactor, AC-switching
ETIM 6	EC000066 - Power contactor, AC switching
ETIM 7	EC000066 - Power contactor, AC switching
eClass	V11.0 : 27371003
UNSPSC	39121529

## Categories

Low Voltage Products and Systems → Control Products → Contactors → Block Contactors



## Anexo 4 – Ficha técnica Relay Thermal Overload ABB T16-0.17



### PRODUCT-DETAILS

## T16-0.17

### T16-0.17 Thermal Overload Relay



#### General Information

Extended Product Type	T16-0.17
Product ID	1SAZ711201R1008
EAN	4013614404658
Catalog Description	T16-0.17 Thermal Overload Relay
Long Description	<p>The T16-0.17 thermal overload relay is an economic electromechanical protection device for the main circuit. It offers reliable and fast protection for motors in the event of overload or phase failure. The device has trip class 10. Further features are the temperature compensation, trip contact (NC), signal contact (NO), automatic- or manual reset selectable, trip-free mechanism, STOP function and a trip indication. The overload relays are connected directly to the mini contactors or block contactors. Single mounting kits are available as accessory.</p>

#### Ordering

Minimum Order Quantity	1 piece
Customs Tariff Number	85364900

#### Popular Downloads

Data Sheet, Technical Information	2CDC106020D0201
Instructions and Manuals	2CDC106019M6802 2CDC106021M6801
Time-Current Characteristic Curve	1SAZ700505F0002

## Dimensions

Product Net Width	45 mm
Product Net Height	76.7 mm
Product Net Depth / Length	53.5 mm
Product Net Weight	0.1 kg

## Technical

Setting Range	0.13 ... 0.17 A
Rated Operational Voltage	Auxiliary Circuit 600 V AC/DC Main Circuit 690 V AC
Rated Operational Current ( $I_e$ )	0.17 A
Rated Operational Current AC-3 ( $I_e$ )	0.17 A
Rated Frequency (f)	Auxiliary Circuit 50 Hz Auxiliary Circuit 60 Hz Auxiliary Circuit DC Main Circuit 50 Hz Main Circuit 60 Hz
Rated Impulse Withstand Voltage ( $U_{imp}$ )	Auxiliary Circuit 6 kV Main Circuit 6 kV
Rated Insulation Voltage ( $U_i$ )	690 V
Number of Poles	3
Number of Auxiliary Contacts NC	1
Number of Auxiliary Contacts NO	1
Number of Protected Poles	3
Conventional Free-air Thermal Current ( $I_{th}$ )	Auxiliary Circuit NC 6 A Auxiliary Circuit NO 4 A
Rated Operational Current AC-15 ( $I_e$ )	(120 V) NC 3 A (120 V) NO 0.5 A (240 V) NC 3 A (240 V) NO 0.5 A (400 V) NC 0.75 A (400 V) NO 0.5 A (500 V) NC 0.75 A (500 V) NO 0.5 A
Rated Operational Current DC-13 ( $I_e$ )	(125 V) NC 0.55 A (125 V) NO 0.55 A (24 V) NC 1.25 A (24 V) NO 1.25 A (250 V) NC 0.27 A (250 V) NO 0.27 A (500 V) NC 0.15 A (500 V) NO 0.15 A (60 V) NC 0.55 A (60 V) NO 0.55 A
Degree of Protection	IP20
Pollution Degree	3
Connecting Capacity Auxiliary Circuit	Flexible with Ferrule 1/2x 0.75 ... 2.5 mm <sup>2</sup> Flexible with Insulated Ferrule 1x 0.75 ... 2.5 mm <sup>2</sup> Flexible with Insulated Ferrule 2x 0.75 ... 1.5 mm <sup>2</sup> Flexible 1/2x 0.75 ... 1 mm <sup>2</sup> Flexible 1/2x 1 ... 2.5 mm <sup>2</sup> Rigid 1/2x 0.75 ... 4 mm <sup>2</sup>
Connecting Capacity	Flexible with Ferrule 1/2x 0.75 ... 4 mm <sup>2</sup>

T16-0.17

Main Circuit	Flexible with Insulated Ferrule 1/2x 0.75 ... 4 mm <sup>2</sup> Flexible 1/2x 0.75 ... 4 mm <sup>2</sup> Solid 1/2x 0.75 ... 1.5 mm <sup>2</sup> Solid 1/2x 1.5 ... 4 mm <sup>2</sup> Stranded 1/2x 1 ... 4 mm <sup>2</sup>
Tightening Torque	Auxiliary Circuit 1 ... 1.2 N·m Main Circuit 1.1 ... 1.5 N·m
Wire Stripping Length	Auxiliary Circuit 9 mm Main Circuit 12 mm
Recommended Screw Driver	Main Circuit Pozidriv 2
Power Loss	at Rated Operating Conditions per Pole 1.1 ... 2.0 W
Suitable For	B6 BC6 B7 BC7 VB6 VBC6 VB7 VBC7 MC1 MC2 AS09 AS12 AS16
Standards	IEC/EN 60947-1 IEC/EN 60947-4-1 IEC/EN 60947-5-1 UL 60947-1 UL 60947-4-1

### Technical UL/CSA

Maximum Operating Voltage UL/CSA	Main Circuit 600 V AC
Ampere Rating UL/CSA	0.17 A
Contact Rating UL/CSA	(NC:) B600 (NC:) Q600 (NO:) Q600 (NO:) D300
Connecting Capacity Main Circuit UL/CSA	Flexible 1/2x 18-12 AWG Stranded 1/2x 18-10 AWG
Connecting Capacity Auxiliary Circuit UL/CSA	Flexible 1/2x 18-12 AWG Stranded 1/2x 18-12 AWG
Tightening Torque UL/CSA	Auxiliary Circuit 9 ... 11 in·lb Main Circuit 9 ... 13 in·lb

### Environmental

Ambient Air Temperature	Operation -25 ... +60 °C Operation Compensated -25 ... +60 °C Storage -50 ... +80 °C
Ambient Air Temperature Compensation	Yes
Maximum Operating Altitude Permissible	2000 m
Resistance to Shock acc. to IEC 60068-2-27	11 ms Pulse 22g
Resistance to Vibrations acc. to IEC 60068-2-6	3g / 3 ... 150 Hz
RoHS Status	Following EU Directive 2011/65/EU

### Certificates and Declarations (Document Number)

T16-0.17

ABS Certificate	1SAA941001-0102
BV Certificate	1SAA941001-0203
CB Certificate	1SAA941008-2001
CQC Certificate	CQC2011010309459316
cUL Certificate	cUL_E48139
Declaration of Conformity - CCC	2020980304001787
Declaration of Conformity - CE	1SAD938511-0182
Declaration of Conformity - UKCA	1SAD938501-1182
DNV GL Certificate	1SAA941001-0302
EAC Certificate	1SAA941002-2702
Environmental Information	1SAC200055H0009
GL Certificate	1SAA941007-0401
Instructions and Manuals	2CDC106019M6802 2CDC106021M6801
LR Certificate	1SAA941001-0502
RINA Certificate	1SAA941000-0802
RMRS Certificate	1SAA941000-0704
RoHS Information	1SAD938507-0182
Time-Current Characteristic Curve	1SAZ700505F0002
UL Certificate	UL_E48139

### Container Information

Package Level 1 Units	1 piece
Package Level 1 Width	48 mm
Package Level 1 Height	63 mm
Package Level 1 Depth / Length	82 mm
Package Level 1 Gross Weight	0.112 kg
Package Level 1 EAN	4013614404658
Package Level 2 Units	40 piece
Package Level 2 Width	280 mm
Package Level 2 Height	210 mm
Package Level 2 Depth / Length	395 mm
Package Level 2 Gross Weight	8.45 kg
Package Level 2 EAN	4013614440526

### Classifications

Object Classification Code	F
ETIM 4	EC000106 - Thermal overload relay
ETIM 5	EC000106 - Thermal overload relay
ETIM 6	EC000106 - Thermal overload relay
ETIM 7	EC000106 - Thermal overload relay
eClass	V11.0 : 27371501
UNSPSC	39121520
IDEA Granular Category Code (IGCC)	5364 >> Overload relay
E-Number (Finland)	3706134
E-Number (Sweden)	3212055

T16-0.17

---

### Accessories

---

Identifier	Description	Type	Quantity	Unit Of Measure
1SAZ701901R0001	DB16 Single Mounting Kit	DB16	1	piece
1SFA616162R1014	KPR3-101L Reset push button	KPR-101L	1	piece

---

---

### Categories

---

Low Voltage Products and Systems → Control Products → Contactors → Thermal Overload Relays



## Anexo 5 – Ficha técnica de cable INDECO FREETOX NH-80

### THW-90 +PLUS AWG 450/750 V

Contacto  
Venta Local  
ventas.peru@nexans.com

Cable de cobre aislado con PVC Low smoke, cuya temperatura de operación es 90°C. Aplicación general en instalaciones fijas, resistente a la humedad y al calor.

#### DESCRIPCIÓN

##### Aplicación:

Aplicación especial en aquellos ambientes residenciales poco ventilados en los cuales ante un incendio aumenta la posibilidad de sobrevivencia de las posibles víctimas al tener una buena visibilidad para el salvamento y escape del lugar debido a: baja emisión de humos densos, baja emisión de gases tóxicos y no propaga el incendio. Generalmente se instalan en tubos para instalaciones fijas, en edificaciones, interior de locales con ambiente seco o húmedo y en general en todas las instalaciones que requieran mayor capacidad de corriente al cable TW-80 +PLUS. No recomendado para instalaciones a la intemperie.

##### Construcción:

1. Conductor: Cobre blando, clase B.
  2. Aislamiento: Compuesto de PVC Low smoke.
- Desde 14 AWG hasta 10 AWG en aislamiento en doble capa  
8 AWG en aislamiento en capa única

##### Principales características:

Buena resistencia dieléctrica, resistencia a la humedad, grasas y al calor hasta la temperatura de servicio. El aislamiento tiene las siguientes características durante la exposición del cable ante un incendio:

Baja emisión de humos densos: Retraso en la emisión de humos densos y, por tanto, mejora de la capacidad de visión hasta 3 veces en comparación con el cable THW-90 estándar.

Bajo halógenos: 28% menos generación de gases halógenos que el cable THW-90 estándar.

No propaga el incendio de acuerdo a IEC 60332-3-25 CAT. D.

##### Calibre:

Desde 14 AWG hasta 8 AWG.

##### Marcación:

INDECO S.A. THW-90 +PLUS Calibre - 450/750 V - BAJO HUMOS - NO PROPAGA INCENDIO CAT.D - HECHO EN PERU.



#### NORMAS

##### Internacional

IEC 60332-3-25 Cat.D;  
IEC 60754-1; IEC 61034-2

##### Nacional NTP 370.250;

NTP 370.252; UL 2556; UL 83



Flexibilidad del conductor  
Clase B



Tensión nominal de servicio Uo/U (Um)  
450/750 V



Bajo Halógenos  
IEC 60754-1



Densidad de los humos  
Baja Emisión de Humos - IEC 61034-2



No propagación de la llama  
UL 1581 VW1



No propagador del incendio  
IEC 60332-3-25



Temperatura máxima operación  
90 °C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 1.4 Generado 3/07/24 www.nexans.pe Página 1 / 4

# THW-90 +PLUS AWG 450/750 V

Contacto  
Venta Local  
ventas.peru@nexans.com

## Embalaje:

Rollos de 100 metros.

## Color:

Negro, Blanco, rojo, azul.

## Normas nacionales

**NTP 370.250:** Conductores para cables aislados.

**NTP 370.252:** Cables aislados con compuesto termoplástico y termoestable para tensiones hasta e inclusive 450/750 V.

## Normas internacionales aplicables

**UL 83:** Alambres y cables aislados con compuesto termoplástico

**IEC 61034-2:** Medida de la densidad de los humos emitidos por cables en combustión bajo condiciones definidas.

**UL 2556:** Métodos de ensayo para alambre y cable. **Sección 9.3:** Ensayo de propagación de llama - FT-1 (muestra vertical).

**UL 2556:** Métodos de ensayo para alambre y cable. **Sección 9.4:** Ensayo de propagación de llama - VW-1 (muestra vertical).

**IEC 60332-3-25:** Ensayo para llama vertical extendida de alambres agrupados o cables montados verticalmente - Categoría D.

**IEC 60754-1:** Ensayo de los gases emitidos durante la combustión de los materiales de los cables. **Parte 1:** Determinación de la cantidad de gas halógeno ácido.

## CARACTERÍSTICAS

### Características de construcción

Material del conductor	Cobre Temple Blando
Material de aislamiento	PVC Low Smoke
Flexibilidad del conductor	Clase B

### Características eléctricas

Tensión nominal de servicio U <sub>0</sub> /U (Um)	450/750 V
Rigidez dieléctrica	2.0 kV
Tiempo Rigidez Dielectrica Vca al aislamiento	1 min.

### Características de uso

Baja Emisión Gases Halógenos	IEC 60754-1
------------------------------	-------------



Flexibilidad del conductor  
Clase B



Tensión nominal de servicio U<sub>0</sub>/U (Um)  
450/750 V



Bajo Halógenos  
IEC 60754-1



Densidad de los humos  
Baja Emisión de Humos - IEC 61034-2



No propagación de la llama  
UL 1581 VW1



No propagador del incendio  
IEC 60332-3-25



Temperatura máxima operación  
90 °C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.

Versión 1.4 Generado 3/07/24 www.nexans.pe Página 2 / 4

# THW-90 +PLUS AWG 450/750 V

Contacto  
Venta Local  
ventas.peru@nexans.com

## Características de uso

Densidad de los humos	Baja Emisión de Humos - IEC 61034-2
No propagación de la llama	UL 1581 VW1
No propagador del incendio	IEC 60332-3-25
Temperatura máxima operación	90 °C
Temperatura de sobrecarga de emergencia	130 °C
Temperatura máxima del conductor en corto-circuito	250 °C

## DATOS DIMENSIONALES

ITEM	Calibre (AWG/KCMIL)	Nº total alambres	Diam. Conductor [mm]	Min. espes Aislam. [mm]	Diam. Nom. Exterior [mm]	Peso aprox. [kg/km]
01	14	7	1.7	0.76	3.4	26
02	12	7	2.2	0.76	3.9	37
03	10	7	2.8	0.76	4.4	56
04	8	7	3.3	1.14	5.7	96

## DATOS ELÉCTRICOS

ITEM	Calibre (AWG/KCMIL)	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Capac. Corriente ducto 30°C [A]	Capacitancia Nominal [pF/m]
01	14	8.97	25	641.0
02	12	5.65	30	776.0
03	10	3.547	40	983.0
04	8	2.231	56	813.0

## LISTA DE PRODUCTOS

Ref. Nexans	Ref. de País	Nombre	Color	Peso aproximado [kg/km]
 P00036020-2	10050372	THW-90 +PLUS 450/750 V 8 AWG NG, R100	Negro	96
 P00036010-5	10050362	THW-90 +PLUS 450/750 V 12 AWG NG, R100	Negro	37
 P00036006-4	10050358	THW-90 +PLUS 450/750 V 14 AWG RJ, R100	Rojo	26
 P00036007-4	10050359	THW-90 +PLUS 450/750 V 14 AWG AZ, R100	Azul	26
 P00036008-4	10050360	THW-90 +PLUS 450/750 V 14 AWG BL, R100	Blanco	26
 P00036011-5	10050363	THW-90 +PLUS 450/750 V 12 AWG RJ, R100	Rojo	37

 = Realizar pedido,  = Reservar stock,



Flexibilidad del conductor  
Clase B



Tensión nominal de servicio Uo/U (Um)  
450/750 V



Bajo Halógenos  
IEC 60754-1



Densidad de los humos  
Baja Emisión de Humos - IEC 61034-2



No propagación de la llama  
UL 1581 VW1



No propagador del incendio  
IEC 60332-3-25



Temperatura máxima operación  
90 °C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.  
Versión 1.4 Generado 3/07/24 www.nexans.pe Página 3 / 4

## THW-90 +PLUS AWG 450/750 V

Contacto  
Venta Local  
ventas.peru@nexans.com

Ref. Nexans	Ref. de País	Nombre	Color	Peso aproximado [kg/km]
 P00036012-5	10050364	THW-90 +PLUS 450/750 V 12 AWG AZ, R100	Azul	37
 P00036013-5	10050365	THW-90 +PLUS 450/750 V 12 AWG BL, R100	Blanco	37
 P00036016-4	10050368	THW-90 +PLUS 450/750 V 10 AWG RJ, R100	Rojo	56
 P00036017-4	10050369	THW-90 +PLUS 450/750 V 10 AWG AZ, R100	Azul	56
 P00036018-4	10050370	THW-90 +PLUS 450/750 V 10 AWG BL, R100	Blanco	56
 P00036015-4	10050367	THW-90 +PLUS 450/750 V 10 AWG NG, R100	Negro	56
 P00036005-4	10050357	THW-90 +PLUS 450/750 V 14 AWG NG, R100	Negro	26

 = Realizar pedido,  = Reservar stock,

### CONDICIONES DE CÁLCULO DE CORRIENTE B.T.; 90°C

#### CONDICIONES DE CALCULO DE CORRIENTE

Temperatura máxima del conductor : 90°C.

Temperatura ambiente : 30°C.



Flexibilidad del conductor  
Clase B



Tensión nominal de servicio U<sub>0</sub>/U (Um)  
450/750 V



Bajo Halógenos  
IEC 60754-1



Densidad de los humos  
Baja Emisión de Humos - IEC 61034-2



No propagación de la llama  
UL 1581 VW1



No propagador del incendio  
IEC 60332-3-25

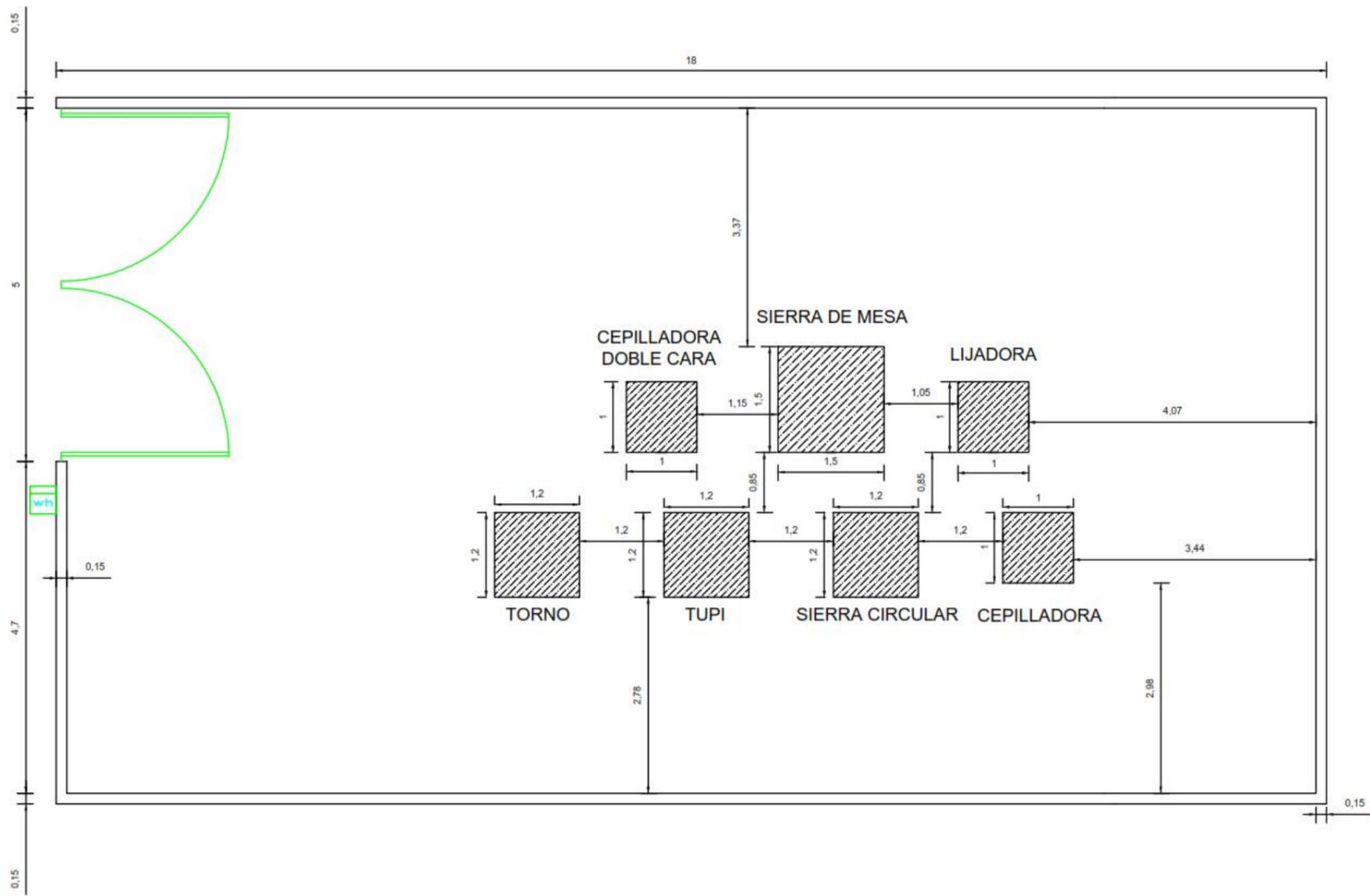


Temperatura máxima operación  
90 °C

Todos los dibujos, diseños, especificaciones, planos y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en la documentación técnica o comercial de Nexans son puramente indicativos, y no serán contractuales para Nexans, ni podrán ser consideradas como que constituyen una representación de la parte de Nexans.

Versión 1.4 Generado 3/07/24 www.nexans.pe Página 4 / 4

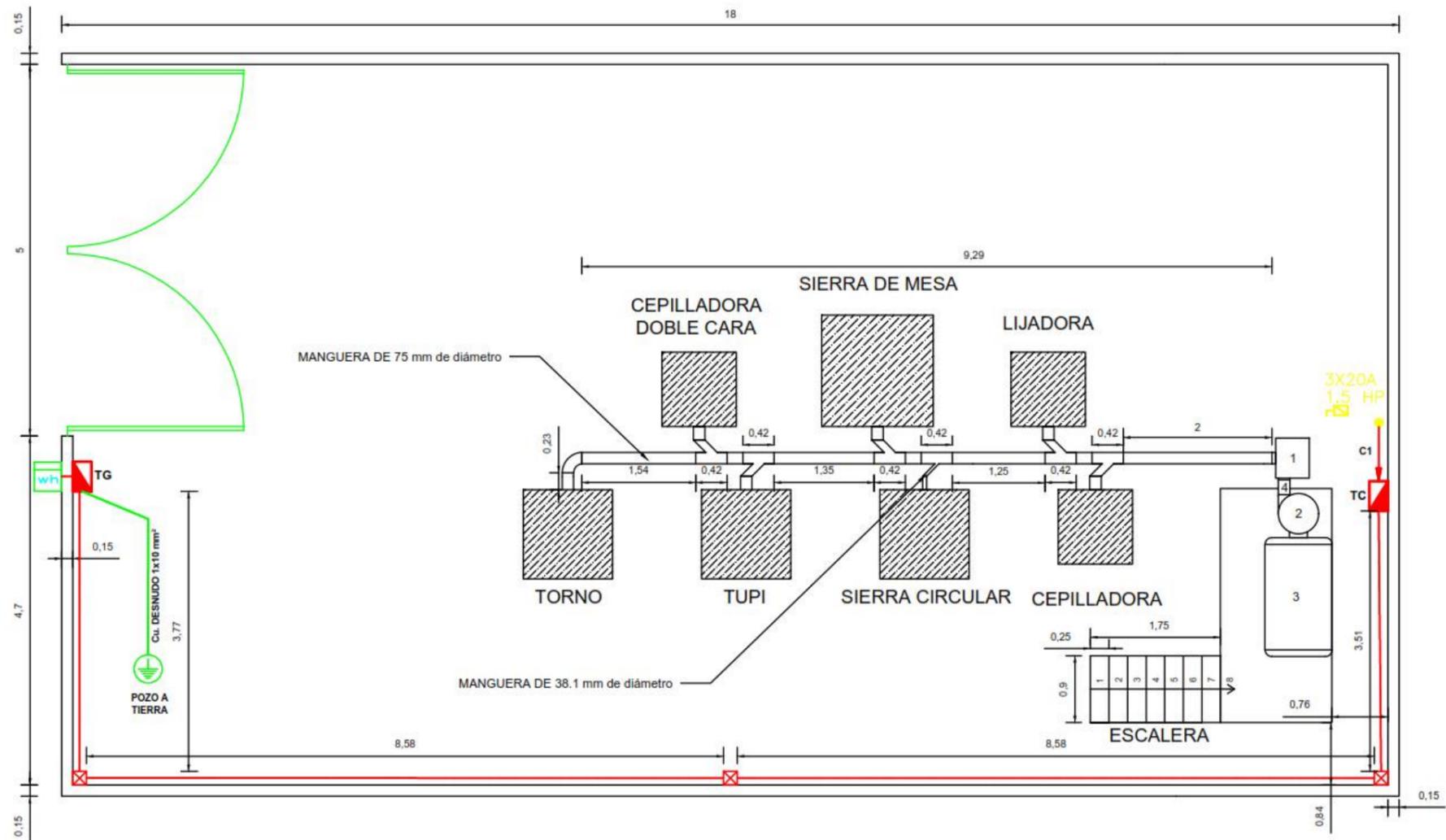
**Anexo 6 – Plano de distribución de equipos en carpintería NEYRA**



**UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"**  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

	TÍTULO: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO Y VIRUTA PARA EL TALLER DE CARPINTERÍA NEYRA DEL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO"		LÁMINA: <b>D-1</b>
	AUTOR: Bach. Emigdio Darwil Laban Roman		FECHA: ENERO 2024
ASESOR: Ing. Héctor Antonio Oñden Nuñez	LUGAR: CARPINTERÍA "NEYRA"		ESCALA: 1/75
PLANO: DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS			DISTRITO: JOSÉ LEONARDO ORTIZ PROVINCIA: CHICLAYO DEPARTAMENTO: LAMBAYEQUE

**Anexo 7 - Plano del Sistema de Extracción propuesto**

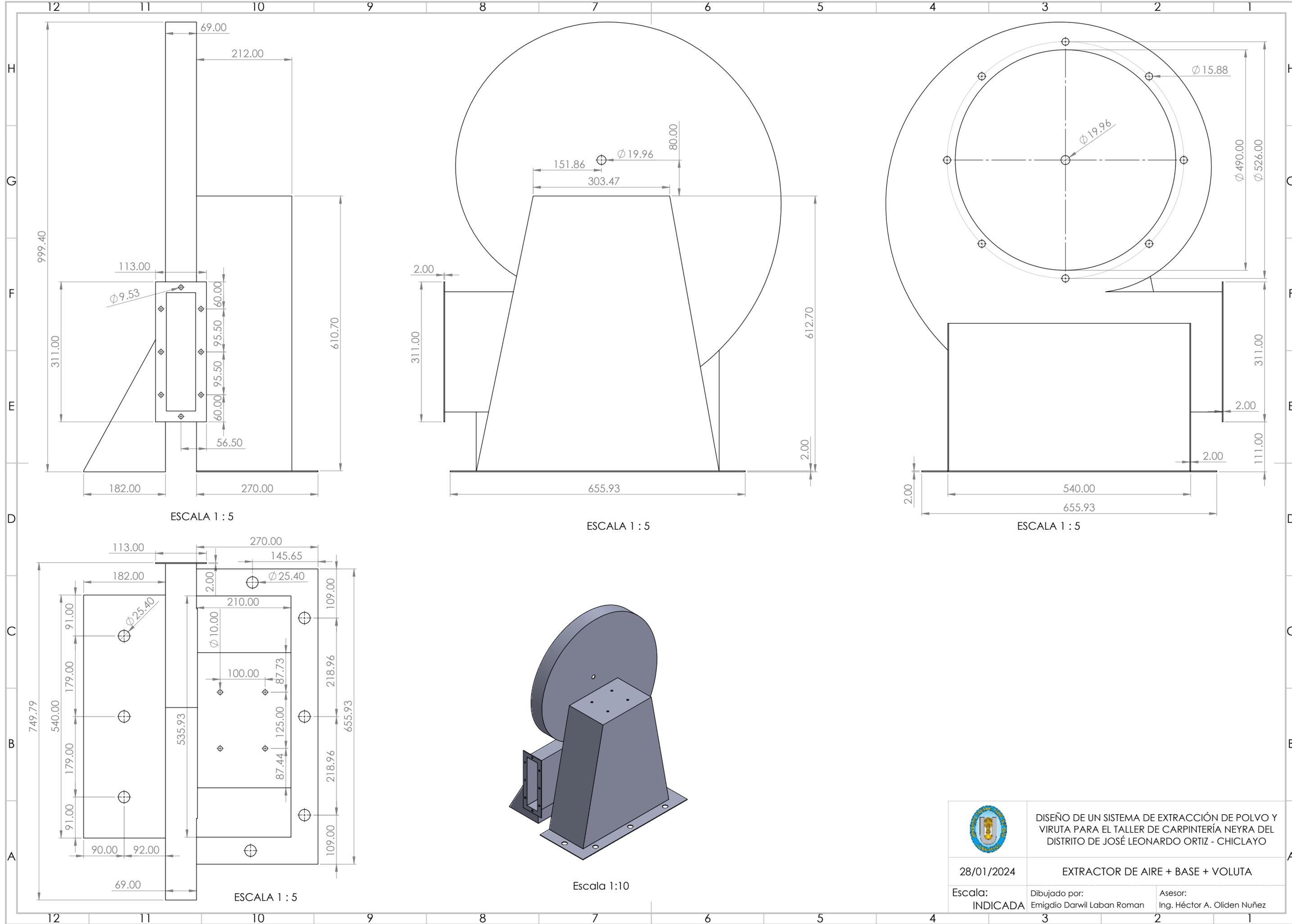


LEYENDA	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	EXTRACTOR DE POLVO Y VIRUTA
2	CICLÓN
3	RECOLECTOR DE POLVO Y VIRUTA
4	ACOPLE PARA EXTRACTOR Y CICLÓN

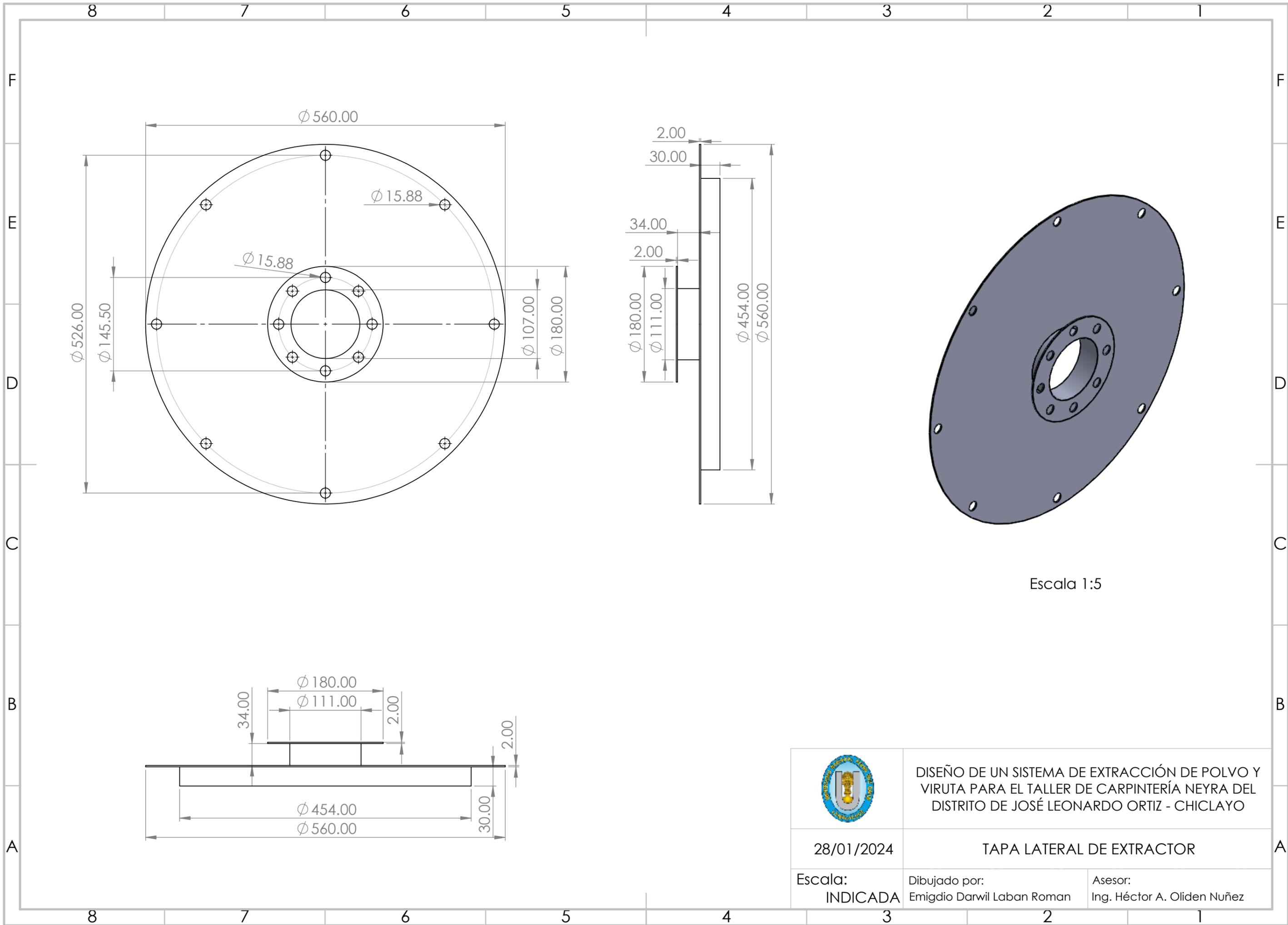
**UNIVERSIDAD NACIONAL "PEDRO RUIZ GALLO"**  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

	<small>TEMA:</small> "DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO Y VIRUTA PARA EL TALLER DE CARPINTERÍA NEYRA DEL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO"	<small>LÁMINA:</small> <b>E-1</b>
	<small>AUTOR:</small> Bach. Emigdio Darwil Laban Roman	<small>LUGAR:</small> CARPINTERÍA "NEYRA"
<small>ASESOR:</small> Ing. Héctor Antonio Ojden Nuñez	<small>TÍTULO:</small> SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO Y VIRUTA	<small>ESCALA:</small> 1/75
<small>PLAZO:</small> 	<small>DISTRITO:</small> JOSÉ LEONARDO ORTIZ <small>PROVINCIA:</small> CHICLAYO <small>DEPARTAMENTO:</small> LAMBAYEQUE	

**Anexo 8 - Plano de la voluta con base para ventilador centrífugo**



	DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO Y VIRUTA PARA EL TALLER DE CARPINTERÍA NEYRA DEL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO	
28/01/2024	EXTRACTOR DE AIRE + BASE + VOLUTA	
Escala: INDICADA	Dibujado por: Emigdio Darwil Laban Roman	Asesor: Ing. Héctor A. Oviden Nuñez



DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO Y VIRUTA PARA EL TALLER DE CARPINTERÍA NEYRA DEL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO

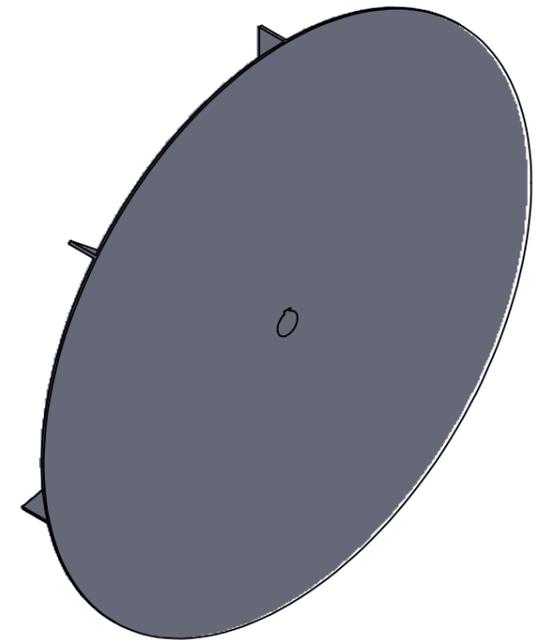
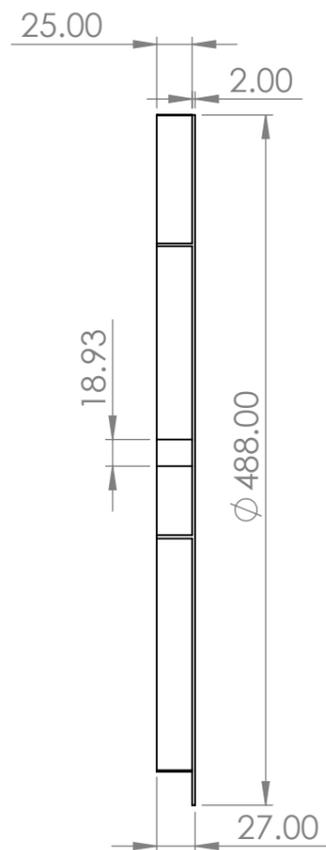
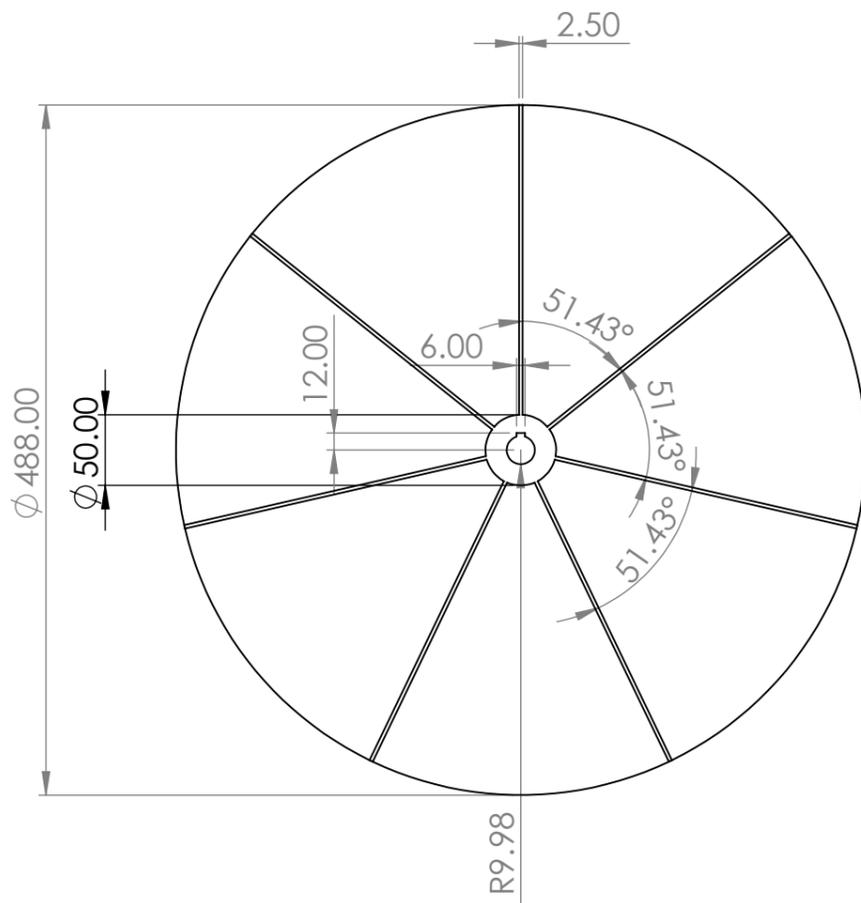
28/01/2024

TAPA LATERAL DE EXTRACTOR

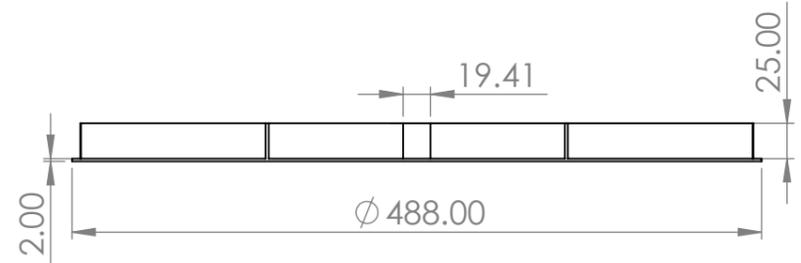
Escala:  
INDICADA

Dibujado por:  
Emigdio Darwil Laban Roman

Asesor:  
Ing. Héctor A. Oliden Nuñez



ESCALA 1 : 5



DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO Y VIRUTA PARA EL TALLER DE CARPINTERÍA NEYRA DEL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO

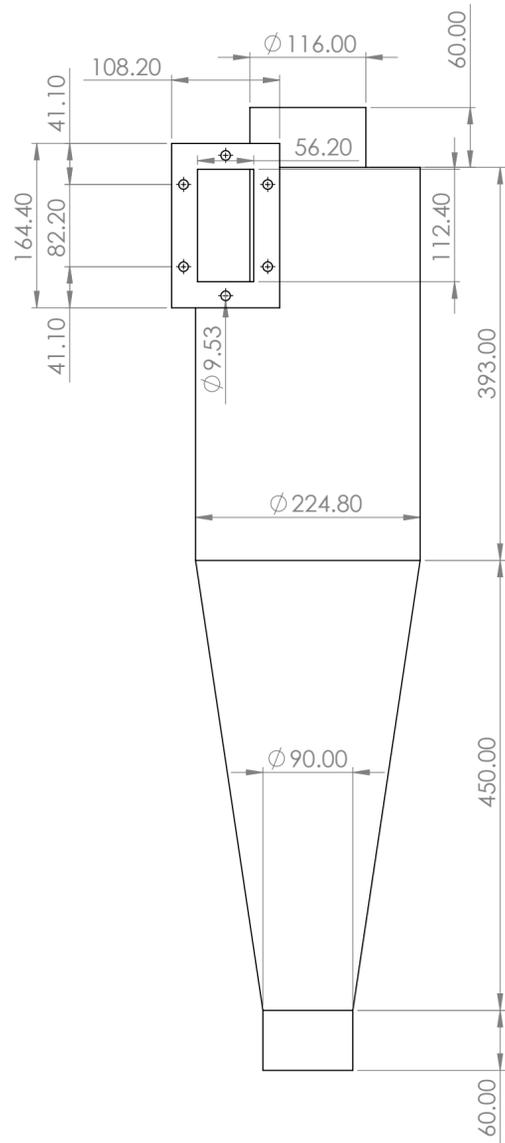
28/01/2024

RODETE DE EXTRACTOR

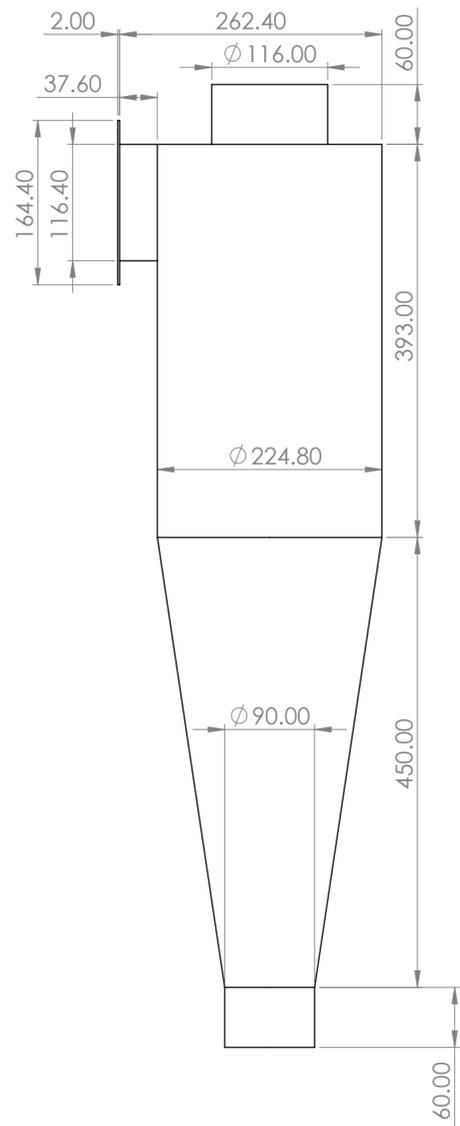
Escala:  
INDICADA

Dibujado por:  
Emigdio Darwil Laban Roman

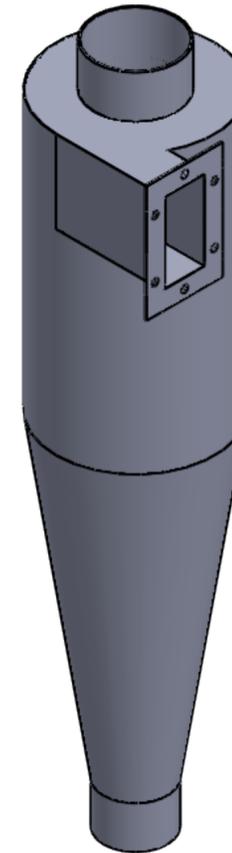
Asesor:  
Ing. Héctor A. Oliden Nuñez



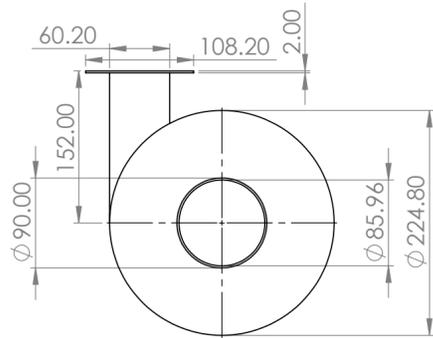
ESCALA 1 : 5



ESCALA 1 : 5

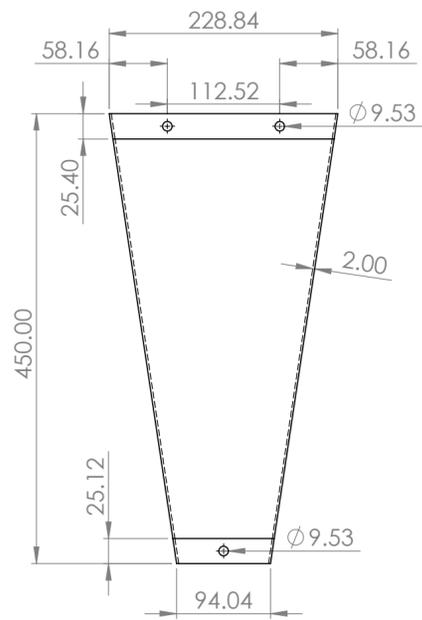


ESCALA 1 : 5

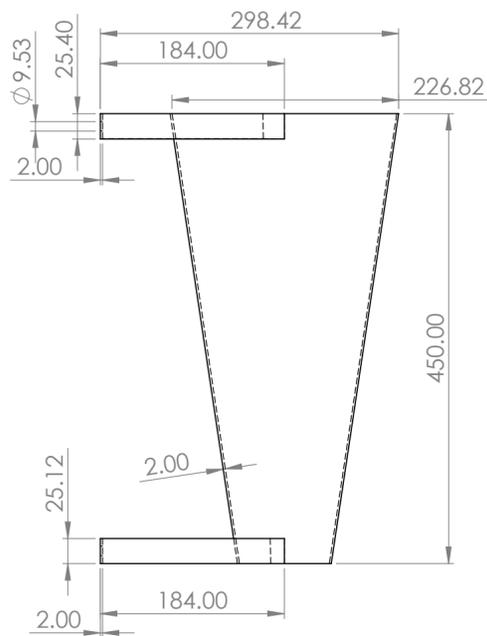


ESCALA 1 : 5

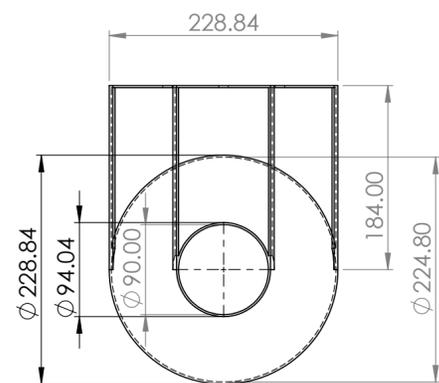
	DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO Y VIRUTA PARA EL TALLER DE CARPINTERÍA NEYRA DEL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO	
28/01/2024	CICLÓN DE EXTRACTOR	
Escala: INDICADA	Dibujado por: Emigdio Darwil Laban Roman	Asesor: Ing. Héctor A. Oviden Nuñez



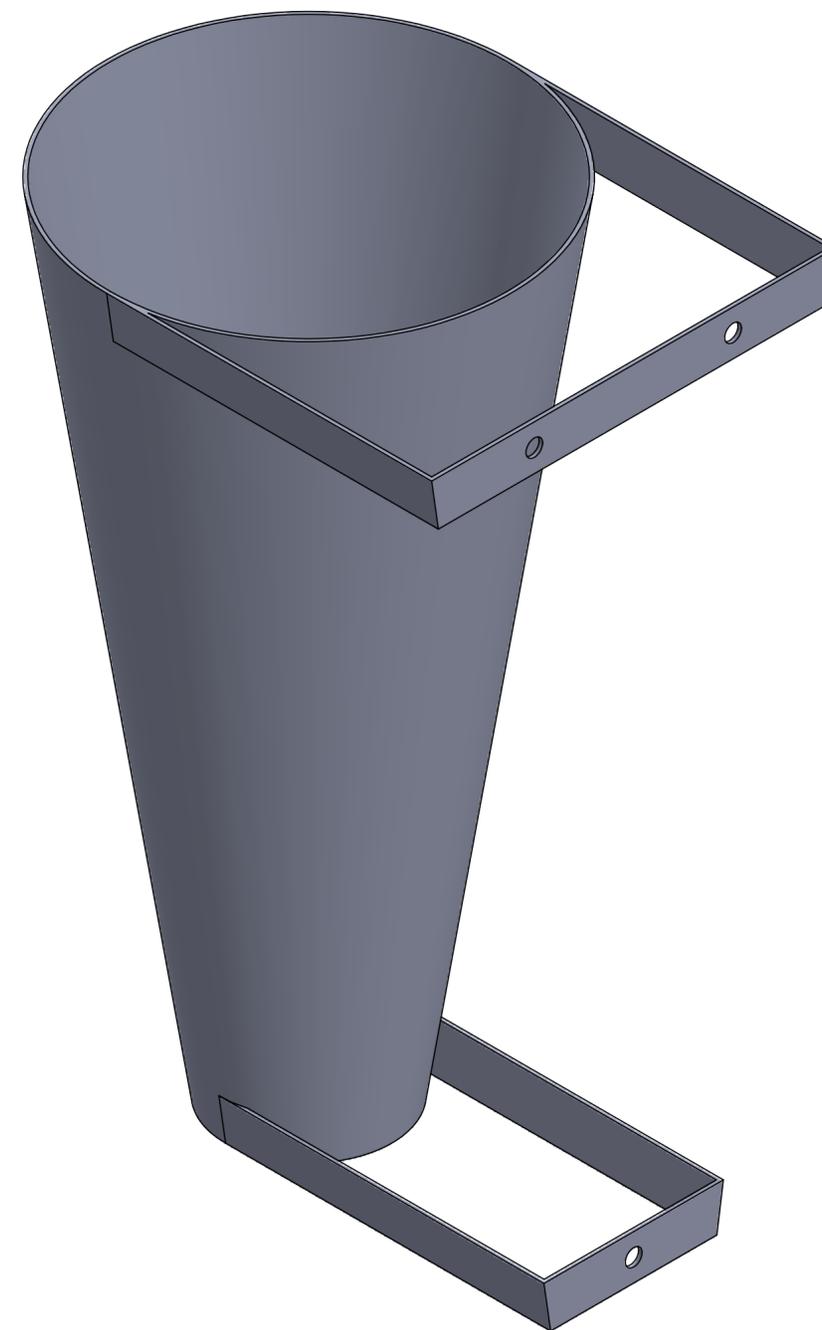
Escala 1:5



Escala 1:5



Escala 1:5



ESCALA 1 : 2



DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO Y VIRUTA PARA EL TALLER DE CARPINTERÍA NEYRA DEL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO

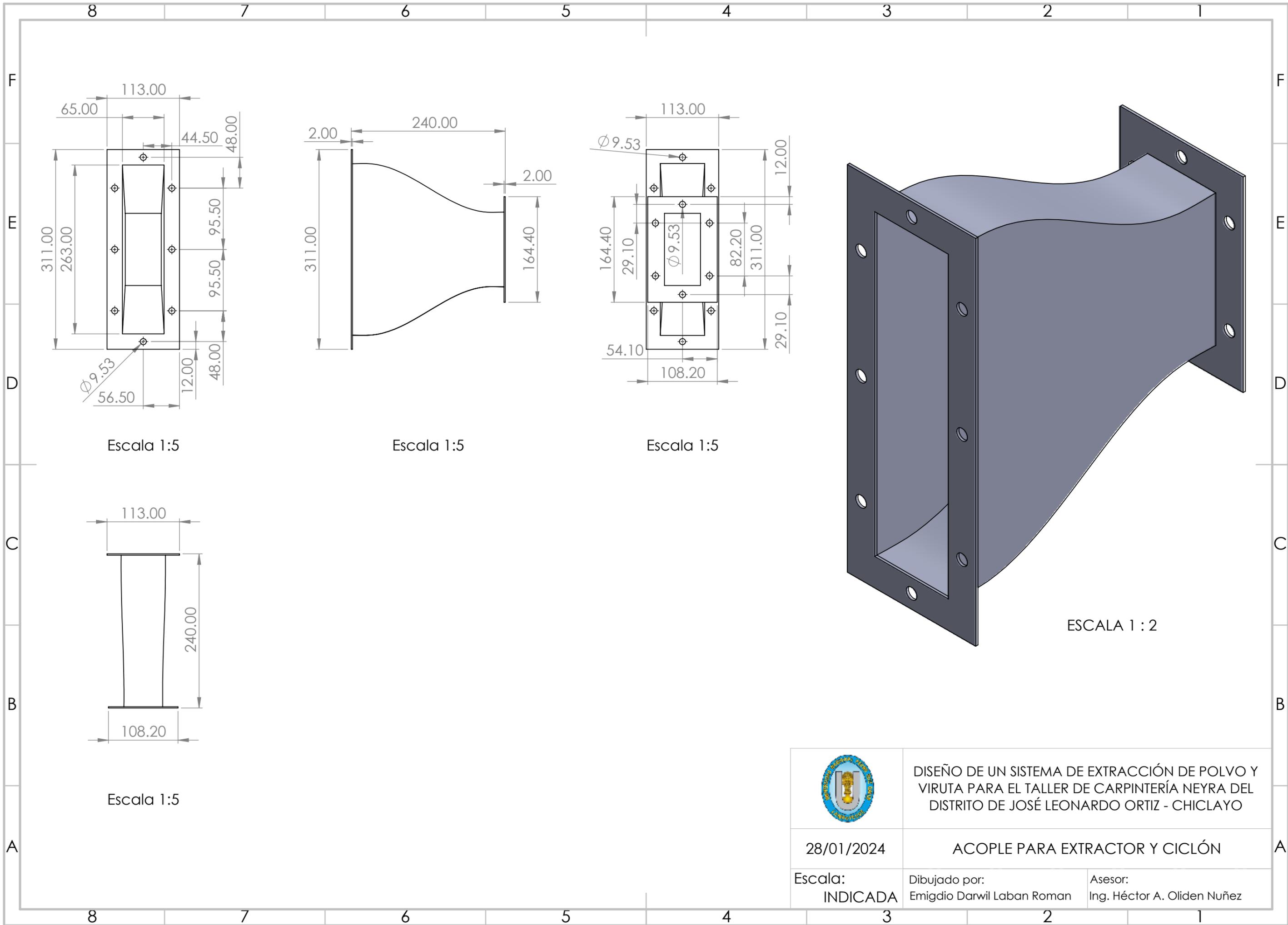
28/01/2024

SOPORTE PARA CICLÓN

Escala:  
INDICADA

Dibujado por:  
Emigadio Darwil Laban Roman

Asesor:  
Ing. Héctor A. Oviden Nuñez



DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO Y VIRUTA PARA EL TALLER DE CARPINTERÍA NEYRA DEL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO

28/01/2024

ACOPLE PARA EXTRACTOR Y CICLÓN

Escala:  
INDICADA

Dibujado por:  
Emigdio Darwil Laban Roman

Asesor:  
Ing. Héctor A. Oliden Nuñez



**ACTA DE SUSTENTACION N°047-2024-FIME**



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 12:00 p.m. del día viernes 28 de junio 2024. Se reunieron los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°0145-2024-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 23 de junio 2024, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la Tesis ordinaria, conformado por los siguientes catedráticos:

Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO  
Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA  
M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA  
ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ

PRESIDENTE  
SECRETARIO  
MIEMBRO  
ASESOR

Se recibió la Tesis ordinaria titulada:

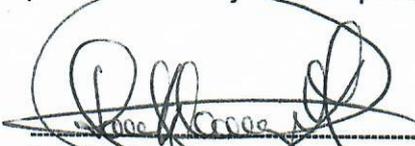
***“DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO Y VIRUTA PARA EL TALLER DE CARPINTERÍA NEYRA DEL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO”***

Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **LABAN ROMAN EMIGDIO DARWIL.**

Finalizada la sustentación de la Tesis ordinaria, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota ( *16* ) en la escala vigesimal, mención *Bueno.*

Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las \_\_\_\_\_ del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

  
Dr. Ing. DANIEL CARRANZA MONTENEGRO  
PRESIDENTE

  
Dr. Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA  
SECRETARIO

  
M.Sc. Ing. CARLOS JAVIER COTRINA SAAVEDRA  
MIEMBRO

  
ING. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NÚÑEZ  
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica  
Dr. Ing. MADO AGUINAGA PAZ  
Decano

## CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, **Héctor Antonio Oliden Núñez**, asesor de la Tesis del **Bachiller Emigdio Darwil Laban Roman**, autor de la Tesis “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO Y VIRUTA PARA EL TALLER DE CARPINTERÍA NEYRA DEL DISTRITO DE JOSÉ LEONARDO ORTIZ - CHICLAYO**”, luego de la revisión exhaustiva del documento en mención, dejo constancia que el mismo tiene un índice de similitud de **14 %**, verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no contribuye plagio. A mi leal saber y entender, la presente tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 18 de abril del 2024



---

Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez  
Asesor

# Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta para el taller de carpintería Neyra del distrito de José Leonardo Ortiz - Chiclayo

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://dspace.ups.edu.ec">dspace.ups.edu.ec</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="https://repositorio.espe.edu.ec">repositorio.espe.edu.ec</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.unprg.edu.pe">repositorio.unprg.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://repositorio.uta.edu.ec">repositorio.uta.edu.ec</a> Fuente de Internet	1%

Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez  
DNI: 16783242



Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Emigdio Darwil Laban Roman  
Título del ejercicio: Quick Submit  
Título de la entrega: Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta para el...  
Nombre del archivo: Dise\_o\_de\_un\_sistema\_de\_extraccion\_de\_polvo\_y\_viruta.docx  
Tamaño del archivo: 18.44M  
Total páginas: 178  
Total de palabras: 21,175  
Total de caracteres: 113,460  
Fecha de entrega: 12-mar.-2024 04:56p. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega... 2318906595



UNIVERSIDAD NACIONAL  
"PEDRO RUIZ GALLO"  
Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica



**TESIS**

Para Optar el Título Profesional de  
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

"Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta para el taller de carpintería Neyra del distrito de José Leonardo Ortiz - Chiclayo"

Presentado Por:  
**Bach. Emigdio Darwil Laban Roman**

Asesor:  
**Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez**

LAMBAYEQUE - PERÚ  
2024

Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez  
DNI: 16783242