

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL
PARTICULADO DE FIBRA DE LANA EN LA EMPRESA ARTESA
S.A.C**

PRESENTADO POR:

Br. ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO MECÁNICO**

ASESOR:

Mg. MARIO GABRIEL CASTRO
IRRARAZABAL

CUSCO – PERÚ

2026



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor MARIO GABRIEL CASTRO IRRARAZABAL
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: DISEÑO DE UN SISTEMA DE
EXTRACCION DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBRA DE
LANA EN LA EMPRESA ARTESA S.A.C

Presentado por: ABAO ALEXANDER ALVARO QUISPE DNI N° 72908707;
presentado por: DNI N°:
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO MECANICO

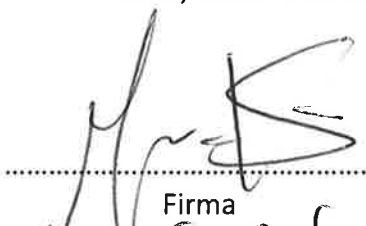
Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el
Software de Similitud, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso del Sistema Detección de**
Similitud en la UNSAAC y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	☒
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	☐
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	☐

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto**
las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 30 de Junio de 2026


Firma
Post firma Mario G. Castro I
Nro. de DNI 23904002
ORCID del Asesor 0000-0002-4667-4954

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259 603909 406

DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCION DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBTRA DE LANA EN LA EMPRESA ARTESA ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:603909406

165 páginas

Fecha de entrega

30 jun 2026, 8:45 p.m. GMT-5

23.375 palabras

132.903 caracteres

Fecha de descarga

30 jun 2026, 8:52 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCION DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBTRA DE LANA EN LApdf

Tamaño del archivo

47.8 MB

10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 4%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
795 caracteres sospechosos en N.º de páginas
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedicó A Dios mediante el señor de Qollority, y la virgen del Carmen por ser mi guía y fortaleza en esta hermosa etapa de este camino, así mismo por darme la sabiduría necesaria para superar los problemas, obstáculos y la salud para culminar este sueño profesional.

A mis padres, Apolinario Alvaro Salgado y Ernestina Quispe Malle, a mis hermanos Aldo Rubiñho Alvaro Quispe y Natsumi Ruth Alvaro Quispe por su amor incondicional, y sacrificio constante, sobre todo por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba, y por enseñarme que con esfuerzo y disciplina no hay meta inalcanzable. Este título es tan suyo como mío.

AGRADECIMIENTO

A mis docentes ingenieros que gracias a sus enseñanzas hicieron que tenga un criterio como ingeniero y mi ética como profesional, así mismo a mi asesor Mgt. Ing. Castro Irrarazabal Mario Gabriel y de manera especial al Mgt. Ing. Yury Huamani Gallegos por todo el apoyo brindado en todo este hermoso camino de la vida, así mismo por compartir su conocimiento, tiempo y consejos.

A mis amigos, padrinos y personas cercanas gracias por su lealtad, amistad, por los consejos compartidos y por hacer de este proceso universitario una experiencia inolvidable y de manera especial al Señor Santos Cutipa Sucle quien me abrió las puertas de su empresa ARTESA S.A.C.

RESUMEN

El presente proyecto consiste en el diseño de un sistema de extracción de material particulado de fibra de lana en la empresa ARTESA S.A.C. debido al exceso de material particulado, en la cual mediante el laboratorio de PAZ LABORATORIOS S.R.L. se analizó la concentración de partículas respirables (menores o iguales a 10 micras), donde se hizo el análisis mediante el protocolo NIOSH 0600 en la cual se vio la cantidad de partículas respirables, donde se obtuvo resultados que excede el límite permitido, teniendo un valor de 90.68 mg/m^3 , lo que se encuentra por encima del límite de exposición permitido de 3 mg/m^3 establecido en la Resolución Ministerial N° 733-2024/MINSA. Para reducir la concentración de partículas respirables y mejorar la calidad del aire se realizó el diseño del sistema de extracción, donde el caudal necesario para la extracción es de $34.94 \text{ m}^3/\text{min}$, con una pérdida de carga total de $154.9 \text{ mm H}_2\text{O}$. Así mismo el material de los ductos será de acero galvanizado de calibre 25 y 26, campanas de captación serán calibre 25 todo ello en función a la normativa SMACNA. Por otro lado, el colector de mangas se seleccionó en función al catálogo comercial, donde se seleccionó el colector de la serie CPM 16/24 la cual tiene una configuración de 4x4 y un ventilador centrífugo MTGR 450 que opera a 2450rpm y tiene una potencia de 2.2 KW.

Palabras clave: Salud ocupacional, Colector de mangas, Material particulado, Fibra de lana.

ABSTRACT

This project involves the design of a system to extract wool fiber particulate matter at ARTESA S.A.C. due to excessive particulate matter levels. PAZ LABORATORIOS S.R.L. conducted an analysis of the concentration of respirable particles (10 microns or smaller), using the NIOSH 0600 protocol. The analysis revealed that the concentration of respirable particles exceeded the permissible limit, with a value of 90.68 mg/m^3 , which is above the permissible exposure limit of 3 mg/m^3 established in Ministerial Resolution No. 733-2024/MINSA. To reduce the concentration of respirable particles and improve air quality, an extraction system was designed, with a required flow rate of $34.94 \text{ m}^3/\text{min}$ and a total pressure drop of $154.9 \text{ mm H}_2\text{O}$. Likewise, the ductwork material will be 25- and 26-gauge galvanized steel, and the intake hoods will be 25-gauge, all in accordance with SMACNA standards. On the other hand, the baghouse filter was selected based on the commercial catalog; the selected model is the CPM 16/24 series, which has a 4x4 configuration, along with an MTGR 450 centrifugal fan operating at 2450 rpm and rated at 2.2 kW.

Keywords: Occupational health, Baghouse, Particulate matter, Wool fiber.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
CONTENIDO.....	6
INDICE DE FIGURAS.....	10
INDICE DE TABLAS.....	11
NOMENCLATURA	12
1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES.....	13
1.1. Ámbito geográfico.....	13
1.2. Realidad problemática.....	14
1.3. Planteamiento del problema.....	16
1.3.1. Problema general	16
1.3.2. Problemas específicos.....	16
1.4. Justificación.....	16
1.5. Objetivos	18
1.5.1. Objetivo General.....	18
1.5.2. Objetivos Específicos	18
1.6. Hipótesis	18
1.6.1. Hipótesis general	18
1.6.2. Hipótesis específicas	18
1.7. Variables	19
1.7.1. Variable Independiente	19
1.7.3. Variables dependientes.....	19
1.7.4. Indicadores	19
1.8. Alcances	19
1.9. Limitaciones	20
1.10. Antecedentes.....	21
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	26
2.1. Conceptos de contaminación	26
2.1.1. Contaminación del aire	26
2.1.2. Material particulado	26
2.2. Marco legal ambiental	26
2.3. Riesgos para la salud del material particulado.....	28
2.4. Organismos y Estándares Internacionales de Referencia	28

2.4.1.	ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)	28
2.4.2.	SMACNA.....	29
2.4.3.	Norma Técnica EM.030: Instalaciones de Ventilación.....	29
2.5.	Sistema de extracción de material particulado	29
2.6.	Los elementos de captación	31
2.6.1.	Campanas de captación	31
2.6.2.	Ductos de transporte.....	32
2.6.3.	Filtrado	32
2.6.4.	Extractor de aire	33
2.7.	Tipos de filtrado de material particulado	34
2.7.1.	Cámara de sedimentación.....	34
2.7.2.	Los separadores por fuerza centrífuga	34
2.7.3.	Sistemas con filtros HEPA o de mangas.....	35
2.7.4.	Los precipitadores electrostáticos (ESP)	36
2.7.5.	Lavadores Venturi	37
2.7.6.	Torres de pulverización	38
2.8.	Fundamentos teóricos del transporte de gases	39
2.8.1.	Flujo de aire	39
2.8.2.	Presión estática: (Pe).....	40
2.8.3.	Presión dinámica.....	40
2.8.4.	Presión total	40
2.9.	Sistema de ductos	41
2.10.	Pérdidas de Carga por Fricción: Ecuación de Darcy-Weisbach	42
3.	CAPITULO III: METODOLOGÍA	44
3.1.	Tipo de investigación	44
3.1.1.	Por su finalidad: Investigación Aplicada	44
3.1.2.	Por su nivel: Descriptivo-Propositivo	44
3.1.3.	Enfoque: Cuantitativo	44
3.2.	Población y muestra	45
3.2.1.	Población.....	45
3.2.2.	Muestra y muestreo	45
3.3.	Instrumentos y técnicas de recolección de datos.....	46
3.4.	Procedimiento de la investigación	47
3.4.1.	Fase de Diagnóstico y Caracterización de la Exposición (Campo).....	47
3.4.2.	Reconocimiento y Registro Visual	47
3.4.3.	Protocolo de Monitoreo Personal.....	47

3.4.4.	Resultados y Comparación Normativa:.....	48
3.5.	Diseño conceptual	49
3.5.1.	Lista de exigencias	49
3.5.2.	Abstracción (caja negra)	51
3.5.3.	Estructura de funciones	51
3.5.4.	Matriz morfológica	52
3.5.5.	Selección de la alternativa optima.....	56
3.6.	Dimensionamiento de la campana extractora	58
4.	CAPITULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCION DE MATERIAL	
	PARTICULADO DE FIBRA DE LANA.....	60
4.1.	Caudal de aire total requerido.....	60
4.1.1.	Determinación del tipo de campana	60
4.1.2.	Determinación de la velocidad de captura	61
4.1.3.	Determinación de la altura de la campana y el lugar de producción de material particulado.....	62
4.1.4.	Cálculo del caudal de ingreso por la campana	62
4.2.	Dimensionamiento de los ductos de transporte	63
4.3.	Análisis de Pérdidas de Carga en el Sistema de Extracción.....	69
4.4.	Cálculos de pérdidas	74
4.4.2.	Análisis del tramo 1-A y 2-A	74
4.4.3.	Análisis tramo 3-B y 4-B.....	77
4.4.4.	Análisis del Tramo A-B.....	78
4.4.5.	Tramo B-C.....	80
4.4.6.	Tramo C-D	81
4.4.7.	Tramo D-E.....	82
4.4.8.	Tabla Resumen de Pérdidas de Carga por Tramo	82
4.5.	Cálculo y Análisis de la Caída de Presión Total del Sistema de ductos.....	83
4.6.	Selección del colector	84
4.7.	Selección del ventilador	87
4.8.	Análisis de calidad de aire mediante tasa de renovaciones	88
4.9.	Modelamiento matemático y balance de masas del sistema	89
4.9.1.	Determinación del Volumen Efectivo de Mezcla (<i>VEFF</i>)	91
4.9.2.	Cálculo de la Tasa de Generación (<i>G</i>).....	91
4.9.3.	Tasa de Dilución y Constante de Renovación (<i>k</i>).....	91
4.9.4.	Resultados y Concentración de Equilibrio	92
4.9.5.	Cálculo del Porcentaje de Reducción.....	92

4.9.6. Modelamiento matemático	92
4.9.7. Análisis de ruido que genera los ductos	95
4.10. Presupuesto referencial de implementación	97
CONCLUSIONES.....	98
RECOMENDACIÓN	100
BIBLIOGRAFIA	101
ANEXOS.....	104

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la empresa.....	13
Figura 2 Jerarquía del marco legal.....	27
Figura 3 Sistema de extracción localizada.....	30
Figura 4 Extractor de aire	33
Figura 5 Camara sedimentador	34
Figura 6 Extractor mediante ciclón de alta eficiencia.....	35
Figura 7 Filtro mangas.....	36
Figura 8 Precipitador electrostático	37
Figura 9 Lavadero Venturi	38
Figura 10 Torres de presurización.....	39
Figura 11 Trabajador evaluado 1	45
Figura 12 Trabajador evaluado 2	46
Figura 13 Diagnóstico del taller.....	47
Figura 14 Monitoreo del personal.....	48
Figura 15 Consolidado de resultados de monitoreo de partículas fracción respirable. .	49
Figura 16 Resultados de la concentración de polvo respirable.....	49
Figura 17 Caja negra.....	51
Figura 18 Estructura de funciones	51
Figura 19 Concepto de solución 1	53
Figura 20 Concepto de solución 2	54
Figura 21 Concepto de solución 3	55
Figura 22 Comparación técnica económica de las soluciones.....	57
Figura 23 Dimensionamiento de la campana.....	58
Figura 24 Dimensión de la campana.....	59
Figura 25 Distancia entre la campana y el punto de generación de material particulado	62
Figura 26 Diagrama del sistema de transporte.....	64
Figura 27 Diagrama de sistema transporte	65
Figura 28 Coeficiente de fricción de la campana	75
Figura 29 Vista frontal de la campana	75
Figura 30 Radio del codo.....	76
Figura 31 Coeficiente de pérdida por fricción en codo de 90°	76
Figura 32 Coeficiente de pérdida por fricción en conexión.....	77
Figura 33 Accesorio tipo T	79
Figura 34 Accesorio de injerto doble.....	79
Figura 35 Coeficiente de pérdida por fricción de doble injertó a 45°	80
Figura 36 Balance de materia	90

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Enfermedades producidas por el material particulado	14
Tabla 2	Cuadro comparativo de antecedentes	25
Tabla 3	Rango de tamaño de partículas retenidas según el equipo	30
Tabla 4	Tipos de campana de extractor	31
Tabla 5	Valores recomendados de velocidad para ductos	32
Tabla 6	Instrumento y técnicas de recolección de datos	46
Tabla 7	Lista de exigencias	50
Tabla 8	Matriz morfológica.....	52
Tabla 9	Criterios de evaluación técnico	56
Tabla 10	Criterios de evaluación técnico	57
Tabla 11	Selección del tipo de campana	60
Tabla 12	Selección de la velocidad de captura.....	61
Tabla 13	Designación del sistema de transporte	66
Tabla 14	Especificaciones y accesorios según el tramo	66
Tabla 15	Valores de velocidad recomendadas para los ductos.....	68
Tabla 16	Resumen de tramos	73
Tabla 17	Tabla resumen de pérdidas de carga por tramo	83
Tabla 18	Valores para velocidad de filtración gas/tela	84
Tabla 19	Características de la tabla	85
Tabla 20	Selección del ventilador adecuado	87
Tabla 21	Numero de renovaciones por hora	88
Tabla 22	Curva de la concentración de las partículas en función al tiempo	95
Tabla 23	Presupuesto referencial de implementación.....	97

NOMENCLATURA

P : Perímetro (m).

H : Distancia vertical entre la fuente de emisión y la boca de la campana (m)

V : Velocidad de captura necesaria para el contaminante (m/s).

P_{atm} : Presión atmosférica (kPa)

R : Constante específica del aire (J/kg*K)

T : Temperatura ambiente Cusco (K)

Re : Número de Reynolds

ρ : Densidad del aire (kg/m³)

D : Diámetro de tubería (m)

v_{transp} : Velocidad de transporte (m/s)

v : Velocidad de pulso de aire (m/s)

K : Coeficiente

C_i : Concentración de entrada

Δt : Tiempo entre ciclos

f : coeficiente de fricción

1. CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Ámbito geográfico

La investigación realizada es en la empresa ARTESA S.A.C. con numero de RUC 20612922358 que se ubica en la ciudad de cusco, distrito de San Jerónimo, en la asociación de Anden Anden (Taller Artesanía C2p Material Noble)

Figura 1

Ubicación de la empresa



Nota. Fuente: Google maps

Dicha empresa opera 8 horas diarias, como estipula la ley en su Artículo 25 de la constitución política del Perú, en el cual se elaboran tejidos como chalinas, cintas, chullos, ponchos, mantos, etc. Estos productos están destinados para el mercado externo e interno.

1.2. Realidad problemática

La industria textil a nivel mundial ha experimentado un creciente interés en el uso de fibras de lana debido a la demanda de productos sostenibles y de bajo impacto ambiental. (Ascalpe, 2019). En el procesamiento de la fibra de lana genera material particulado, conformado por polvo y microfibras que representan un riesgo significativo para la salud de los trabajadores, más de 60 millones de personas en la industria textil están expuestas a polvos orgánicos, lo que está relacionado con enfermedades pulmonares crónicas como la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y la bisinosis (Lai y Christian, 2013).

Tabla 1

Enfermedades producidas por el material particulado

Vía aérea superior	Vía aérea inferior
Rinitis	Bronquitis crónica simple
Sinusitis	Asma
Faringitis	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC)
Laringitis	Bisinosis

Nota: Adaptado de william arciniegas quiroga, 2005

Un estudio realizado a 202 trabajadores textiles expuestos a lana y algodón, el 74.7% eran hombres con una edad promedio de 35.8 años, y el 62.6% tenía más de 10 años laborando, evidenciando la exposición prolongada a estos riesgos (Arciniegas, 2005).

El Perú es principal productor mundial de fibra de alpaca, produciendo más del 80% de la producción global. Las regiones productoras de esta fibra son altoandinas como Puno,

Arequipa y Cusco las cuales son las principales zonas de crianza y transformación de este recurso. A pesar de ello, muchas pequeñas y medianas empresas del sector operan con limitaciones tecnológicas, sin equipos especializados para la extracción del material particulado generado durante el procesamiento. Por otro lado, se hizo una investigación a 15 empresas en Bangladesh donde los estudios previos evidencian que en las industrias textiles las concentraciones de material particulado superan ampliamente los valores registrados en áreas de control, alcanzando niveles diarios de PM_{2,5} de $322,2 \pm 13,46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de PM₁₀ de $411,0 \pm 17,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Estas diferencias significativas demuestran que los trabajadores están expuestos a un ambiente con mayor carga de contaminantes en suspensión, lo cual respalda la necesidad de diseñar e implementar sistemas de extracción y control de partículas, con el fin de reducir riesgos para la salud ocupacional y mejorar las condiciones de trabajo en la industria textil.

Asimismo, la legislación peruana establece un marco normativo que obliga a los empleadores a garantizar condiciones adecuadas de salud en los centros laborales. La Ley N.º 29783 (Ley de seguridad y salud en el trabajo) reconoce el derecho de los trabajadores a gozar de una protección integral frente a los riesgos derivados de su actividad laboral, incluyendo aquellos generados por la exposición a agentes físicos y químicos como el material particulado. Esta ley refuerza la necesidad de implementar medidas técnicas como sistemas de extracción localizada, como son en los sectores como la industria textil.

La empresa ARTESA S.A.C que se encuentra en la ciudad de Cusco se dedica a la producción de tejidos mediante maquinas industriales las cuales son realizadas con material de lana como de alpaca, oveja, etc. Durante sus procesos operativos de la empresa se libera material particulado respirable proveniente de la fibra de lana, esto se genera en las partes móviles donde se fricciona y se desprende partículas de lana, el cual queda suspendido en el ambiente de trabajo debido a su tamaño reducido, esta fracción respirable crítica de la fibra de lana se

encuentra catalogada dentro del rango de PM10, estas partículas permanecen suspendidas en el aire por largos periodos, puesto que el ambiente es confinado.

. Este material particulado fino se dispersa en el área de producción y permanece en suspensión por periodos prolongados, lo cual genera problemas de salud. Actualmente, la empresa no cuenta con un sistema de extracción de material particulado para tener una mejor calidad del aire en el ambiente laboral de la empresa y con ello no exponer al personal a problemas en su salud.

Es por ello por lo que se diseñó un sistema de extracción de material particulado de fibra de lana para evitar una mala calidad de aire.

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. Problema general

- ¿Cómo mejorar la calidad del aire en el ambiente laboral de la empresa ARTESA S.A.C.?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cómo analizar el control de la calidad de aire mediante fundamentos teóricos y normativos en la empresa ARTESA S.A.C.?
- ¿Qué criterios se deben considerar para seleccionar correctamente los componentes de un sistema de extracción y funcional?
- ¿Cómo puede diseñarse un sistema de extracción que controle efectivamente el material particulado en el ambiente laboral de ARTESA S.A.C. para mejorar la calidad del aire?

1.4. Justificación

- Social

Este aporte no solo mejora la calidad de vida de los trabajadores, sino que también genera un impacto positivo en sus familias y en la sociedad ya que al garantiza entornos laborales más seguros y sostenibles, así mismo muchas otras empresas del sector textil o aledaños promoverán el desarrollo tecnológico, la formalización laboral y la valorización del trabajo.

- Técnico

Desde una perspectiva técnica, el estudio se justificó por la necesidad de controlar y reducir los niveles de material particulado generados en el proceso de tejido de fibra de lana. La implementación de un sistema de extracción localizada permite dimensionar adecuadamente los caudales de aire, calcular la velocidad de captura y seleccionar los elementos de filtración y un extractor adecuado.

Por otro lado, se alinea con los principios de producción más limpia y un ambiente limpio, promoviendo prácticas responsables dentro de la industria textil. Además, al ser una solución tecnológica replicable, puede aplicarse en otras empresas.

- Ambiental

El procesamiento de elaboración de tejidos de fibra de lana genera considerablemente una cantidad de material particulado compuesto por polvo y microfibras que sin ser controlados adecuadamente se expanden en el ambiente laboral, afectando no solo a los trabajadores, sino también afectando al entorno inmediato del taller. Ya que en la empresa ARTESA S.A.C, la ausencia de un sistema de extracción contribuye a la expansión y acumulación de este material particulado, y el diseño propuesto elimina dicha expansión y acumulación.

La implementación del sistema de extracción de material particulado evita que el material particulado de lana se disperse libremente. Así se tiene una mejor calidad del aire en el ambiente laboral y se reduce la carga contaminante en el entorno de producción.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Diseñar un sistema de extracción de material particulado fibra de lana en la empresa ARTESA S.A.C. para la mejora de la calidad del aire en el ambiente laboral.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar los fundamentos teóricos y normativos relacionados con el control de la calidad de aire en la empresa ARTESA S.A.C.
- Identificar los componentes adecuados para el diseño de un sistema de extracción funcional en la empresa ARTESA.SAC.
- Diseñar el sistema de extracción de material particulado para controlar la calidad del aire de la empresa ARTESA S.A.C.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

- El diseño de un sistema de extracción de material particulado durante el procesamiento fibra de lana en ARTESA S.A.C. permitirá mejorar la calidad del aire del ambiente laboral.

1.6.2. Hipótesis específicas

- La aplicación de fundamentos normativos y criterios técnicos permitirá establecer parámetros adecuados para el diseño del sistema de extracción en la empresa ARTESA S.A.C.

- La selección adecuada de componentes adecuados facilitará el diseño de un sistema de extracción en la empresa ARTESA S.A.C.
- Con el diseño de un sistema de extracción se logrará tener una mejor calidad del aire en la empresa ARTESA S.A.C.

1.7. Variables

1.7.1. Variable Independiente

- Diseño del sistema de extracción

1.7.2. Indicadores

- Volumen del ambiente
- Tiempo de extracción
- Caudal del aire
- Eficiencia

1.7.3. Variables dependientes

- Calidad del aire

1.7.4. Indicadores

- Concentración de material PM10

1.8. Alcances

- **Ámbito temático:**

El estudio se centró exclusivamente en el diseño de un sistema de extracción de material particulado generado durante el procesamiento de tejido industrial de fibra de lana, sin llegar a la etapa de fabricación o implementación real del sistema en la empresa ARTESA S.A.C.

- **Ámbito geográfico:**

El proyecto se desarrolló con base en las condiciones de la empresa ARTESA S.A.C, ubicada en la ciudad de Cusco, Perú. Por lo tanto, el diseño está adaptado a las características específicas de este entorno.

- **Ámbito técnico:**

El diseño se enfocó en un sistema mecánico de extracción con las normativas internacionales como el ACGIH para ser replicable en pequeñas empresas.

- **Beneficiarios del estudio:**

Directamente beneficia a la empresa ARTESA S.A.C, pero también puede servir como modelo para otras empresas del sector textil u otros sectores

1.9. Limitaciones

Etapas limitadas al diseño teórico y prototipo: El estudio se enfocó únicamente en el diseño del sistema de extracción y no contempla su fabricación, lo cual impide validar completamente su desempeño en condiciones operativas.

Falta de simulaciones avanzadas: Por limitaciones de software especializado o recursos técnicos, el diseño no incluye simulaciones computacionales detalladas (como CFD o análisis de flujo de aire) que simulen el funcionamiento del sistema.

Datos técnicos aproximados: Algunos parámetros técnicos del sistema (como volumen exacto de aire a filtrar o tasa real de generación de partículas) se estimaron a partir de observaciones o referencias similares, lo que podría afectar la precisión del diseño.

Condiciones variables del entorno: El sistema se diseñó para un entorno específico (la planta de ARTESA S.A.C), por lo que su funcionalidad podría variar si las condiciones ambientales cambian (por ejemplo, altura, temperatura).

El estudio se enfoca únicamente en el diseño técnico del sistema de extracción de material particulado, por lo que no se incluye un análisis económico de costo-beneficio. Esta decisión responde a la delimitación del alcance del trabajo, centrado en aspectos de ingeniería mecánica y funcionamiento del sistema, sin embargo, se añadió un presupuesto referencial de

implementación. Por otro lado, también se excluye el diseño de la red o sistema eléctrico y así mismo la ingeniería del detalle.

1.10. Antecedentes

Los sistemas de extracción de material particulado o polvo tienen como finalidad reducir la concentración de partículas suspendidas en ambientes cerrados, siendo ampliamente empleados en los sectores industriales y mineros. Su función principal es captar y filtrar las partículas contaminantes presentes en el aire, contribuyendo así a la protección de la salud ocupacional. Debido a su importancia, este tipo de tecnologías ha sido objeto de múltiples estudios.

Numero 1

Cornejo, J., & Claudia, M. (2022). *Evaluación de la eficiencia de un sistema de extracción de polvo en el área de molienda de caucho en una fábrica de suelas* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP

Objetivos:

El propósito de este estudio fue evaluar la eficiencia de un sistema de extracción de polvo implementado en el área de molienda de caucho dentro de una fábrica de suelas, con el fin de reducir la concentración de partículas suspendidas en el aire y garantizar condiciones seguras para los trabajadores y tener un ambiente sin contaminación de acuerdo con la normativa peruana vigente.

Metodología:

El estudio tuvo un enfoque no experimental, realizando un muestreo de partículas respirables mediante la metodología NIOSH 0600. Se midieron las cuales superaban el límite máximo

permitido de 3 mg/m³ para una jornada laboral de 8 horas según el decreto supremo N.º 015-2005-SA.

El sistema diseñado consta de una campana de captación, ductos de transporte y un ventilador centrífugo la cual es la encargada de movilizar el aire cargado de partículas hacia un punto de eliminación. Posteriormente, se realizó un nuevo monitoreo donde las concentraciones descendieron dentro de los límites permisibles según la normativa.

Relación actual con el estudio.

Este antecedente es relevante para el presente estudio, ya que demuestra la viabilidad técnica y la eficacia de los sistemas de extracción de material particulado en procesos industriales. Aunque el estudio se desarrolló en el sector del caucho, comparte principios de diseño, tales como: captación localizada y transporte de aire contaminado que pueden ser aplicados al procesamiento de fibra de lana en la empresa ARTESA S.A.C. Ambos casos buscan reducir la exposición al material particulado (PM10) y mejorar la calidad del aire en los espacios laborales mediante soluciones de ingeniería.

Numero 2

Carhuapoma Hurtado, K. J. (2015). *Propuesta de implementación de un sistema de mitigación de polvo en el proceso de chancado de mineral de la planta chancadora de Shougang Hierro Perú S.A.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM.

Objetivos Relevantes:

El objetivo principal de la investigación fue diseñar y proponer un sistema de mitigación de material particulado generado en las etapas de chancado primario y secundario. En las cuales se buscó reducir los niveles de contaminación para cumplir con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y proteger la salud física de los trabajadores que se encuentran expuestos a polvos minerales en la planta de Shougang Hierro Perú.

Metodología:

El estudio empleó una metodología en las cuales sí se diseñó un sistema de extracción localizada. La propuesta incluyó el dimensionamiento de las campanas dónde se producen el material particulado y todo ello unido a una red de acero estructural y Así mismo la selección de colector de polvos de alta eficiencia y un ventilador centrífugo. Por lado se realizaron cálculos de velocidad de transporte para evitar la sedimentación de las partículas en las paredes de los ductos y la potencia es necesaria para vencer la resistencia del sistema.

Conclusiones Relevantes:

Se concluyó que la implementación del sistema de mitigación permitió capturar de manera eficiente las partículas y las fracciones finas en este caso PM 10 reduciendo considerablemente la opacidad en el área de chancado. La investigación demuestra que el diseño es técnicamente viable y económicamente rentable porque disminuirá las paradas por mantenimiento preventivo y el costo asociado a las enfermedades ocupacionales.

Relación con el estudio actual:

Este antecedente es de mucha importancia para el presente proyecto puesto que el material tratado es mineral y la mecánica de captación y el filtrado mediante colectores, este estudio ayudo mucho en las decisiones para la implementación del sistema de extracción en la empresa ARTESA S.A.C. El estudio valida el uso de un sistema de extracción localizada como la solución técnica más robusta para el control de material particulado en procesos industriales

reforzando así la idea de elección de componentes como la campana y los colectores mangas para el diseño.

Numero 3

Quinde Cadena, B. A., & Fierro Peralta, R. A. (2019). Diseño de un sistema de extracción de material particulado en el área de producción [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)].

Objetivos

Relevantes

El objetivo principal del estudio fue diseñar un sistema de extracción de material particulado generado en procesos industriales en la madera, con el objetivo de mejorar la calidad del aire en el área de producción.

Metodología

Se utilizó la normativa de la ACGIH para el diseño y con base en estos datos se seleccionaron componentes para el diseño para los cuales se tomó en cuenta los parámetros como velocidad de transporte, pérdidas de carga y capacidad volumétrica del sistema.

Conclusiones Relevante

El sistema diseñado logro reducirlos el material particulado en el área de trabajo, dejando por debajo de los límites permitidos por instituciones de internacionales. Por lo cual se planteó usar un ciclón y así tener el control del material particulado.

Relación con el estudio actual

Este trabajo fue una referencia para el diseño de un sistema de extracción en el procesamiento de fibra de lana, ya que se aplica los principios similares a la extracción localizada, dimensionamiento de ductos y control del material particulado, adaptables al contexto de la empresa ARTESA S.A.C.

Tabla 2

Cuadro comparativo de antecedentes

Elemento	Antecedente	Antecedente	Antecedente	Presente
Técnico	1(Cornejo & Claudia, 2022)	2(Carhuapoma, 2015)	3(Quinde & Fierro, 2019)	investigación
Sector	Caucho	Minería	Madera	Textil
industrial				
Tipo de contaminante	Polvo de caucho	Polvo mineral	Polvo de madera	Material de fibra de lana
Sistema de captación	Campana localizada	Campana localizada	Campana localizada	Campana localizada
Ubicación	Lima	Marcona	Huayaquil	Cusco
Aplicación de LEV	Si	Si	Si	Si
Método de filtrado	Descarga directa	Precipitador	ciclón	Colector de mangas

Nota. Elaboración propia

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Conceptos de contaminación

2.1.1. Contaminación del aire

La contaminación del aire en entornos de trabajo se define como la presencia de sustancias sólidas, líquidas o gaseosas en concentraciones que pueden resultar perjudiciales para la salud de los trabajadores o la integridad del entorno. Dentro de los contaminantes industriales, el material particulado (PM) representa uno de los factores de riesgo más críticos debido a su capacidad de permanecer suspendido en la atmósfera durante periodos prolongados.

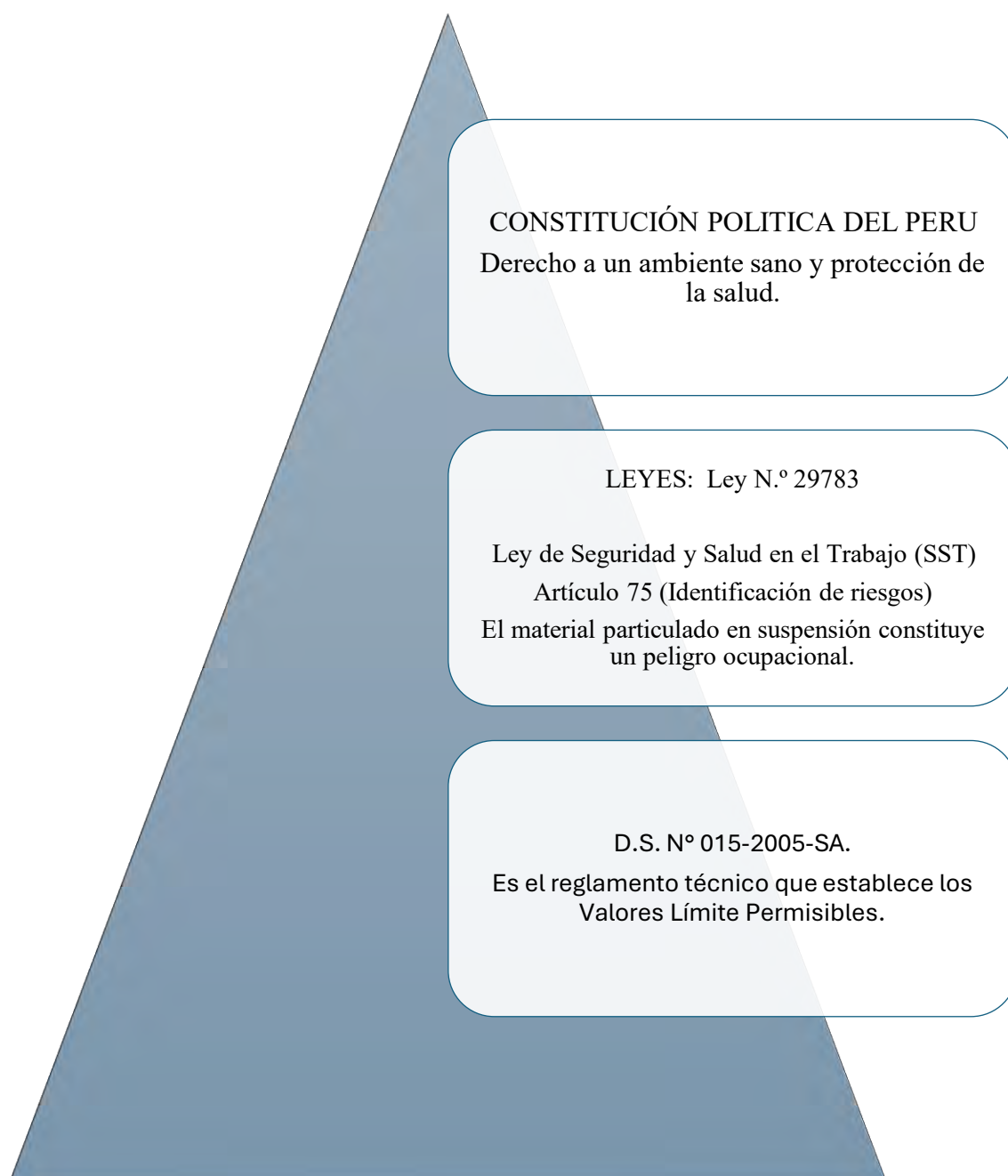
2.1.2. Material particulado

El material particulado (PM) constituye un contaminante crítico en entornos industriales debido a su naturaleza heterogénea y su prolongada capacidad de suspensión atmosférica. Específicamente, el PM₁₀ definido por poseer un diámetro aerodinámico inferior a $10\mu m$ posee la capacidad de penetrar las vías respiratorias superiores, induciendo desde irritaciones localizadas hasta patologías pulmonares crónicas (OMS, 2021).

En el sector industrial, la generación de estos contaminantes está intrínsecamente ligada a los procesos de transformación mecánica y manipulación de materias primas. En el caso particular de las industrias textiles, el procesamiento de la fibra de lana genera una dispersión constante de partículas finas y bioaerosoles en el ambiente de trabajo. Esta acumulación en espacios confinados eleva las concentraciones de PM₁₀ por encima de los límites de exposición ocupacional permitidos, lo que compromete la calidad del aire interior y exige, desde una perspectiva de ingeniería, la implementación de sistemas de ventilación exhaustiva localizada para su mitigación (Ministerio de Salud, 2005).

2.2. Marco legal ambiental

Figura 2
Jerarquía del marco legal



Nota. Elaboración propia

El marco normativo nacional como se observa en la figura 2 la Constitución Política del Perú (1993), garantiza el derecho fundamental de toda persona a desarrollarse en un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida (Art. 2, inciso 22). Asimismo, el Estado

establece la obligatoriedad de proteger la salud de la población (Art. 7) y garantizar la seguridad en el entorno laboral (Art. 23).

En consecuencia, la presencia de material particulado en suspensión en la industria textil justifica técnicamente la implementación de sistemas de ingeniería para el control de contaminantes y la preservación de la salud ocupacional.

2.3. Riesgos para la salud del material particulado

El material particulado (PM) es uno de los contaminantes atmosféricos de mayor impacto sobre todos los humanos, puesto que tiene una capacidad alta de ingresar al sistema respiratorio y acumularse en los tejidos. Las partículas de PM₁₀, definidas por poseer un diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micras (μm), donde llegan penetrar hasta las vías respiratorias inferiores, produciendo efectos inflamatorios, irritación bronquial y alteraciones en el intercambio gaseoso. Por lo cual su presencia en altas concentraciones genera estrés oxidativo en las células del epitelio pulmonar, conllevando al desarrollo de trastornos cardiovasculares y un mayor riesgo de mortalidad prematura (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021).

2.4. Organismos y Estándares Internacionales de Referencia

2.4.1. ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

La ACGIH es una asociación profesional dedicada al avance de la higiene ocupacional y la salud ambiental. En el ámbito de la ingeniería de ventilación, su publicación fundamental, ya que es considerada la norma de oro a nivel internacional.

Su importancia en esta tesis radica en que proporciona los criterios de diseño para la Ventilación de Extracción Localizada (LEV). La ACGIH define parámetros críticos como las velocidades de captura, necesarias para extraer contaminantes en su origen, y las velocidades de transporte,

indispensables para evitar que partículas como la fibra de lana sedimenten dentro de los conductos.

2.4.2. SMACNA

Mientras que la ACGIH se enfoca en que debe hacer el sistema para proteger la salud, la SMACNA establece los estándares sobre cómo debe construirse físicamente el sistema para ser eficiente y seguro. Es una entidad internacional que dicta las normas para la fabricación, instalación y construcción de conductos de aire y sistemas de lámina metálica.

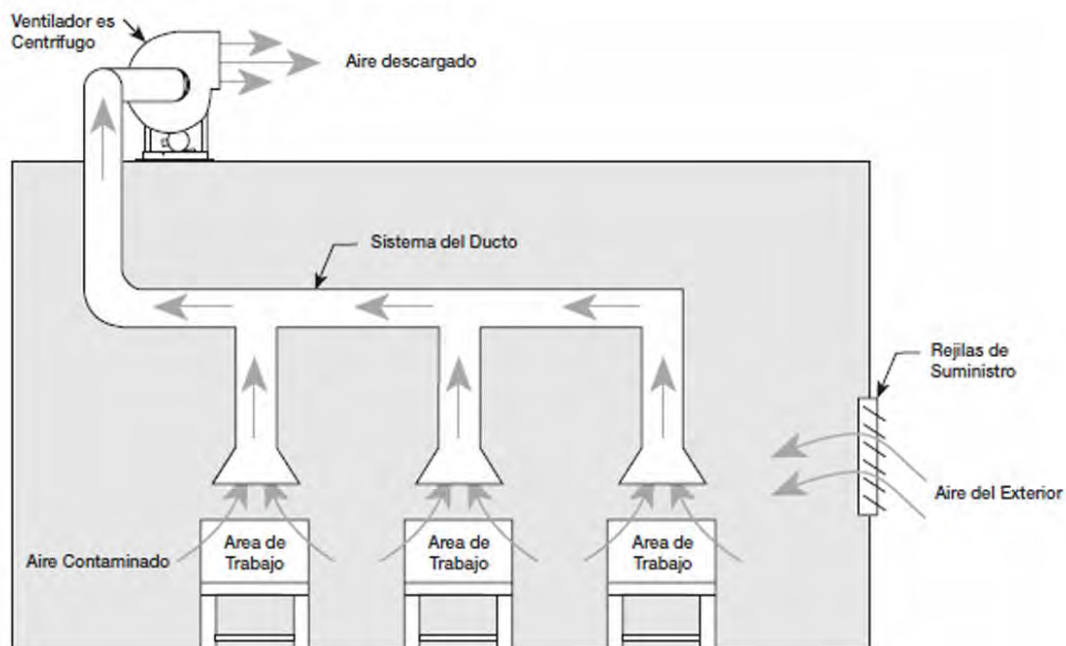
2.4.3. Norma Técnica EM.030: Instalaciones de Ventilación

La Norma EM.030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) constituye el marco legal y técnico de cumplimiento obligatorio en el Perú para el diseño e instalación de sistemas de ventilación mecánica. Su aplicación en este proyecto garantiza que el sistema de extracción para la empresa ARTESA S.A.C. no solo sea funcional, sino que cumpla con los estándares de seguridad y salud exigidos a nivel nacional.

2.5. Sistema de extracción de material particulado

Un sistema de ventilación exhaustiva localizada (también conocido como extracción localizada) es una medida de control de ingeniería diseñada para captar el material particulado, humos o gases en su origen, antes de que estos se dispersen en la atmósfera de trabajo y alcancen la zona respiratoria del operario.

Figura 3
Sistema de extracción localizada



Nota. Fuente: (Soler & Palau Sistemas de Ventilación S.L.U. 2021)

Rango de partículas retenidas por diferentes tecnologías

Tabla 3
Rango de tamaño de partículas retenidas según el equipo

Equipo de recolección	Rango de partículas que atrapa (μm)
Precipitadores electrostáticos	0.01 – 90
Torres empacadas (lavadores húmedos)	0.01 – 100
Filtros de papel	0.005 – 8
Filtros de tela (mangas)	0.05 – 90
Lavadores de gases	0.05 – 100
Separadores centrífugos (ciclones)	5 – 1000
Cámaras de sedimentación	10 – 10 000

Nota. Fuente: Patricia Godoy, Omar Mencías;2015

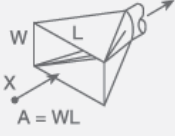
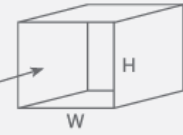
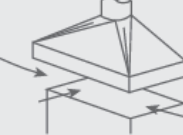
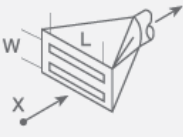
2.6. Los elementos de captación

2.6.1. Campanas de captación

Los elementos de captación son los componentes primarios del sistema de extracción localizada, la cual tiene una función principal que es crear un campo de velocidades de aire capaz de arrastrar el material particulado hacia el interior del sistema. Según el Manual Técnico de Soler & Palau (2021), la eficacia de la captación depende de la configuración geométrica de la campana y de su proximidad al foco donde se produce el material particulado.

Tabla 4

Tipos de campana de extractor

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.	$Q = V(10x2+A)$

Nota. Fuente: Soler & Palau Sistemas de Ventilación S.L.U. (2021)

2.6.2. Ductos de transporte

El sistema de ductos constituye el elemento de interconexión encargado de trasladar el material particulado desde el punto de captación hasta el equipo de filtrado. Según los criterios de la ACGIH (Industrial Ventilation Manual), el diseño de la red de conductos para fibras de lana debe considerar la velocidad.

Velocidad de transporte: Debido a la naturaleza fibrosa y la densidad de la lana, es imperativo mantener una velocidad mínima de transporte para evitar la sedimentación y posterior obstrucción de los ductos.

Tabla 5

Valores recomendados de velocidad para ductos

TABLA 3.2 Valores recomendados para la velocidad de diseño de conductos

Naturaleza del contaminante	Ejemplos	Velocidad de diseño (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases y humos	Indiferente (la velocidad óptima económicamente suele encontrarse entre 5 y 10 m/s)
Humos de soldadura	Soldadura	10-12,5
Polvo muy fino y ligero	Hilos de algodón, harina de madera, polvo de taico	12,5-15
Polvos secos	Polvo fino de caucho, baquelita en polvo para moldeo, hilos de yute, polvo de algodón, virutas (ligeras), polvo de detergente, raspaduras de cuero	15-20
Polvo ordinario	Polvo de desbarado, huos de muela de punt (secos), polvo de lana de yute (residuos de sacudidor), polvo de granos de café, polvo de cuero, polvo de granito, harina de sílice, manejo de materiales pulverulentos en general, corte de ladrillos, polvo de arcilla, fundiciones (en general), polvo de caliza, polvo en el embalado y pesado de amianto en industrias textiles	17,5-20
Polvos pesados	Polvo de aserrado (pesado y húmedo), viruta metálica, polvo de desmoldeo en fundiciones, polvo en el chorrado con arena, pedazos de madera, polvo de barrer, virutas de latón, polvo en el taladrado de fundición, polvo de plomo	20-22,5
Polvo pesado húmedo	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo, polvo del corte de tubos de amianto-cemento, hilos de muela de pulir (pegajosos)	> 22,5

Nota. adaptado de Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (p. [3-6]), por Generalitat Valenciana, 1992.

2.6.3. Filtrado

El proceso de separación de filtrado de material particulado de fibra de lana se realiza mediante un componente que actúa como la barrera física donde el material particulado es retenido

mientras el aire limpio es evacuado hacia la atmósfera. El diseño del filtro se basa en los siguientes criterios técnicos:

2.6.4. Extractor de aire

El ventilador es un componente muy importante puesto que se encarga de proporcionar la energía necesaria que impulse el aire a través de todo el sistema. La cual permite que se transporte el material particulado desde las campanas pasando por los ductos hasta llegar al colector y su punto de descargar final. Su selección depende principalmente del caudal requerido, así mismo como las pérdidas de presión generadas en los ductos y el tipo de contaminante a transportar.

Figura 4
Extractor de aire



Nota. Fuente: Catalogo Soler & Palau (2026)

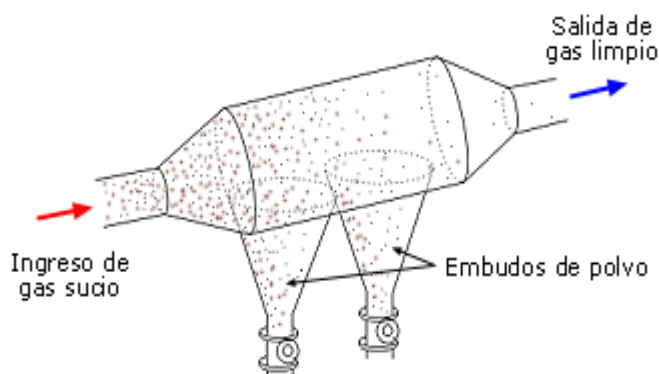
2.7. Tipos de filtrado de material particulado

2.7.1. Cámara de sedimentación

Las cámaras de sedimentación, también llamadas colectores gravitacionales o cámaras de caída, son el método más simple de separación mediante mecanismos de post-tratamiento de aire. Según el manual de Control de emisión de contaminantes provenientes de fuentes industriales (s.f.), su principio de operación se basa en la reducción de la velocidad horizontal del flujo gaseoso, la cual permite que la fuerza de gravedad predomine sobre la fuerza de arrastre del aire.

Figura 5

Camara sedimentador

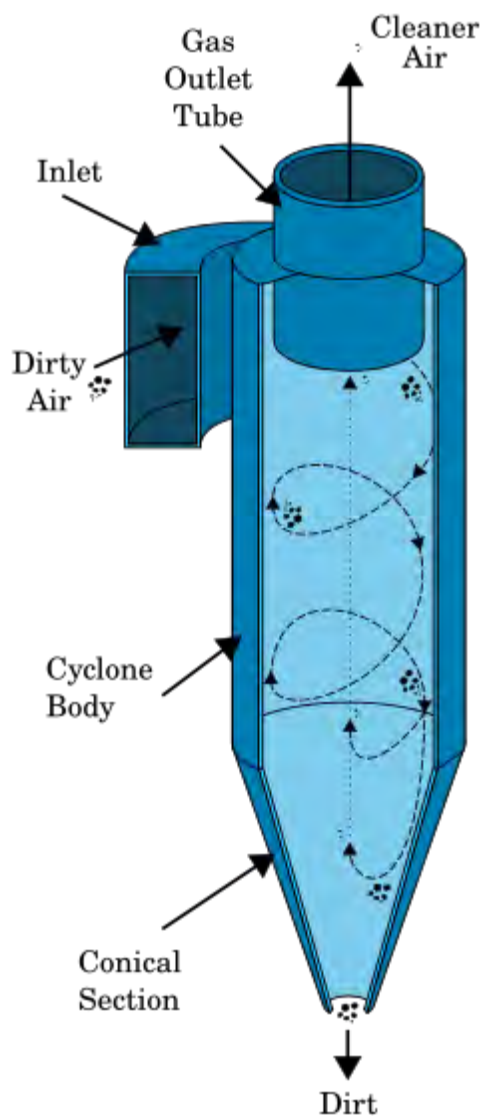


Nota: Fuente: Control de emisión de contaminantes provenientes de fuentes industriales (s,f)

2.7.2. Los separadores por fuerza centrífuga

Los separadores centrífugos, también conocidos como ciclones, son equipos de limpieza industrial que se desarrollan bajo el principio de la fuerza centrífuga así lograr la remoción de material particulado sólido de una corriente gaseosa. Según el manual de Control de emisión de contaminantes provenientes de fuentes industriales: Lección 8 (s.f.), estos dispositivos transforman la energía de presión del flujo de entrada en un movimiento rotacional confinado.

Figura 6
 Extractor mediante ciclón de alta eficiencia



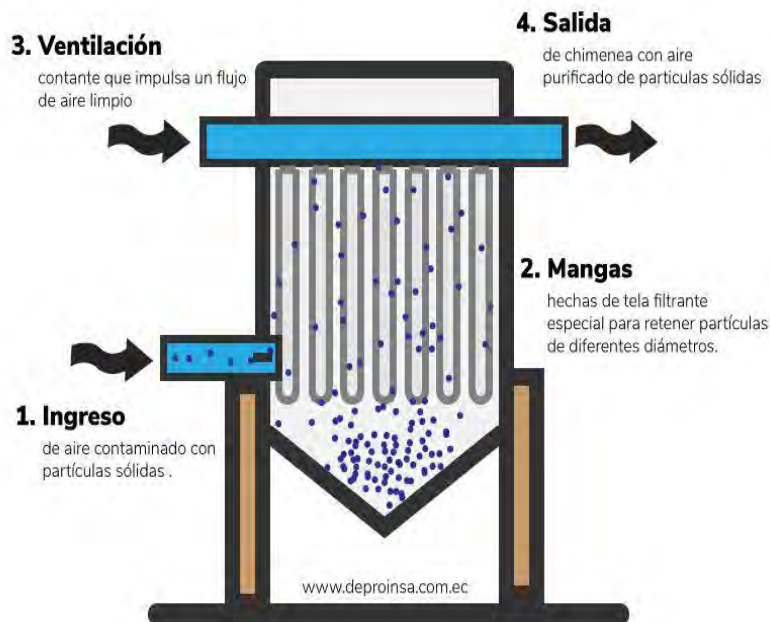
Nota. Fuente: Wikipedia, The Free Encyclopedia. (Recuperado el 18 de marzo de 2026)

2.7.3. Sistemas con filtros HEPA o de mangas

El filtro de tela conocido también como cámara de filtros de bolsa, es un equipo de separación sólido-gas que opera bajo un principio físico análogo al de una unidad de aspiración de uso doméstico. Según el manual de Control de emisión de contaminantes provenientes de fuentes industriales: Lección 8 (s.f.), este sistema consiste en forzar el paso del flujo de aire

contaminado a través de un medio filtrante poroso que retiene mecánicamente el material particulado.

Figura 7
Filtro mangas

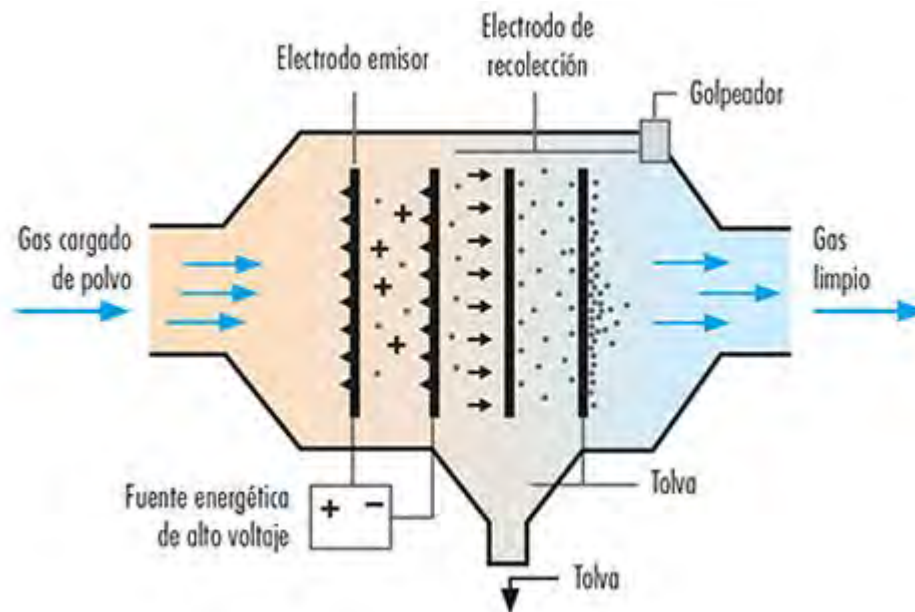


Nota. Fuente: DEPROIN S.A. (2021, julio 10)

2.7.4. Los precipitadores electrostáticos (ESP)

Los precipitadores electrostáticos son dispositivos de control de emisiones de alta eficiencia que utilizan fuerzas eléctricas para separar el material particulado de un flujo gaseoso. De acuerdo con el manual de Control de emisión de contaminantes provenientes de fuentes industriales: Lección 8 (s.f.), este equipo fundamenta su operación en la transferencia de carga eléctrica a las partículas suspendidas para su posterior captura.

Figura 8
Precipitador electrostático



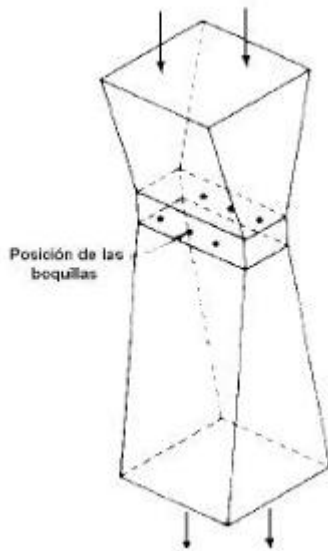
Nota. Fuente: Induambiente.com. (18 de marzo de 2026)

2.7.5. Lavadores Venturi

Los lavadores de Venturi son equipos de depuración por vía húmeda. Los cuales utilizan un flujo líquido para la remoción de material particulado sólido. Según el manual de Control de emisión de contaminantes provenientes de fuentes industriales: Lección 8 (s.f.), este dispositivo es uno de los sistemas más eficientes para la captura de partículas finas del mercado ya que logra ello mediante el aprovechamiento de diferenciales de presión.

Figura 9

Lavadero Venturi

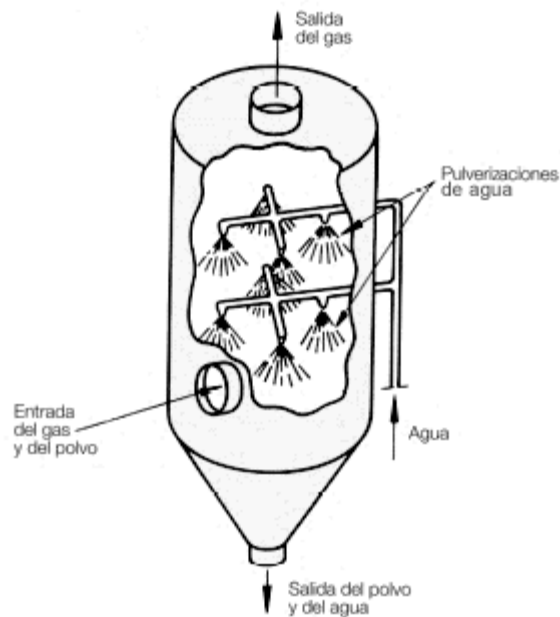


Nota. Fuente: Control de emisión de contaminantes provenientes de fuentes industriales. (s.f)

2.7.6. Torres de pulverización

Este sistema utiliza una serie de boquillas o también llamadas rociadores, las cuales se encuentran distribuidos en diferentes niveles para dispersar o pulverizar finas gotas de líquido dentro de una cámara vertical. Entonces a medida que el aire contaminado asciende desde la base, las partículas suspendidas colisionan con las gotas que descienden por gravedad. De acuerdo con la Lección 8 (s.f.), las partículas se adhieren a las gotas debido a mecanismos de interceptación y fuerzas de impacto, siendo posteriormente arrastradas hacia la base de la torre.

Figura 10
Torres de presurización



Nota. Fuente: S&P.(18 de marzo 2026)

2.8. Fundamentos teóricos del transporte de gases

2.8.1. Flujo de aire

El flujo de aire en los sistemas de transporte y ventilación industrial se mide para determinar la cantidad de aire que circula por los ductos y por consiguiente garantizar un transporte adecuado del material particulado. Las unidades más empleadas son el metro cúbico por segundo (m^3/s)

Ecuación 1:

$$Q = V * A \quad [1]$$

Donde:

Q : caudal

V : velocidad

A : area del conducto

2.8.2. Presión estática: (P_e)

La presión estática se define como la fuerza ejercida por el aire sobre las paredes internas del conducto, en todas las direcciones, independientemente de su velocidad. Representa la energía potencial del fluido y es fundamental para vencer las resistencias del sistema, como filtros, rejillas o curvas. En los sistemas de ventilación y transporte neumático, una presión estática adecuada garantiza un flujo estable y continuo dentro de los ductos.

2.8.3. Presión dinámica

Presión dinámica (P_d)

Cuando el aire se encuentra en movimiento, posee energía cinética debido a su velocidad. Esta energía se manifiesta en forma de presión dinámica, la cual representa la fuerza ejercida por el flujo de aire sobre las superficies en la dirección de su desplazamiento.

$$P_d = \frac{\rho * v^2}{2 * g} \quad [2]$$

$$P_d: \text{presión dinámica} \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)$$

$$V: \text{velocidad de fluido} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

g : constante gravitacional ($9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$) a nivel del mar.

2.8.4. Presión total

La presión total se manifiesta como la suma de la presión estática y la presión dinámica de un fluido en movimiento dentro de un conducto. Cuando el aire circula por un sistema, se genera fricción entre el fluido y las paredes del ducto, lo que causa por consecuencia produce una pérdida progresiva de presión a lo largo del recorrido.

$$P_t = P_e + P_d \quad [3]$$

2.9. Sistema de ductos

A partir de los caudales de diseño (Q) identificados en cada nodo de captación, se calcula el área de la sección transversal (A) necesaria mediante la relación fundamental de continuidad:

$$A = \frac{Q}{v} \quad [4]$$

Donde (v) representa la velocidad de diseño seleccionada para el tramo específico, la cual debe ser suficiente para evitar la sedimentación de las partículas de lana.

Con el valor del área calculada, se procede a determinar el diámetro geométrico ideal (D) mediante la expresión derivada del área de una sección circular:

$$D = \sqrt{\frac{4*A}{\pi}} \quad [5]$$

D = Diametro de la tuberia

A = Area del conducto

Número de Reynolds (Re)

En el transporte neumático, la naturaleza del flujo (laminar, de transición o turbulento) determina la capacidad de arrastre del aire y la magnitud de las pérdidas por fricción. Según Cengel y Cimbala (2018), el régimen de flujo depende de la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas en el fluido.

El Número de Reynolds es un parámetro adimensional que permite predecir el comportamiento del fluido dentro de los conductos de sección circular. Se define mediante la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{\rho * D * v_{transp}}{\mu} \quad [6]$$

Donde:

Re: Número de Reynolds

ρ : Densidad del aire (kg/m³)

D : Diámetro de tubería (in)

v_{transp} : Velocidad de transporte (m/s)

$Re < 2300 \rightarrow \text{flujo laminar}$

$2300 < Re < 4000 \rightarrow \text{zona de transicion}$

$Re > 4000 \rightarrow \text{flujo turbulento}$

2.10. Pérdidas de Carga por Fricción: Ecuación de Darcy-Weisbach

En el transporte de aire cargado con partículas de lana, la energía del fluido disminuye a lo largo de la conducción debido a los efectos viscosos y la rugosidad interna del conducto. Según Cengel y Cimbala (2018), la caída de presión en un tramo de tubería de sección circular se calcula mediante la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad [7]$$

h_f = pérdidas de fricción (m)

f = coeficiente de pérdidas

L : longitud de la tubería (m)

v : velocidad del flujo ($\frac{m}{s}$)

D : diametro de la tubería (m)

g : *gravedad* $\left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)$ *a nivel del mar*

3. CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación se clasifica como aplicada, descriptiva y propositiva de enfoque cuantitativo, bajo un diseño no experimental y con un corte transversal. A continuación, se explica cada clasificación:

3.1.1. Por su finalidad: Investigación Aplicada

Este estudio es de carácter aplicado, ya que su objetivo principal es resolver un problema práctico y específico en la empresa ARTESA S.A.C. Se utiliza el conocimiento científico de la mecánica de fluidos y la ventilación industrial para el diseño de un sistema de extracción de material particulado. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación aplicada busca la solución de problemas concretos mediante la aplicación de conocimientos existentes.

3.1.2. Por su nivel: Descriptivo-Propositivo

La investigación es de nivel descriptivo según Sampieri et al. (2014), debido a que se identificaron y detallaron las variables críticas del problema, como la concentración de partículas y las dimensiones del área de trabajo. Asimismo, es **propositiva**, puesto que culmina con el diseño técnico de un sistema de ingeniería (colector de mangas, ducteria y ventilador) basado en cálculos analíticos como la velocidad de captura y de transporte, etc. y normativas internacionales como ACGIH y SMACNA, con el fin de mitigar los riesgos de salud ocupacional identificados.

3.1.3. Enfoque: Cuantitativo

De acuerdo con Sampieri et al. (2014) Para asegurar la fiabilidad de los datos de entrada del diseño, se procedió a la contratación de una entidad privada especializada para la realización del monitoreo de material particulado. El proceso de recolección de datos se ajustó a los

protocolos de higiene industrial, utilizando instrumentos de medición de alta precisión. Los valores obtenidos de dicho monitoreo ($\frac{mg}{m^3}$) son la base cuantitativa para desarrollar cálculos en ingeniería del sistema de extracción de material particulado.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

La población es el ambiente laboral donde los trabajadores que laboran en la Empresa Artesa S.A.C. se encuentran expuestos al material particulado.

3.2.2. Muestra y muestreo

Se selecciono una muestra representativa de 2 personas que desempeñan sus labores; entonces para ello se aplicó un muestreo no probabilístico (por juicio). Este método se seleccionó debido a criterios de exposición de mayor concentración y menor concentración.

Figura 11

Trabajador evaluado 1

TRABAJADOR EVALUADO	DESCRIPCIÓN DEL PUESTO EVALUADO
	• Código de identificación: RES-01 • Nombre del operario: Yesenia Mirano Mandostupa • Puesto de trabajo: Operadora de Tejido • Área: Tejido • Régimen laboral: Lunes a sábados • Horario de trabajo: 08:00 – 18:00 • Antigüedad en el puesto: 1 año • Tareas específicas: Enconado de cinta • Duración de la jornada: 8 horas • Fuente generadora identificada: Polvo de lana industrial • Frecuencia de exposición a partículas y/o gases: Diariamente y por más de 3 horas • Presencia de molestias: Si • Área y clima: Área cerrada • Controles actuales: No cuenta con ninguno

Nota. Adaptado de [PAZ LABORATORIOS S.R.L.] (2025)

Figura 12
Trabajador evaluado 2

TRABAJADOR EVALUADO	DESCRIPCIÓN DEL PUESTO EVALUADO
	• Código de identificación: RES-02 • Nombre del operario: Milagros Apaza Huamán • Puesto de trabajo: Operadora de Tejido • Área: Tejido • Régimen laboral: Lunes a sábados • Horario de trabajo: 08:00 – 18:00 • Antigüedad en el puesto: 1 año • Tareas específicas: Enconado de cintas y acabado de chalinas • Fuente generadora identificada: Polvo de lana industrial • Duración de la jornada: 8 horas • Frecuencia de exposición a partículas y/o gases: Diariamente y por más de 3 horas • Área y clima: Área cerrada • Controles actuales: No cuenta con ninguno

Nota. Adaptado de [PAZ LABORATORIOS S.R.L.] (2025)

3.3. Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Tabla 6

Instrumento y técnicas de recolección de datos

Nota.	Instrumento	Técnica	Validación
	Bomba gravimétrica (GILAIR PLUS)		Empresa PAZ
	Instrumento que aspira el aire a través de un elemento de retención (tubo adsorbente, filtro, etc.), quedando los agentes químicos retenidos en el mismo.	NIOSH Method 0600	LABORATORIOS S.R.L. Responsable: ING. Erwin Edgardo Paz Gonzales Firma Ingeniero Ambiental C.I.P. 148220
			

Elaboración propia

3.4. Procedimiento de la investigación

3.4.1. Fase de Diagnóstico y Caracterización de la Exposición (Campo)

En esta etapa se realizó el levantamiento de información técnica y ambiental para determinar el estado crítico del área de trabajo. El procedimiento se ejecutó bajo los siguientes pasos:

3.4.2. Reconocimiento y Registro Visual

Se realizó una inspección técnica en los interiores de la empresa llegando a registro de la fotografía (figura 13) para identificar los puntos donde se genera el material particulado y la interacción directa de las operarias con la maquinaria.

Figura 13
Diagnóstico del taller



Nota: Elaboración propia

3.4.3. Protocolo de Monitoreo Personal

Se procedió a la instalación de bombas de muestreo de aire en las trabajadoras seleccionadas, en donde el monitoreo se realizó en todo el ambiente laboral, así mismo aplicó el método internacional NIOSH 0600, configurando los equipos para la captación de partículas respirables durante la jornada laboral.

En el cual se utilizó una bomba gravimétrica en donde se recolectó mediante un flujo constante de 2.5 L por minuto en un periodo de 3 horas en donde se recolectó el polvo en un filtro. Posteriormente, las muestras fueron llevadas al laboratorio y pesada mediante una balanza de alta precisión en donde el equipo utilizado se encuentra certificado por INACAL, a partir de ello se obtuvo la concentración de partículas en unidades de mg/m^3 como se encuentra en los anexos.

Figura 14
Monitoreo del personal



Nota. Elaboración propia

3.4.4. Resultados y Comparación Normativa:

Con el objetivo de analizar la concentración de material particulado respirable en la empresa ARTESA S.A.C., donde el mayor valor que se obtuvo es de $90.68 \text{ mg}/\text{m}^3$ como se ve en la figura 15.

Figura 15

Consolidado de resultados de monitoreo de partículas fracción respirable.

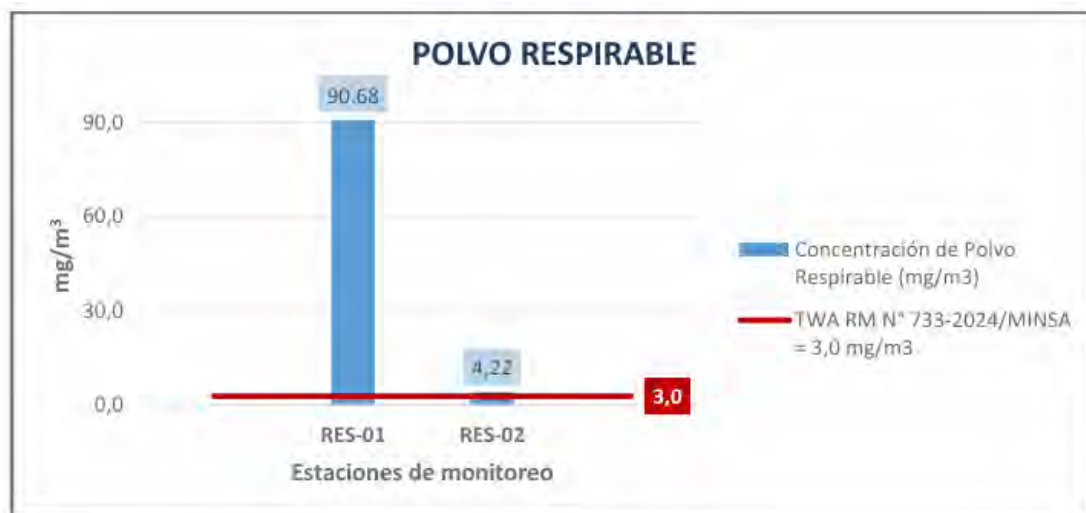
Código	Puesto de trabajo	Bomba	Flujo (L/min)	Filtro	Tiempo de medición (min)	Concentración (mg.m ⁻³)	TLV (mg.m ⁻³)	Nivel de Exposición	Nivel de Cumplimiento
RES-01	Operadora de Tejido	EL/BG/12	2.5	OC25096	10:00 – 13:00	90.68	3.0	ALTO	NO
					180 min				
RES-02	Operadora de Tejido	EL/BG/12	2.5	OC25099	14:00 – 18:00	4.22	3.0	ALTO	NO
					240 min				

Nota. Fuente: (PAZ LABORATORIOS S.R.L. 09/10/2025)

El valor obtenido de 90.68 mg/m³ de partículas respirables evidencia una concentración elevada en el ambiente laboral de la empresa.

Figura 16

Resultados de la concentración de polvo respirable



Nota. Fuente: (PAZ LABORATORIOS S.R.L. 09/10/2025)

3.5. Diseño conceptual

3.5.1. Lista de exigencias

Se elaboro la lista de exigencias como se detalla en la tabla 7, para diseñar un sistema de extracción de material particulado con la metodología VDI 2221.

Exigencias (E): Requisitos esenciales para un adecuado funcionamiento.

Deseo (D): Requisitos no impredecibles para mejorar el diseño.

Tabla 7

Lista de exigencias

LISTA DE EXIGENCIAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCION		
PROYECTO	DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRCCION DE MATERIAL PARTICULADO EN LA EMPRESA ARTESA S.A.C.	Revisado: M.G.C.I.
CLIENTE	UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO	Elaborado: A.A.A.Q.
05/11/2025	E El sistema debe garantizar una velocidad correcta para evitar que la fibra de lana se sedimente en los ductos	Elaborado: A.A.A.Q.
05/11/2025	E La velocidad de captura en las campanas debe ser suficiente para vencer las corrientes de aire transversales y atrapar el polvillo	Elaborado: A.A.A.Q.
05/11/2025	E Los niveles de emisión de material particulado deben estar por debajo de los límites permisibles según la normativa ambiental vigente.	Elaborado: A.A.A.Q.
05/11/2025	E El ventilador centrífugo debe seleccionarse considerando la densidad del aire corregida por altitud	Elaborado: A.A.A.Q.
05/11/2025	E El colector de polvo debe ser de fácil acceso para el vaciado de residuos sin exponer al operario a nubes de polvo	Elaborado: A.A.A.Q.

Nota. Elaboración propia.

3.5.2. Abstracción (caja negra)

En esta fase del diseño, es necesario examinar las entradas y salidas al pasar por el sistema de extracción de material particulado.

Figura 17

Caja negra

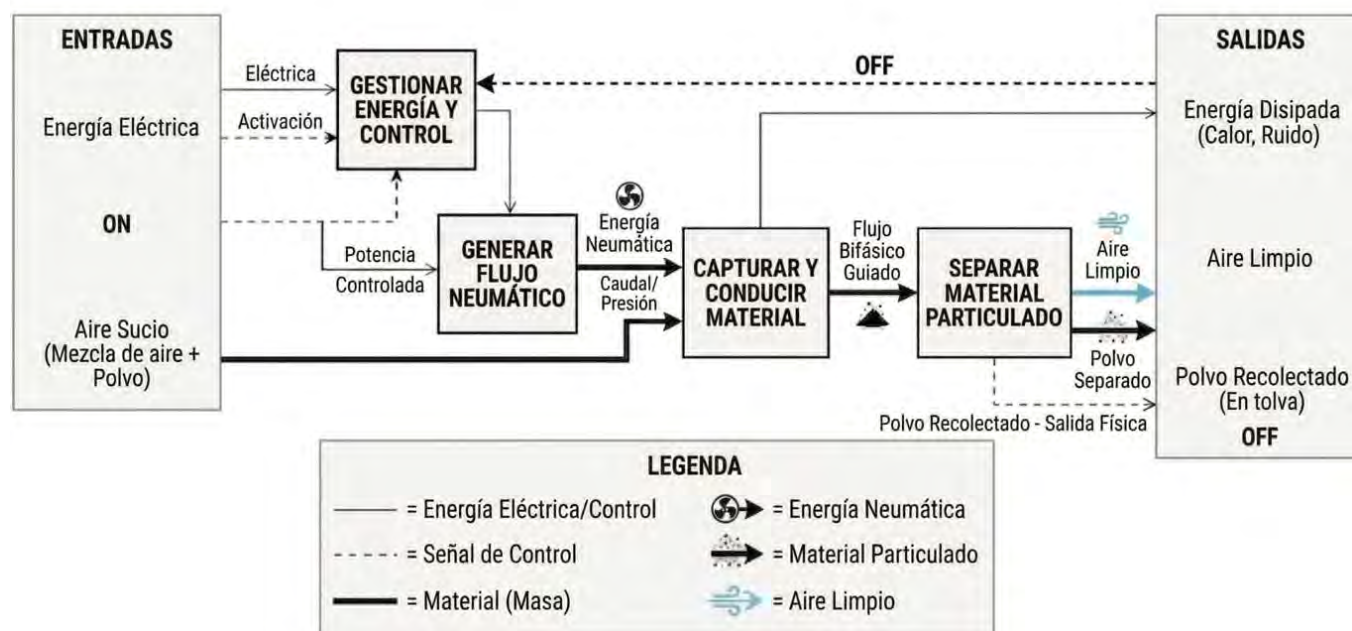


Nota: Elaboración propia

3.5.3. Estructura de funciones

Figura 18

Estructura de funciones

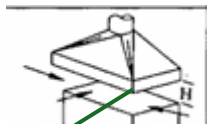
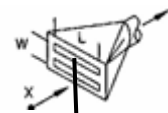
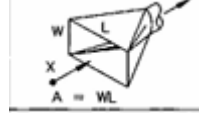
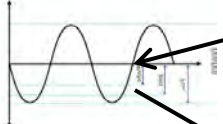
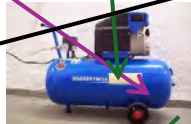


Nota. Elaboración propia

3.5.4. Matriz morfológica

Tabla 8

Matriz morfológica

Función	A	B	C	D
Captación	Campana elevada 	Cabina 	Campana con ranura 	Campana móvil 
Transporte	Ductos circulares 	Ductos rectangulares 	Manguera flexible 	
Filtrado	ciclón de alta eficiencia 	Filtro de mangas 	Lavadero Venturi 	Precipitador electrostático 
Tipo de limpieza	Vibración 	Pulso de aire 	Manual 	
Impulsión	Ventilador centrífugo 	Extractor Axial 	Soplador regenerativo 	Extractor de tejado 

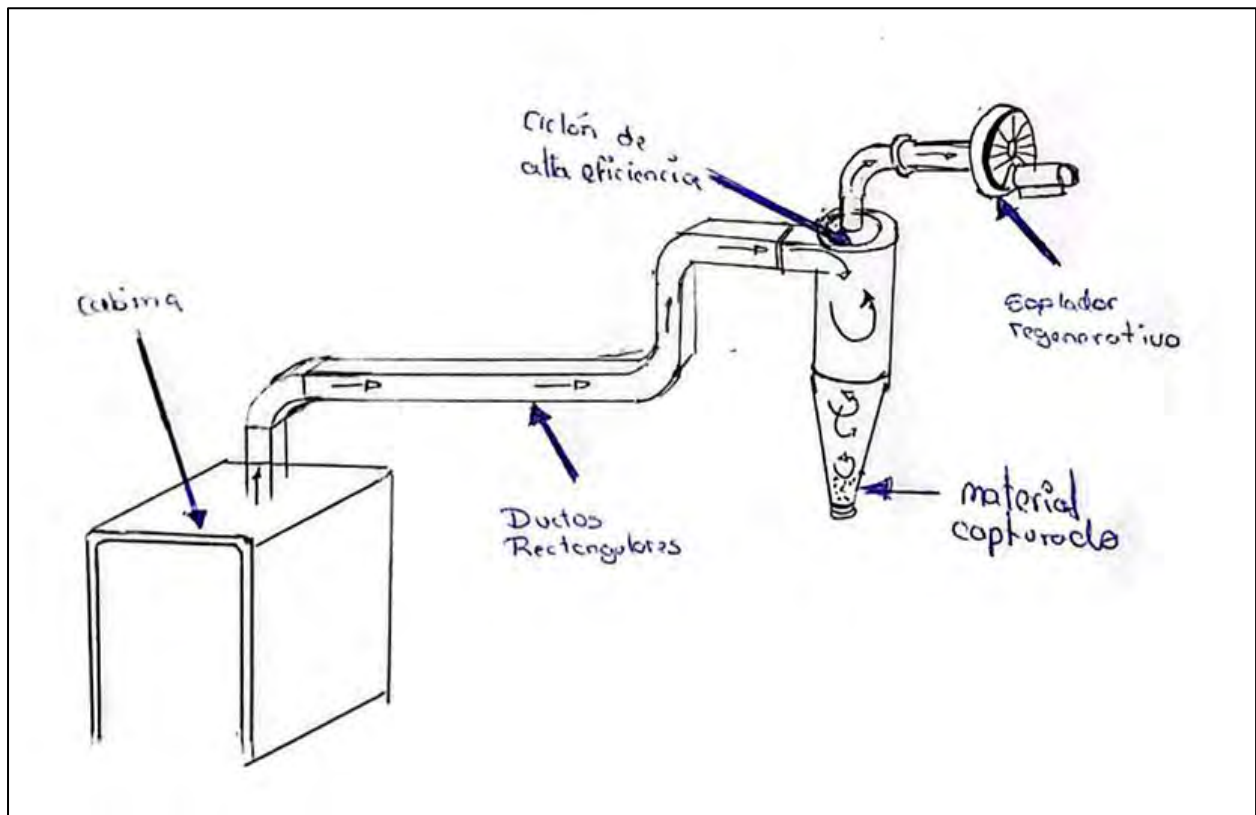
Nota. elaboración propia

Concepto de solución 1

Este sistema se basa en la extracción localizada por cerramiento. La fuente de generación de polvo de lana se encierra en una cabina, llegando a garantizar que las corrientes de aire no dispersen el material particulado. El transporte del aire contaminado se realiza mediante ductos rectangulares.

El proceso de filtrado utiliza un ciclón de alta eficiencia, el cual separa las partículas mediante fuerza centrífuga, depositándolas en un colector inferior y el mantenimiento será de manera manual. La energía neumática es suministrada por un soplador regenerativo.

Figura 19
Concepto de solución 1



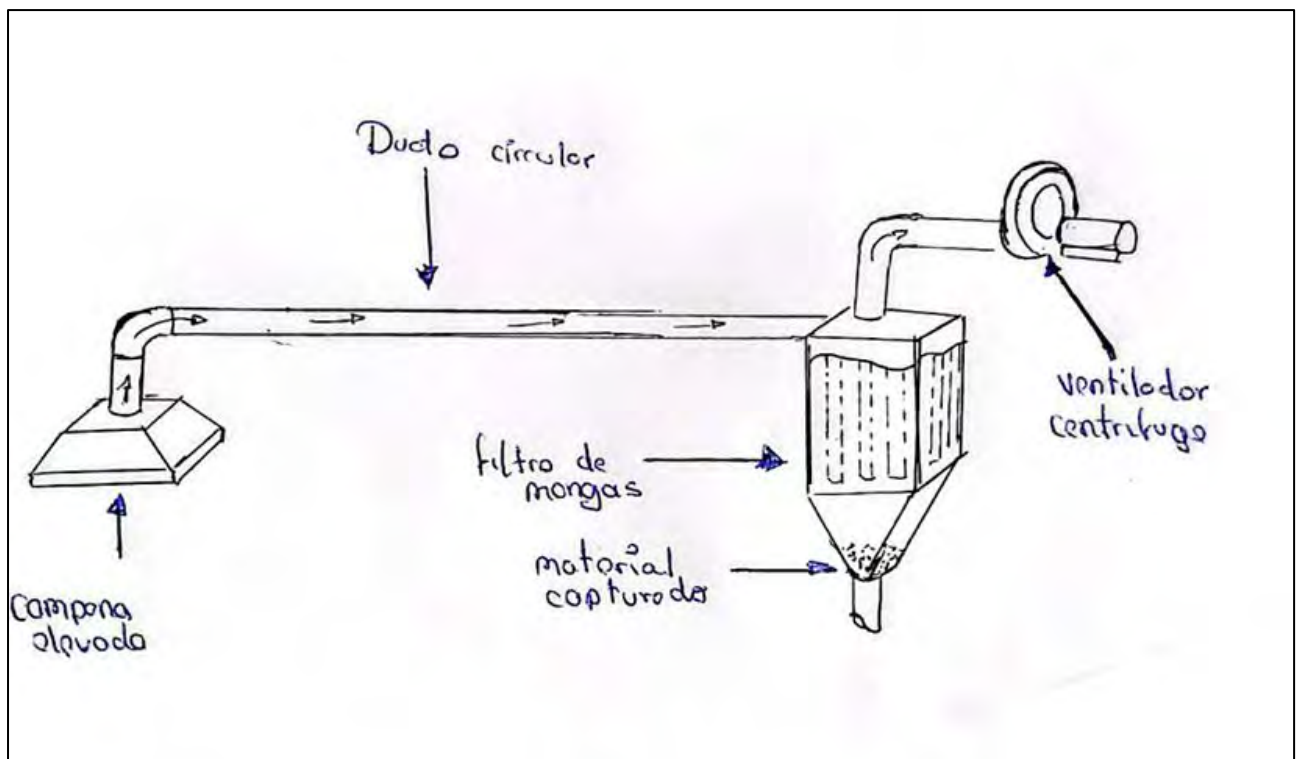
Nota: Elaboración propia

Concepto de Solución 2

Este diseño emplea una campana elevada tipo pirámide, la cual está ubicada estratégicamente sobre la zona donde se produce el material particulado de lana, entonces para capturar el material particulado la trayectoria del flujo es ascendente. El transporte se efectúa a través de ductos circulares, cuya geometría minimiza la fricción y evita la acumulación de fibras en las paredes internas, donde la limpieza se dará mediante pulso de aire.

El corazón del sistema es un filtro de mangas, que utiliza medios filtrantes textiles para retener partículas y la impulsión es generada por un ventilador centrífugo.

Figura 20
Concepto de solución 2



Nota. Elaboración propia

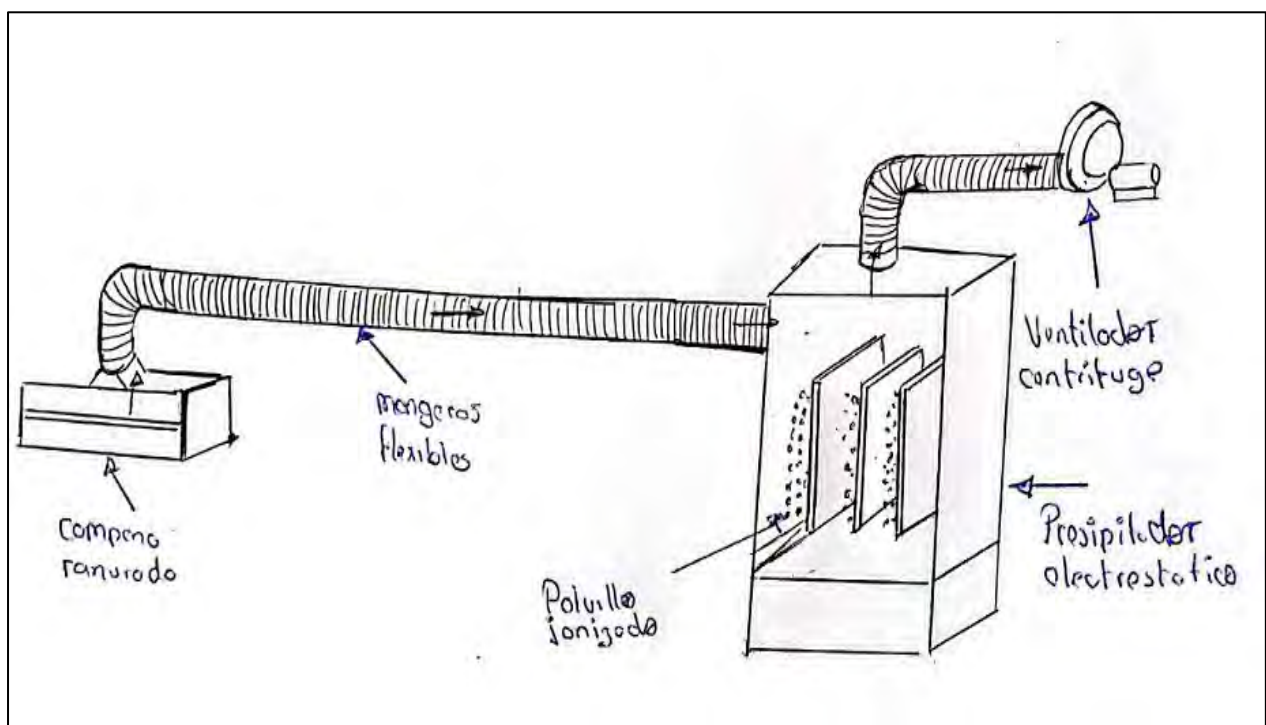
Concepto de Solución 3

Captación por Ranura con Filtrado Electrostático

Esta alternativa utiliza una campana de ranura integrada en la mesa de trabajo, diseñada para capturar el polvo el punto exacto de origen. Así para ser transportada se utilizan mangueras flexibles reforzadas, que permiten versatilidad en el movimiento del punto de captación. El sistema de limpieza consiste en un precipitador electrostático, que ioniza las partículas de lana para que se adhieran a placas colectoras cargadas eléctricamente, permitiendo un flujo de aire casi libre de contaminantes y la limpieza será mediante un sistema de vibración. La impulsión es asistida por un ventilador centrífugo de alta potencia, necesario para compensar las elevadas pérdidas de presión generadas por la rugosidad interna de las mangueras flexibles.

Figura 21

Concepto de solución 3



Nota. Elaboración propia

3.5.5. Selección de la alternativa optima

Criterio técnico

Puntaje:

- 3 (Excelente) indica que el sistema cumple con los estándares más altos de ingeniería
- 2 (Bueno) representa un cumplimiento normativo adecuado
- 1 (Aceptable) señala limitaciones operativas
- 0 (Inadecuado) representa una falla en el cumplimiento de la función principal.

Criterio económico

- 3 (Muy Favorable)
- 0 (Desfavorable)

Tabla 9

Criterios de evaluación técnico

Nº	Criterios de evaluación	%	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
1	Eficiencia de captación	0.20	2	1	1
2	Eficiencia de filtrado	0.3	2	3	3
3	Facilidad de mantenimiento	0.15	2	2	1
4	Menor pérdida estática en ductos	0.1	1	2	2
5	Eficiencia energética	0.15	3	2	1
6	Dimensión	0.1	2	2	1
		100%	2.05	2.10	1.7
			0.68	0.70	0.57

Nota. Elaboración propia

Tabla 10

Criterios de evaluación técnico

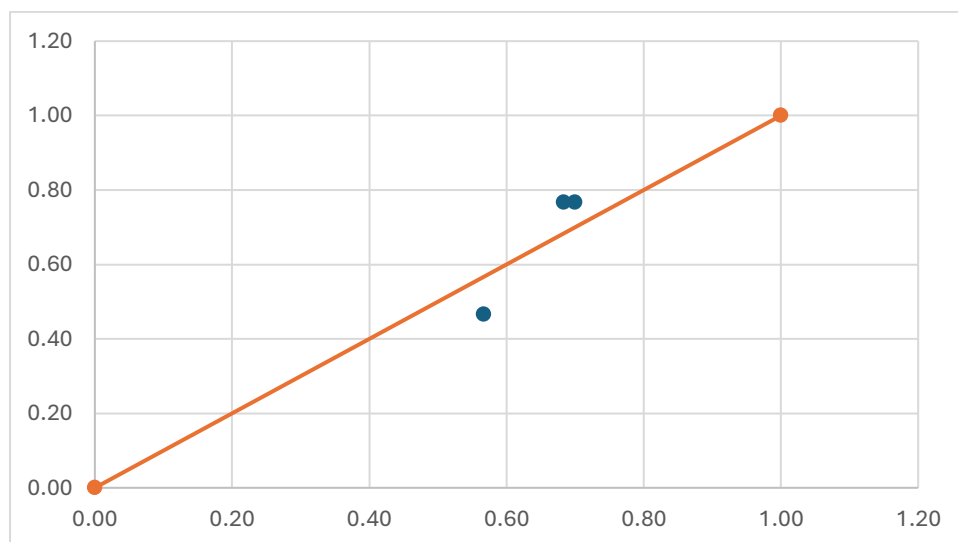
N°	Criterios económicos	%	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
1	Costo de implementación	0.3	3	2	1
2	Costos de montaje	0.3	2	3	1
3	Consumo energético	0.2	2	2	1
4	Costos de mantenimiento	0.2	2	2	2
100%			2.30	2.30	1.20
			0.77	0.77	0.40

Nota. Elaboración propia

Comparación técnica económica de las soluciones

Figura 22

Comparación técnica económica de las soluciones



Nota. Elaboración propia

De acuerdo con el diagrama técnico-económico de la norma VDI 2225, se determina que la Alternativa 2 (Filtro de Mangas) es la solución óptima para el diseño. Esta elección se fundamenta bajo el concepto presenta el mayor equilibrio técnico-económico, ubicándose con

una proximidad a la línea de solución ideal. A diferencia de las otras opciones, esta alternativa garantiza una eficiencia de filtrado superior ante las demás para el material particulado fibra de lana.

3.6. Dimensionamiento de la campana extractora

El dimensionamiento de la campana extractora no es una medida aislada, sino que se encuentra en función directa de la geometría y dimensiones de la máquina. Esta relación es fundamental, ya que la campana debe de cubrir el área donde se produce el material particulado y así mismo lo suficientemente cerca del punto de generación para capturar el material particulado de fibra de lana.

Figura

23

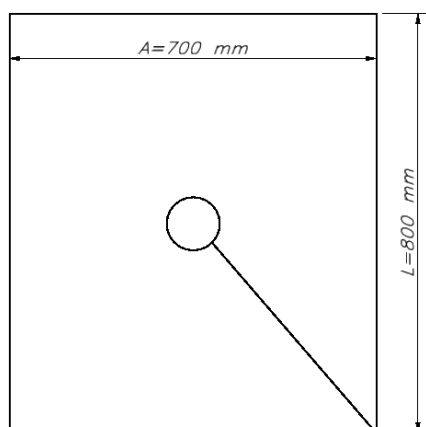
Dimensionamiento de la campana



Fuente: elaboración propia

Mediante el dimensionamiento de la campana se obtiene que la campana tendrá las siguientes medidas como en la Figura 24, dicho dimensionamiento se hizo en función a la zona donde se genera el material particulado.

Figura 24
Dimensión de la campana



Fuente: Elaboración propia

4. CAPITULO IV: DISEÑO DEL SISTEMA DE EXTRACCION DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBRA DE LANA

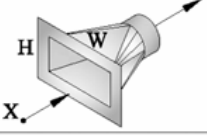
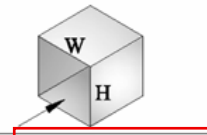
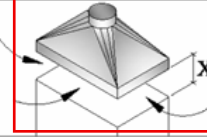
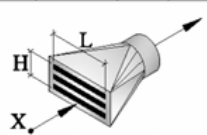
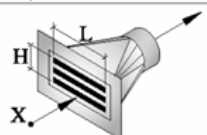
4.1. Caudal de aire total requerido

4.1.1. Determinación del tipo de campana

Para el dimensionamiento del sistema de extracción localizada, el caudal de aire requerido se determinó a partir del área de captación y la velocidad del aire recomendada para material particulado de lana, de acuerdo con los criterios técnicos proporcionados.

Tabla 11

Selección del tipo de campana

	Flanged opening $W_f \geq \sqrt{A_c}$	0.2 or greater and round	$Q = 0.75V_x(10X^2 + A_c)$ $A_c = WH$
	Booth	To suit work	$Q = VA = V_pWH$
	Canopy	To suit work	$Q = 1.4 PVX$ P = Perimeter of work or tank X = Height above work
	Plain multiple slot opening (2) or more slots	0.2 or greater	$Q = V_x(10X^2 + A_s)$ $A_s = HL$
	Flanged multiple slot opening (2) or more slots	0.2 or greater	$Q = 0.75V_x(10X^2 + A_s)$ $A_s = HL$

Fuente: Tomado de ventilación industrial (p.53), por el comité de ventilación industrial

En este caso se usará una campana elevada, para asegurar la captura efectiva del material particulado de fibra de lana generado en el proceso de tejido. Para ello, se determinó el caudal de aire necesario (Q).

La determinación del caudal se rige por la ecuación de control para campanas exteriores:

$$Q = 1.4 * P * H * V \quad [8]$$

Donde:

- Q : Caudal requerido ($\frac{m^3}{h}$).
- P : Perímetro de la zona de trabajo expuesta (m).
- H : Distancia vertical entre la fuente de emisión y la boca de la campana (m).
- V : Velocidad de captura necesaria para el contaminante (m/s).

4.1.2. Determinación de la velocidad de captura

Para la determinación de la Velocidad de Captura (V_s), se consideraron las propiedades físico-mecánicas de la fibra de lana y las condiciones ambientales del taller artesanal. Según los criterios de la ACGIH y las recomendaciones de comité de ventilación industrial, para polvos de baja densidad liberados a baja velocidad, se seleccionó una velocidad de captura de 0.5 según la tabla.

Tabla 12

Selección de la velocidad de captura

TABLA 3.1 Valores recomendados para la velocidad de captura^(3.1, 3.2)

Condiciones de dispersión del contaminante	Ejemplo	Velocidad de captura, m/s
Liberado prácticamente sin velocidad en aire tranquilo.	Evaporación desde depósitos; desengrase; etc.	0,25-0,5
Liberado a baja velocidad en aire moderadamente tranquilo.	Cabinas de pintura; llenado intermitente de recipientes; transferencia entre cintas transportadoras a baja velocidad; soldadura; recubrimientos superficiales; pasivado.	0,5-1
Generación activa en una zona de rápido movimiento de aire.	Cabinas de pintura poco profundas; llenado de barriles; carga de cintas transportadoras; machacadoras.	1-2,5
Liberado con alta velocidad inicial en una zona de movimiento muy rápido del aire.	Desbarbado; chorreado abrasivo; desmoldeo en fundiciones.	2,5-10

En cada una de las condiciones citadas se indica un margen para los valores de la velocidad de captura. La selección del valor adecuado depende de los siguientes factores:

Nota. adaptado de Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (p. [3-6])

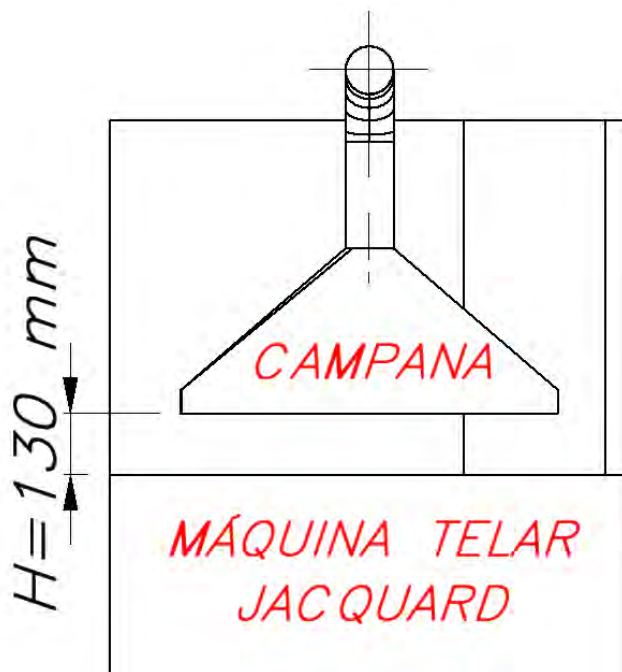
Se selecciona una velocidad de captura de $0.5 \frac{m}{s}$ el espesor a campana se ha definido en calibre 24, fundamentado en las especificaciones de la Tabla 2-1 de la norma SMACNA (edición 2020).

4.1.3. Determinación de la altura de la campana y el lugar de producción de material particulado.

La Figura 25 detalla la altura de diseño, definida como $H = 130 \text{ mm}$ (0.13 m). Esta dimensión representa la distancia vertical crítica entre el borde inferior de la campana de captación, donde se localiza la fuente de emisión de material particulado. Este valor de H se puso como el punto mas cerca donde se produce el material particulado de fibra de lana.

Figura 25

Distancia entre la campana y el punto de generación de material particulado



Nota. Elaboración propia

4.1.4. Cálculo del caudal de ingreso por la campana

Para el cálculo del caudal de aire necesario en la campana, se ha seleccionado un perímetro de diseño de 160 cm (80cm x 2), omitiendo los costados de 70 cm. Esta decisión tomada se fundamenta técnicamente en la teoría de bordes apantallados de la ACGIH.

$$P = 2 * L = 2 * 80 = 160 \text{ cm} = 1.6 \text{ M}$$

A partir de los parámetros geométricos establecidos, se determina el caudal volumétrico de captación (Q) necesario como se estableció en la ecuación 8.

$$Q = 1.4 * 1.6 \text{ m} * 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.13 \text{ m}$$

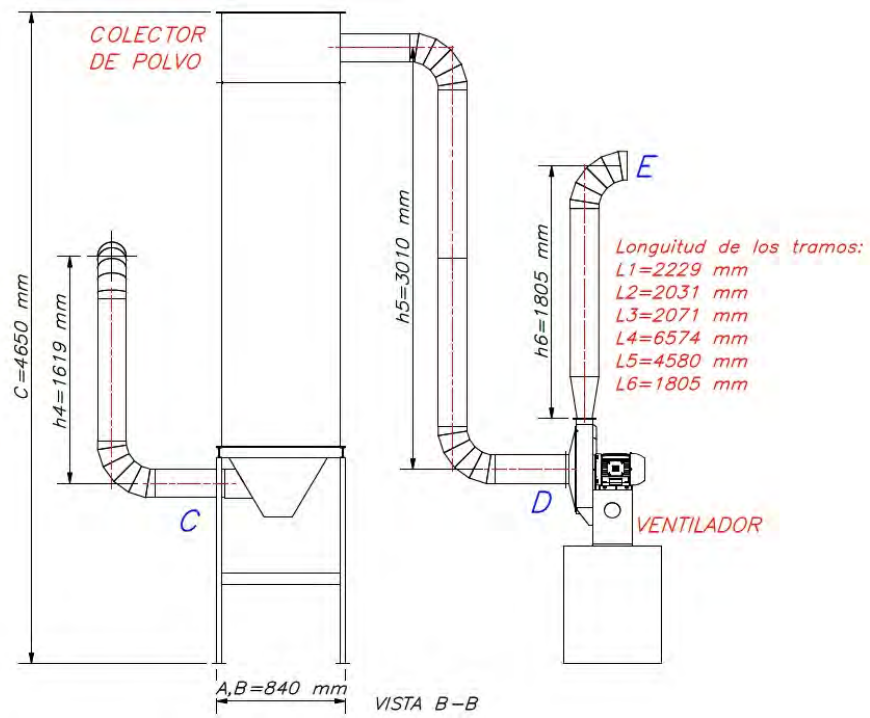
$$Q = 524.16 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \text{ por campana.}$$

4.2. Dimensionamiento de los ductos de transporte

El diseño del sistema de transporte, cuya arquitectura se detalla en la Figura 26 y 27; en donde se ve que integra la campana de captación con una red de tuberías proyectada bajo los estándares de construcción de la SMACNA. Para la fabricación de los tramos, se ha seleccionado acero galvanizado de Calibre 26 (0.45 mm de espesor).

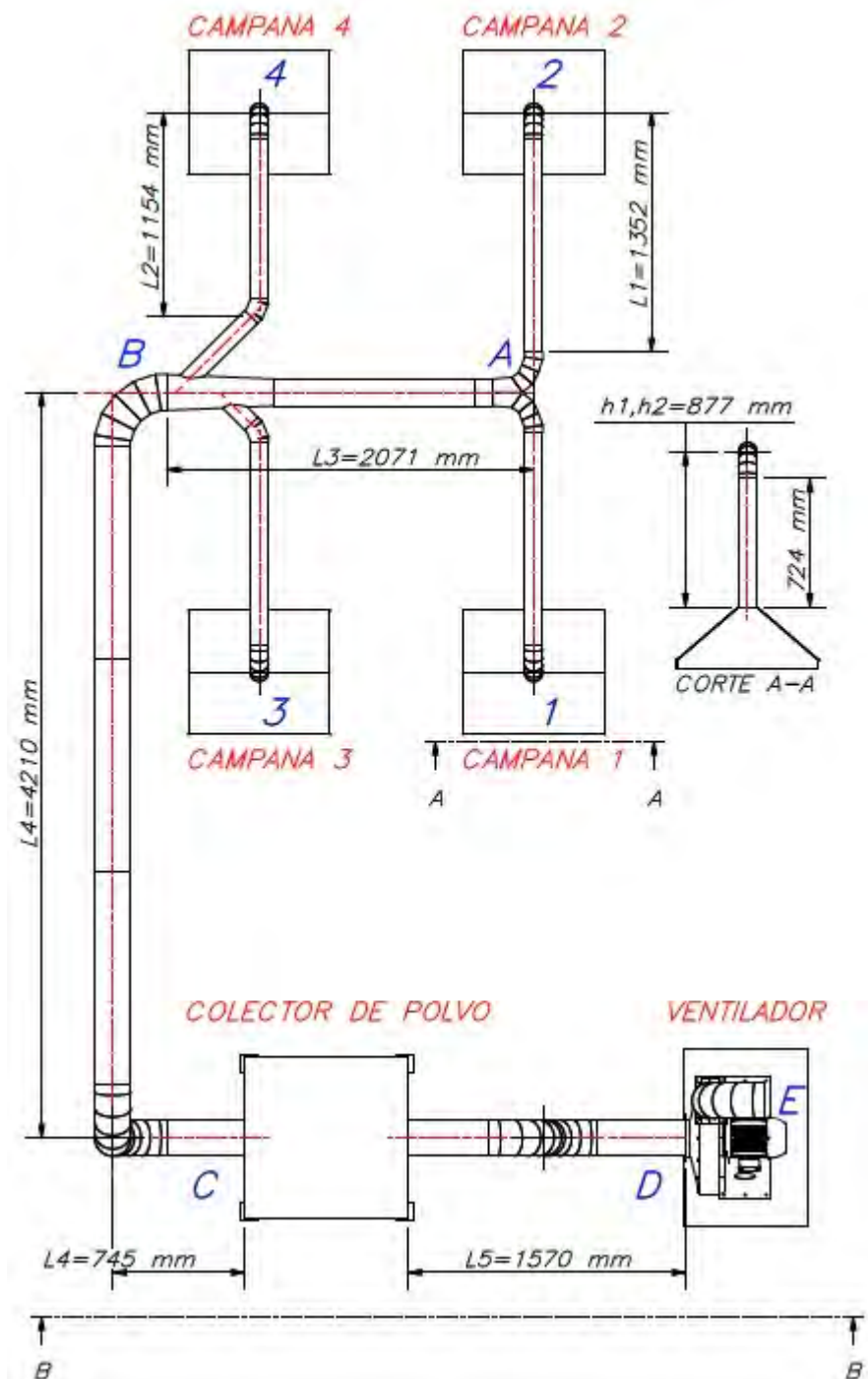
La distribución ha sido calculada para minimizar las pérdidas y garantizar que la velocidad de transporte tenga el mismo valor en todos los nodos, asegurando un flujo ininterrumpido hasta su disposición final en la unidad de filtrado.

Figura 26
Diagrama del sistema de transporte



Nota. Elaboracion propia

Figura 27
Diagrama de sistema transporte



Nota. Elaboración propia

En la siguiente tabla 12 se designa el caudal, diámetro, velocidad y número de Reynolds según el tramo.

Tabla 13

Designación del sistema de transporte

Designación	Tramo	Caudal	Diámetro	Velocidad de transporte	Numero de Reynolds
1	Tramo 1-A	Q1	D1	$v_{1transp}$	Re1
	Tramo 2-A				
	Tramo 3-B				
	Tramo 4-B				
2	Tramo A-B	Q2	D2	$v_{2transp}$	Re2
3	Tramo B-C	Q3	D3	$v_{3transp}$	Re3
	Tramo C-D				
	Tramo D-E				

Nota. Elaboración propia

En la siguiente tabla se especifica accesorios y longitudes según el tramo.

Tabla 14

Especificaciones y accesorios según el tramo

Tramo	Campana	Accesorios	Denominación total del ducto	longitud	Denominación altura
-------	---------	------------	------------------------------	----------	---------------------

Tramo 1-A	1	1 codo	L1	h1
Tramo 2-A	1	1 codo	L1	h1
Tramo 3-A	1	2 codos	L2	h2
Tramo 4-A	1	2 codos	L2	h2
Tramo A-B	Ninguna	Tipo Y, Tipo T	L3	h3
Tramo B-C	Ninguna	3 codos	L4	h4
Tramo C-D	Ninguna	2 codos	L5	h5
Tramo D-E	Ninguna	1 codo	L6	h6

Nota. Elaboración propia

A continuación, se determinará de los caudales, según los tramos.

$$Q1 = 1.4 * P * v * H = 1.4 * 1.6 * 0.5 * 0.13 = 524.16 \frac{m^3}{hr}$$

$$Q2 = 2 * Q1 = 1048.32 \frac{m^3}{hr}$$

$$Q3 = 2 * Q1 + Q2 = 2096.64 \frac{m^3}{hr} = 34.944 \frac{m^3}{min}$$

Determinación de los diámetros según el caudal como se mostró en la ecuación 5.

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$$

Tabla 15

Valores de velocidad recomendadas para los ductos

TABLA 3.2 Valores recomendados para la velocidad de diseño de conductos

Naturaleza del contaminante	Ejemplos	Velocidad de diseño (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases y humos	Indiferente (la velocidad óptima económicamente suele encontrarse entre 5 y 10 m/s)
Humos de soldadura	Soldadura	10-12,5
Polvo muy fino y ligero	Hilos de algodón, harina de madera, polvo de taico	12,5-15
Polvos secos	Polvo fino de caucho, baquelita en polvo para moldeo, hilos de yute, polvo de algodón, virutas (ligeras), polvo de detergente, raspaduras de cuero	15-20
Polvo ordinario	Polvo de desbarado, huos de muela de punt (secos), polvo de lana de yute (residuos de sacudidor), polvo de granos de café, polvo de cuero, polvo de granito, harina de sílice, manejo de materiales pulverulentos en general, corte de ladrillos, polvo de arcilla, fundiciones (en general), polvo de caliza, polvo en el embalado y pesado de amianto en industrias textiles	17,5-20
Polvos pesados	Polvo de aserrado (pesado y húmedo), viruta metálica, polvo de desmoldeo en fundiciones, polvo en el chorrado con arena, pedazos de madera, polvo de barrer, virutas de latón, polvo en el taladrado de fundición, polvo de plomo	20-22,5
Polvo pesado húmedo	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo, polvo del corte de tubos de amianto-cemento, hilos de muela de pulir (pegajosos)	> 22,5

Nota. adaptado de Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (p. [3-6]), por Generalitat Valenciana, 1992.

Para el diseño del sistema de extracción en ARTESA S.A.C., se ha seleccionado un rango de velocidad de 15 a 18 m/s. Si bien la Tabla 15 menciona ejemplos como el "polvo de cuero" en este rango, su selección para la fibra de lana se justifica técnicamente por que el material particulado de fibra de lana, al igual que el polvo de algodón o cuero mencionadas en la tabla, se clasifica como un polvo seco.

Posteriormente, se procedió al cálculo de los diámetros de los conductos basándose en la velocidad de diseño recomendada.

Diámetro 1:

$$D1 = \sqrt{\frac{4 * Q1}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{4 * 524.16}{\pi * 15}} = 4.38 \text{ in}$$

Diámetro 2:

$$D2 = \sqrt{\frac{4 * Q2}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{4 * 1048.32}{\pi * 15}} = 6.19 \text{ in}$$

Diámetro 3:

$$D3 = \sqrt{\frac{4 * Q3}{\pi * v}} = \sqrt{\frac{4 * 2096.64}{\pi * 15}} = 8.75 \text{ in}$$

Una vez obtenidos los diámetros teóricos mediante el cálculo de la ecuación, se procede a la selección de diámetros comerciales, realizando un redondeo al valor inmediato superior. Esta práctica no solo responde a la disponibilidad de materiales en el mercado local y a los estándares de fabricación de tubería de acero galvanizado.

$$D1 = 4 \text{ in}$$

$$D2 = 6 \text{ in}$$

$$D3 = 8 \text{ in}$$

Los nuevos valores de la velocidad del transporte en función a los nuevos diámetros.

$$v1_{transp} = \frac{Q1 * 4}{D1^2 * \pi} = \frac{483.84 * 4}{4^3 * \pi} = 17.959 \frac{m}{s}$$

$$v2_{transp} = \frac{Q2 * 4}{D2^2 * \pi} = \frac{967.68 * 4}{6^3 * \pi} = 15.964 \frac{m}{s}$$

$$v3_{transp} = \frac{Q3 * 4}{D3^2 * \pi} = \frac{1935.36 * 4}{8^3 * \pi} = 17.959 \frac{m}{s}$$

Las nuevas velocidades halladas se encuentran dentro del rango de velocidades sugeridas.

4.3. Análisis de Pérdidas de Carga en el Sistema de Extracción

El cálculo de las pérdidas de carga se determina mediante la presión estática, la cual el ventilador debe ser capaz de vencer para mantener el flujo de aire. No se trata solo de la

resistencia del aire al pasar por los ductos, sino de la energía que se disipa debido a la fricción interna y a los cambios bruscos de dirección en los accesorios; para ello se ha considerado la presión atmosférica local de la ciudad de Cusco, estimada en 68.85 kPa (Senamhi), esta altitud hace que haya una reducción significativa en la densidad del aire, lo cual tendremos para realizar los cálculos de manera correcta según la ACGIH.

$P=68.85 \text{ kPa}$: Presión atmosférica Cusco (kPa)

$R=287 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$: Constante específica del aire (J/kg*K)

$T=20 \text{ }^{\circ}\text{C}$: Temperatura ambiente Cusco

4.3.1. Determinación de la Densidad del Aire en la ciudad del Cusco.

La densidad del aire es un valor muy importante en el cálculo del transporte neumático. Debido a que el proyecto se desarrolla en la ciudad de Cusco en la empresa ARTESA. S.A.C., se debe calcular la densidad real del aire seco mediante la Ecuación de Estado de los Gases Ideales, ajustada a las condiciones barométricas locales.

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T} \quad [9]$$

$P = 68.85 \text{ kPa}$: Presión atmosférica Cusco (kPa)

$R = 287 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$: Constante específica del aire (J/kg*K)

$T = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} (293.15 \text{ K})$: Temperatura ambiente Cusco

Entonces:

$$\rho = \frac{P}{R \cdot T} = \frac{68.85}{287 \cdot 293.15} = 0.818 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_{\text{cusco}} = 0.818 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

La viscosidad dinámica del aire, expresada en Pascales-segundo (Pa.s), es una propiedad para realizar el cálculo del Número de Reynolds (Re) y, también, para determinar el factor de fricción en la red de ductos. Para las condiciones de diseño en la ciudad de Cusco en la empresa ARTESA.SAC, se ha seleccionado un valor de $\mu = 1.81 * 10^{-5} Pa * s$ corresponde a las propiedades termo físicas del aire a una temperatura de operación de 20°C (Mott & Untener, 2021).

A continuación, se determina el Número de Reynolds (Re) en cada tramo de la red, mediante la ecuación 6. Este parámetro adimensional es de suma importancia para determinar el estado del fluido, permitiendo establecer si el flujo se comporta bajo un régimen laminar o turbulento.

$$Re = \frac{\rho * D * v_{transp}}{\mu}$$

Donde:

Re: Número de Reynolds

ρ : Densidad del aire (kg/m³)

D: Diámetro de tubería (in)

v_{transp} : Velocidad de transporte (m/s)

Análisis del Régimen de Flujo mediante el Número de Reynolds (*Re*)

La determinación del Número de Reynold; es el parámetro adimensional que define el comportamiento del aire dentro de la red de ductos.

Tramo 1:

$$Re1 = \frac{\rho * D1 * v1_{transp}}{\mu} = \frac{0.818 * 4 * 17.959}{1.81 * 10^{-5}} = 82495.709 \text{ (Turbulento)}$$

Tramo 2:

$$Re2 = \frac{\rho * D2 * v2_{transp}}{\mu} = \frac{0.818 * 6 * 15.964}{1.81 * 10^{-5}} = 109994.279 \text{ (Turbulento)}$$

Tramo 3:

$$Re3 = \frac{\rho * D3 * v3_{transp}}{\mu} = \frac{0.818 * 8 * 17.959}{1.81 * 10^{-5}} = 164991.418 \text{ (Turbulento)}$$

Coeficientes de fricción utilizando la ecuación de Churchill

Una vez definidos los diámetros y las velocidades de transporte, se procedió a determinar el coeficiente de fricción (f) mediante la ecuación de Churchill. La elección de este modelo matemático se justifica por su carácter explícito y su capacidad de proporcionar resultados precisos en todos los regímenes de flujo, desde laminar hasta turbulento plenamente desarrollado. Al integrar la rugosidad relativa del acero galvanizado y el número de Reynolds asociado a una velocidad de, esta ecuación permite un cálculo riguroso de las pérdidas de carga que el ventilador deberá vencer.

$$f = \left(\left(\frac{8}{Re} \right)^{12} + \left(-2.457 * \ln \left(\frac{7^{0.9}}{Re} + \frac{k}{3.7 * D} \right) + \frac{37530^{16}}{Re} \right)^{-1.5} \right)^{\frac{1}{12}} \quad [10]$$

Donde:

f : Coeficiente de fricción

Re : Numero de Reynolds

$k=0.15 \text{ mm}$: Rugosidad absoluta del material (mm)

D : Diámetro de tubería según tramo que corresponda

$$f1 = \left(\left(\frac{8}{Re1} \right)^{12} + \left(-2.457 * \ln \left(\frac{7^{0.9}}{Re1} + \frac{k}{3.7 * D1} \right) + \frac{37530^{16}}{Re1} \right)^{-1.5} \right)^{\frac{1}{12}}$$

$$f1 = 9.697 * 10^{-5}$$

$$f2 = \left(\left(\frac{8}{Re2} \right)^{12} + \left(-2.457 * \ln \left(\frac{7^{0.9}}{Re2} + \frac{k}{3.7 * D2} \right) + \frac{37530^{16}}{Re2} \right)^{-1.5} \right)^{\frac{1}{12}}$$

$$f2 = 7.273 * 10^{-5}$$

$$f3 = \left(\left(\frac{8}{Re3} \right)^{12} + \left(-2.457 * \ln \left(\frac{7^{0.9}}{Re3} + \frac{k}{3.7 * D3} \right) + \frac{37530^{16}}{Re3} \right)^{-1.5} \right)^{\frac{1}{12}}$$

$$f3 = 4.849 * 10^{-5}$$

Se presenta la Tabla 15 donde se ve el resumen de tramos después de haber definido las propiedades físicas de aire en la ciudad del Cusco.

Tabla 16

Resumen de tramos

Tramo	Caudal (m ³ /hr)	Diámetro (in)	Diámetro comercial (in)	Velocidad del transporte (m/s)	Numero de Reynolds	Coeficientes de fricción
Tramo 1-A	524.16	4.38	4	17.959	82495.709	9.697*10 ⁻⁵
Tramo 2-A	524.16	4.38	4	17.959	82495.709	9.697*10 ⁻⁵
Tramo 3-B	524.16	4.38	4	17.959	82495.709	9.697*10 ⁻⁵

Tramo	524.16	4.38	4	17.959	82495.709	9.697*10 ⁻⁵
4-B						
Tramo	1048.32	6.19	6	15.964	109994.279	7.273*10 ⁻⁵
A-B						
Tramo	2096.64	8.75	8	17.959	164991.418	4.849*10 ⁻⁵
B-C						
Tramo	2096.64	8.75	8	17.959	164991.418	4.849*10 ⁻⁵
C-D						
Tramo	2096.64	8.75	8	17.959	164991.418	4.849*10 ⁻⁵
D-E						

Nota. Elaboración propia

4.4. Cálculos de pérdidas

4.4.1. Análisis de la Constante (K) para la Presión Dinámica

En el cálculo de las pérdidas secundarias o locales, la Constante K (adimensional) actúa como el factor de proporcionalidad que define cuánta presión dinámica pierde el aire al atravesar un accesorio.

$$K_p = \sqrt{\frac{2 * 9.806}{\rho}} \quad [12]$$

$$K_p = \sqrt{\frac{2 * 9.806}{0.818}} = 4.89$$

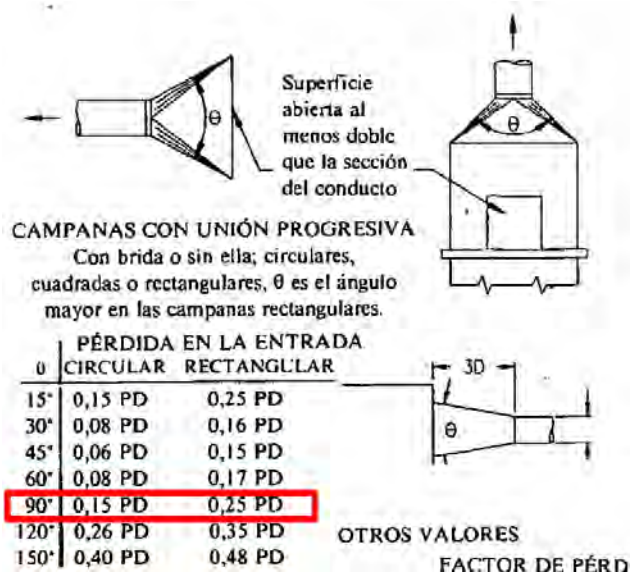
4.4.2. Análisis del tramo 1-A y 2-A

Factor de pérdida por campana según la figura 29 (se considera un ángulo de 90 grados)

$$K_c = 0.15$$

Figura 28

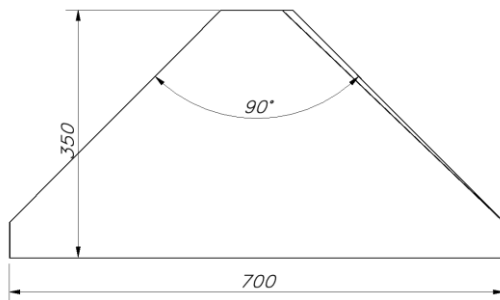
Coeficiente de fricción de la campana



Nota. adaptado de Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (p. [3-6]), por Generalitat Valenciana, 1992.

Figura 29

Vista frontal de la campana

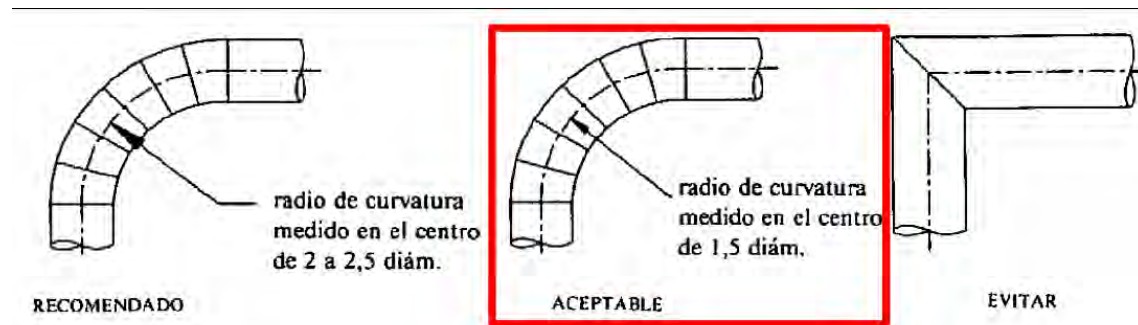


Nota. Elaboración propia

Factor de pérdida por aceleración (los ductos se mantienen constantes): $Ka = 0$

Factor de pérdida por accesorios (1 codo): Por lo aceptable se usa un radio de codo de 1.5 veces el diámetro para desarrollar un codo menor.

Figura 30
Radio del codo



Nota. adaptado de Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (p. [5-48]), por Generalitat Valenciana, 1992.

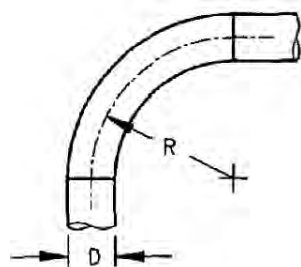
Teniendo en consideración la relación de la figura 31, tenemos:

$$R = 1.5 * D1 = 1.5 * 4 = 6 \text{ in}$$

$$\frac{R}{D} = \frac{6}{4} = 1.5$$

Mediante la relación se obtiene la constante (K)

Figura 31
Coeficiente de pérdida por fricción en codo de 90°



R/D	Pérdida de carga Fracción de PD
2,75	0,26
2,50	0,22
2,25	0,26
2,00	0,27
1,75	0,32
1,50	0,39
1,25	0,55

CODOS DE SECCIÓN CIRCULAR

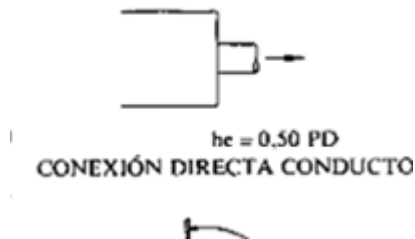
Nota. Adaptado de Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (p. [5-31]), por Generalitat Valenciana, 1992.

$$Kcd = (1) * 0.39 = 0.39$$

Se obtendrá el factor de pérdida por uniones figura 33.

Figura 32

Coefficiente de pérdida por fricción en conexión



Nota. adaptado de Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (p. [5-30]), por Generalitat Valenciana, 1992.

Tenemos $K_u = 0.5$

Procedemos a realizar el cálculo de la presión dinámica:

$$PD = \left(\frac{v_{1transp}^2}{4.89} \right) = 13.46 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Cabecal de pérdida por fricción

$$H_f = \left(\frac{f_1 * L_1}{D_1} + K_c + K_{cd} + K_u \right) * PD_1 = 14.03 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Entonces tenemos una presión estática de:

$$PE = H_f = 14.03 \text{ mmH}_2\text{O}$$

4.4.3. Análisis tramo 3-B y 4-B

Factor de pérdida por campana (se considera un ángulo de 90 grados):

Tenemos el factor de $K_c = 0.15$ según la figura 27

Factor de pérdida por aceleración (los ductos se mantienen constantes): $K_a = 0$

Factor de pérdida por accesorios (2 codos) según la figura 31 el factor de fricción es de 0.39.

Entonces tenemos:

$$K_{cd} = (2) * 0.39 = 0.78$$

Factor de pérdida por unión según la figura 33.

$$K_u = 0.5$$

Presión dinámica

$$PD = \left(\frac{v_{1transp}}{4.89} \right)^2 = 13.466 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Cabecal de pérdida por fricción

$$H_f = \left(\frac{f_1 * L_1}{D_1} + K_c + K_{cd} + K_u \right) * PD_1 \quad [13]$$

$$H_f = \left(\frac{f_1 * L_2}{D_1} + K_c + K_{cd} + K_u \right) * PD_1 = 19.28 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Entonces tenemos una presión total de:

$$PE = H_f = 19.283 \text{ mmH}_2\text{O}$$

4.4.4. Análisis del Tramo A-B

Factor de pérdida por aceleración (los ductos se mantienen constantes): $K_a = 0$

Factor de pérdida por accesorios (2 accesorios):

Accesorio tipo T, por recomendación se escoge el siguiente y para las pérdidas se estima como dos codos.

Figura 33
Accesorio tipo T



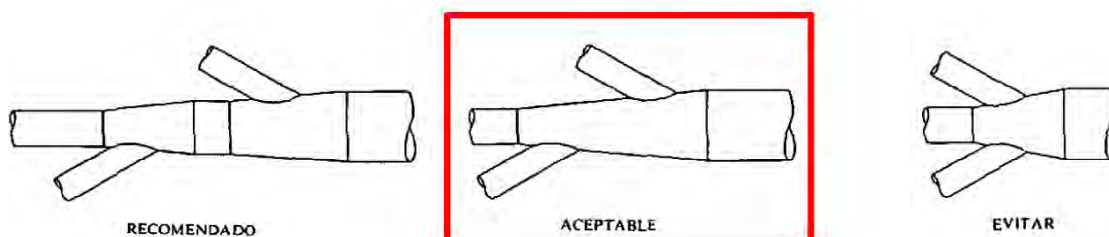
Nota. adaptado de Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (p. [5-48]), por Generalitat Valenciana, 1992.

Este accesorio tipo T tiene un constante K_{cd}

$$K_{cd} = (2) * 0.39 = 0.78$$

Para la ramificación se escoge la siguiente distribución y para las pérdidas se estima como una unión.

Figura 34
Accesorio de injerto doble

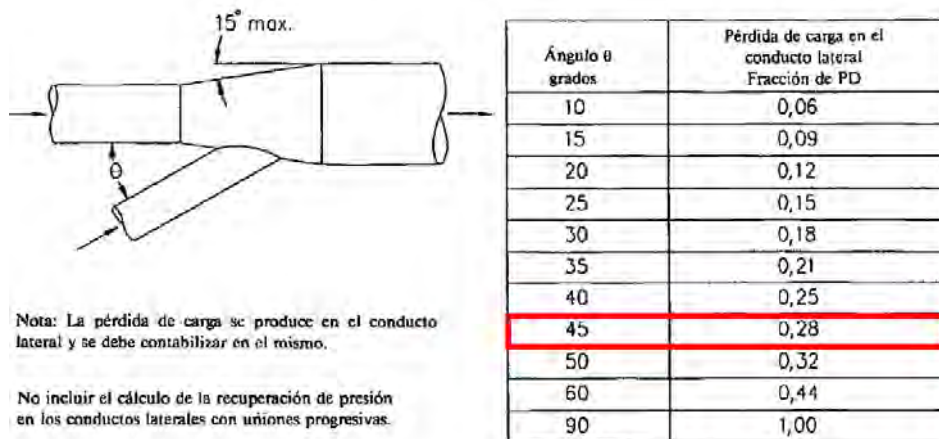


Nota. adaptado de Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (p. [5-48]), por Generalitat Valenciana, 1992.

En la nuestra se estima un Angulo de 45 grados para ambos lados.

Figura 35

Coeficiente de pérdida por fricción de doble injerto a 45°



Nota. adaptado de Ventilación industrial: Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales (p. [5-32]), por Generalitat Valenciana, 1992.

Factor de pérdida por uniones:

$$Ku = 0.56$$

Presión dinámica

$$PD = \left(\frac{v_{transp}^2}{4.89} \right)^2 = 10.64 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Cabezal de pérdida por fricción

$$Hf = \left(\frac{f^2 * L^3}{D^1} + Kcd + Ku \right) * PD1 = 14.26 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Entonces la presión estática será: v

$$PE = Hf = 14.26 \text{ mmH}_2\text{O}$$

4.4.5. Tramo B-C

Factor de pérdida por campana (no ay campana):

$$Kc = 0$$

Factor de pérdida por aceleración (los ductos se mantienen constantes): $Ka = 0$

Factor de pérdida por accesorios (3 codos):

Por lo aceptable se usa un radio de codo de 1.5 veces el diámetro para desarrollar un codo menor.

$$R = 1.5 * D3 = 1.5 * 8 = 12 \text{ in}$$

$$\frac{R}{D} = \frac{6}{4} = 1.5$$

Mediante la figura 32 sabemos que el factor de fricción es 0.39 y así mismo en el tramo B-C tenemos 3 codos entonces nuestro valor de fricción tendrá:

$$K_{cd} = (3) * 0.39 = 1.17$$

Presión dinámica

$$PD = \left(\frac{v_{transp}^3}{4.89} \right)^2 = 13.46 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Entonces el cabezal de pérdida por fricción

$$H_f = \left(\frac{f^3 * L^4}{D^1} + K_{cd} \right) * PD = 15.77 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Como no existe variación de velocidad presión estática

$$PE = H_f = 15.77 \text{ mmH}_2\text{O}$$

4.4.6. Tramo C-D

Factor de pérdida por aceleración (los ductos se mantienen constantes): $K_a = 0$

Factor de pérdida por accesorios (2 codos):

Mediante la figura 30 se tiene el factor de fricción para un codo y en este tramo tenemos 2 codos, entonces nuestro valor constante de fricción será:

$$K_{cd} = (2) * 0.39 = 1.17$$

Presión dinámica

$$PD = \frac{v_{transp}^3}{4.89} = 19.82 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Cabezal de pérdida por fricción

$$Hf = \left(\frac{f^3 * L^5}{D^1} + Kcd \right) * PD = 10.51 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Entonces la presión será:

$$PE = Hf = 10.51 \text{ mmH}_2\text{O}$$

4.4.7. Tramo D-E

Factor de pérdida por aceleración (los ductos se mantienen constantes): $Ka=0$

Factor de pérdida por accesorios (1 codo):

$$Kcd = (1) * 0.39 = 0.39$$

Presión dinámica

$$PD = \left(\frac{v_{transp}^3}{4.894} \right)^2 = 13.46 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Cabezal de pérdida por fricción

$$Hf = \left(\frac{f^3 * L^5}{D^3} + Kcd \right) * PD = 7.27 \text{ mmH}_2\text{O}$$

Como no existe variación de velocidad presión estática

$$PE = Hf = 7.27 \text{ mmH}_2\text{O}$$

4.4.8. Tabla Resumen de Pérdidas de Carga por Tramo

Tras calcular las resistencias individuales, se presenta el consolidado de los resultados obtenidos para cada tramo de la red de ductos. Esta tabla es el núcleo de la memoria de cálculo, ya que permite verificar de forma sistemática el sistema de ductos.

Tabla 17

Tabla resumen de pérdidas de carga por tramo

Tramo	Kc	Ka	Kcd	Ku	Longitud ducto (mm)	Presión estática (mmH ₂ O)
Tramo 1-A	0.15	0	0.39	0.5	2229	14.02
Tramo 2-A	0.15	0	0.39	0.5	2229	14.02
Tramo 3-B	0.15	0	0.78	0.5	2031	19.26
Tramo 4-B	0.15	0	0.78	0.5	2031	19.26
Tramo A-B	0	0	0.78	0.56	2071	14.25
Tramo B-C	0	0	1.17	0	7178	15.76
Tramo C-D	0	0	0.78	0	2650	10.51
Tramo D-E	0	0	0.39	0	1805	7.27

Nota. Elaboración propia

4.5. Cálculo y Análisis de la Caída de Presión Total del Sistema de ductos

Para determinar la energía total que el ventilador debe suministrar al sistema de extracción, se utiliza la ecuación de la presión total. Esta magnitud representa la diferencia de energía entre el punto de descarga y el punto de succión, considerando todas las pérdidas por fricción y accesorios acumuladas en la red de ductos.

$$\Delta P_{ducto} = PS(Tramo (1 - A o 2 - A) + Tramo A - B + Tramo B - C + Tramo C - D) - PE(tramo D - E)$$

$$\Delta P_{ducto} = (14.02 + 14.25 + 15.76 + 10.51) - (-7.28) = 61.81 \text{ mmH}_2\text{O}$$

4.6. Selección del colector

Debido a la ausencia de valores específicos para la fibra de lana en las tablas de diseño de colectores, se ha seleccionado el valor más similar que sería un polvo de cuero bajo los siguientes criterios de ingeniería:

Tanto la fibra de lana como el polvo de cuero son materiales de origen orgánico y proteico que presentan una geometría irregular y fibrosa. Esto genera un comportamiento similar al adherirse a la tela de las mangas.

Tabla 18

Valores para velocidad de filtración gas/tela

Material contaminante	Pulso de aire (pie/min)	Vibración mecánica (pie/min)
Alúmina	8	2,5
Asbesto	10	3
Carbón	5	1,5
cemento	8	2
Arcilla	9	2,5
Hulla	8	2,5
Cocoa	12	2,8
Granos	14	3,5
Fertilizante	8	3
Harina	12	3
Cenizas	5	2,5
Grafito	5	2
Yeso	10	3
Polvo de cueros	12	3,5

Nota. Fuente: Buchelli, L., y Reinoso, M. (2014).

$$\text{Pulso de aire} = 12 \frac{ft}{min}$$

El área total representa la superficie necesaria de tela filtrante para que una cantidad determinada de aire pase a través de ella a una velocidad controlada.

$$A_{total} = \frac{Q^3}{\text{pulso de aire}} = 102.82 \text{ ft}^2$$

Longitud comercial de manga:

$$A_{manga} = \pi * L * D = 6.70 \text{ ft}^2$$

Entonces tenemos el número de mangas:

$$N_{mangas} = \frac{A_{total}}{A_{manga}} = 15.8 \text{ mangas}$$

El arreglo de las mangas será de 4x4 16 mangas como se muestra, 4 en forma vertical y 4 en forma horizontal.

Selección de colector de polvos, mediante el arreglo de 16 mangas y el caudal de 34.944 m³/min se encuentra en el rango del colector de CPM-16/24 con su manifold como se aprecia en el catálogo de la empresa INFESA S.R.L. como se muestra en la tabla.

Tabla 19

Características de la tabla

Características técnicas (largo de manga 2400 mm):

Modelo	Cant. de mangas	Superficie Filtrante (m ²)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Rango de caudal de aire (*) (m ³ /min)
CPM-9/12	9	4	660	660	3300	4 a 12
CPM-16/24	16	14	840	840	4650	14 a 42
CPM-25/24	25	22	1020	1020	4800	22 a 66
CPM-36/24	36	32	1200	1200	4950	32 a 96
CPM-49/24	49	43	1380	1380	5100	43 a 129
CPM-64/24	64	56	1560	1560	5250	56 a 168
CPM-81/24	81	72	1740	1740	5400	72 a 216
CPM-90/24	90	79	1920	1920	5600	79 a 237
CPM-100/24	100	88	1920	1920	5600	88 a 264
CPM-120/24	120	106	2280	1920	5900	106 a 318
CPM-144/24	144	127	2280	2280	5900	127 a 381

Nota. Fuente: INFESA S.R.L.

Para cuantificar la pérdida de energía en el colector de mangas y asegurar la selección correcta de un ventilador, se calcula según Buchelli, L., y Reinoso, M. (2014). La resistencia del medio filtrante como la resistencia adicional generada por la acumulación de la torta de filtrado.

$$\Delta P_{colector} = 6.08 * v_f * P_j^{-0.65} + \frac{K2 * v_f^2 * C_i}{\Delta t} \quad [14]$$

- Velocidad de Filtración (v_f) y Relación Aire-Tela

Se establece una velocidad de $12 \frac{ft}{min}$

- Resistencia específica al polvo (K_2).

Se ha adoptado un valor de 8, ya que este valor varía entre 1 a 10 de acuerdo con Buchelli, L., y Reinoso, M. (2014), este coeficiente representa la permeabilidad de la capa de polvo.

- Concentración de Entrada (C_i)

Se justifica una concentración de $0.5 \frac{grano}{pie^3}$ puesto que es el mínimo valor de acuerdo con Buchelli, L., y Reinoso, M. (2014) las concentraciones de material particulado se encuentran dentro del rango de Carga Moderada (0.5 a 2.0 granos/ pie^3)

- Presión del Pulso (P_f)

Se toma el valor de 100 *psi* para la presión del pulso de limpieza no es una elección arbitraria, sino que responde a criterios de disponibilidad tecnológica y mecánica ya que (ACGIH, p 246) indica que la presión de limpieza para sistemas de inyección de aire comprimido suele oscilar entre 80 y 100 *psi*. Los 100 *psi* están en el rango óptimo de efectividad.

- Tiempo de filtrado (Δt)

Se ha establecido un tiempo de filtración de 10 minutos, acuerdo con Buchelli, L., y Reinoso, M. (2014), los tiempos de limpieza se encuentra en un rango de (3 minutos a 30 minutos).

Caída de presión en el colector

Velocidad de pulso de aire (m/s): $v = 12 \frac{ft}{min}$

Presión de pulso (psi): $P = 100 \text{ psi}$

4.8. Análisis de calidad de aire mediante tasa de renovaciones

Para la validación del sistema de ventilación en el área de procesamiento de fibra de lana, se determinó la tasa de Renovaciones por Hora (ACH), parámetro que define la capacidad del sistema para sustituir el volumen total de aire del recinto. El cálculo se realizó a partir de los siguientes datos técnicos:

Volumen del local: 201.79 m^3

Caudal de extracción: $2060.64 \text{ m}^3/\text{min}$

Posteriormente, se aplicó la fórmula para la determinación del número de renovaciones

$$N = \frac{Q}{V} = \frac{2060.64 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}}{201.79 \text{ m}^3} = 10.23 \approx 10 \text{ Renovaciones}$$

Tabla 21
Numero de renovaciones por hora

Renovación del aire en locales habitados	Renovaciones/hora N
Catedrales	0,5
Iglesias modernas (techos bajos)	1 - 2
Escuelas, aulas	2 - 3
Oficinas de Bancos	3 - 4
Cantinas (de fábricas o militares)	4 - 6
Hospitales	5 - 6
Oficinas generales	5 - 6
Bar del hotel	5 - 8
Restaurantes lujosos (espaciosos)	5 - 6
Laboratorios (con campanas localizadas)	6 - 8
Talleres de mecanizado	5 - 10
Fábricas (con cubos presentes)	10 - 12
Fábricas en general	5 - 10
Salas de fiestas	5 - 6
Aparcamientos	6 - 8
Salas de baile clásico	6 - 8
Discotecas	10 - 12
Restaurante medio (un tercio de fumadores)	8 - 10
Gallineros	6 - 10
Clubs privados (con fumadores)	8 - 10
Café	10 - 12
Cocinas domésticas (mejor instalar campana)	10 - 15
Teatros	10 - 12
Lavabos	13 - 15
Sala de juego (con fumadores)	15 - 18
Cines	10 - 15
Cafeterías y Comidas rápidas	15 - 18
Cocinas industriales (indispensable usar campana)	15 - 20
Lavanderías	20 - 30
Fundiciones (sin extracciones localizadas)	20 - 30
Tintorerías	20 - 30
Obradores de panaderías	25 - 35
Naves industriales con hornos y baños (sin campanas)	30 - 60
Talleres de pintura (mejor instalar campana)	40 - 60

Tabla 4.5. Renovación del aire en locales habitados.

Nota. Fuente: soler Palau

Al realizar el análisis comparativo, el resultado obtenido de 10.0 ACH se encuentra en el límite superior del rango recomendado por la literatura técnica citada. Esta selección esta técnicamente justificada dado que la cota máxima del estándar de Soler & Palau asegura una extracción eficiente de las fibras en suspensión, cumpliendo con los criterios de higiene ocupacional y optimizando la calidad del aire en el entorno laboral.

4.9. Modelamiento matemático y balance de masas del sistema

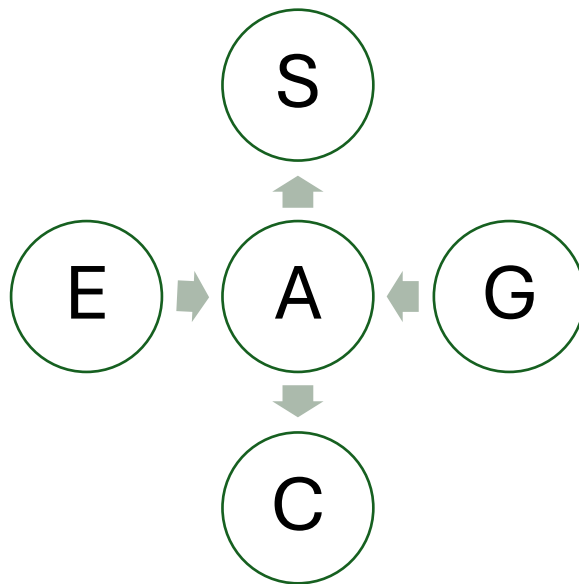
El análisis de la eficacia del sistema de extracción de material particulado se fundamenta en los principios de la mecánica de fluidos y la transferencia de masa. Para predecir el comportamiento de las fibras de lana en el aire del taller, se ha desarrollado un modelo matemático basado en el balance de materia en un volumen de control, permitiendo cuantificar la reducción de la concentración tras la implementación del diseño.

Fundamentación Teórica del Balance de Materia

De acuerdo con la literatura técnica especializada (Gómez Quinte, C. S.), todo sistema físico está gobernado por la Ley de Conservación de la Masa. La ecuación general que rige este proceso se define como:

$$E + G - S - C = A \quad [15]$$

Figura 36
Balance de materia



Nota. Elaboración propia

- E (Entrada): Masa que ingresa al sistema. Se asume que el aire de renovación es aire limpio $E = 0 \frac{mg}{min}$
- G (Generación): Tasa de emisión de partículas de lana producidas por el proceso artesanal.
- S (Salida): Masa retirada por el sistema de extracción, definida por el producto del caudal y la concentración (Q, C) .
- C (Consumo): Masa degradada por reacción química. Al ser un proceso físico de suspensión, el consumo es nulo $C = 0$
- A (Acumulación): Variación de la cantidad de masa dentro del volumen en función del $V \frac{dC}{dt}$

Al simplificar los términos, se obtiene la ecuación diferencial de primer orden que modela la concentración ambiental:

$$V \frac{dC}{dt} = G - Q \cdot C$$

4.9.1. Determinación del Volumen Efectivo de Mezcla (V_{EFF})

Para incrementar la precisión del modelo y evitar una sobreestimación de la dilución, se ha determinado el volumen efectivo del taller. Partiendo de las dimensiones brutas del local 201.79 m^3 , se ha descontado el volumen ocupado por la maquinaria de procesamiento, mobiliario y almacenamiento de materia prima, aplicando un factor de ocupación del 10%.

$$V_{EFF} = 201.79 \text{ m}^3 * (1 - 0.1) = 181.61$$

Este ajuste es fundamental, ya que la dinámica de mezcla y dilución del contaminante ocurre exclusivamente en el espacio de aire libre disponible.

4.9.2. Cálculo de la Tasa de Generación (G)

La tasa de generación se cuantificó utilizando los datos del monitoreo ambiental suministrados bajo la norma NIOSH 0600. El análisis de laboratorio reportó una concentración promedio ponderada de $90.68 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$ obtenida durante un periodo de actividad de 180 min.

Considerando el volumen efectivo calculado, la tasa de generación constante de partículas se define como:

$$G = \frac{C_{promedio} * V_{EFF}}{t} = \frac{90.68 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} * 181.61 \text{ m}^3}{180 \text{ min}} = 91.49 \text{ mg/min}$$

4.9.3. Tasa de Dilución y Constante de Renovación (k)

Se define la Constante de Dilución (k) como la capacidad de renovación del aire por unidad de tiempo. Utilizando el caudal de diseño de $33.34 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$

$$k = \frac{Q}{V_{EFF}} = \frac{33.34 \frac{m^3}{min}}{181.61 m^3} = 0.1835 min^{-1}$$

4.9.4. Resultados y Concentración de Equilibrio

La efectividad del diseño se evalúa determinando la concentración final de partículas cuando el sistema alcanza el Estado Estacionario ($A = 0$). En este punto, la tasa de extracción iguala a la tasa de generación:

$$C_f = \frac{G}{Q} = \frac{91.49 \frac{mg}{min}}{33.34 \frac{m^3}{min}} = 2.74 mg/m^3$$

Los resultados demuestran que la implementación del sistema de extracción reduce la concentración ambiental de fibras de lana de un nivel crítico inicial de $90.68 \frac{mg}{m^3}$ a un nivel operativo de $2.74 \frac{mg}{m^3}$ la cual está por debajo del límite de $3 \frac{mg}{m^3}$

4.9.5. Cálculo del Porcentaje de Reducción

Para hallar la eficiencia de reducción del sistema, aplicamos la siguiente fórmula:

$$Reduccion(\%) = \left(\frac{C_i - C_f}{C_i} \right) * 100$$

Donde:

$$C_i: \text{concentracion inicial} = 90.68 \frac{mg}{m^3}$$

$$C_f: \text{concentracion final} = 2.74 mg/m^3$$

$$Reduccion(\%) = \left(\frac{90.68 - 2.74}{90.68} \right) = 96.98 \%$$

4.9.6. Modelamiento matemático

Tenemos la ecuación de balance de masa.

$$E + G - S - C = A$$

Planteamiento de la ecuación diferencial.

$$G - Q * c = V \frac{dc}{dt}$$

Reordenado para resolver por variables separadas.

$$\frac{dc}{G - Qc} = \frac{dt}{V}$$

Al integrar ambos lados y aplicar las condiciones iniciales donde $t = 0$ y la concentracion inicial

$$c_0 = 90.68 \frac{mg}{m^3}$$

$$\int_{c_0}^c \frac{dc}{G - Qc} = \int_0^t \frac{dt}{V}$$

Solución del lado derecho

$$\int_0^t \frac{dt}{V} = \int_0^t \frac{1}{V} dt = \frac{t}{V}$$

Solución del lado izquierdo

Donde $G - Qc = u$ lo que conlleva que $du = -Qdc$ entonces $\frac{du}{-Q} = dc$

$$\int_{c_0}^c \frac{dc}{G - Qc} = \frac{1}{-Q} \int \frac{du}{u} = -\frac{1}{Q} \ln (G - Qc)$$

Evalutando desde c_0 hasta c

$$-\frac{1}{Q} (\ln(G - Qc) - \ln(G - Qc_0)) = -\frac{1}{Q} \ln \left(\frac{(G - Qc)}{(G - Qc_0)} \right)$$

Tenemos

$$-\frac{1}{Q} \ln \left(\frac{(G - Qc)}{(G - Qc_0)} \right) = \frac{t}{V}$$

Multiplicamos por $(-Q)$

$$\ln \left(\frac{(G - Qc)}{(G - Qc_0)} \right) = \left(\frac{-Q}{V} \right) t$$

Aplicamos la función exponencial

$$\frac{(G - Qc)}{(G - Qc_0)} = e^{-\left(\frac{Q}{V}\right)t}$$

Despejamos Qc

$$Qc = G - (G - Qc_0) e^{-\left(\frac{Q}{V}\right)t}$$

Finalmente, todo se divide entre Q

$$c(t) = \frac{G}{Q} + \left(c_0 - \frac{G}{Q}\right) e^{-\left(\frac{Q}{V}\right)t}$$

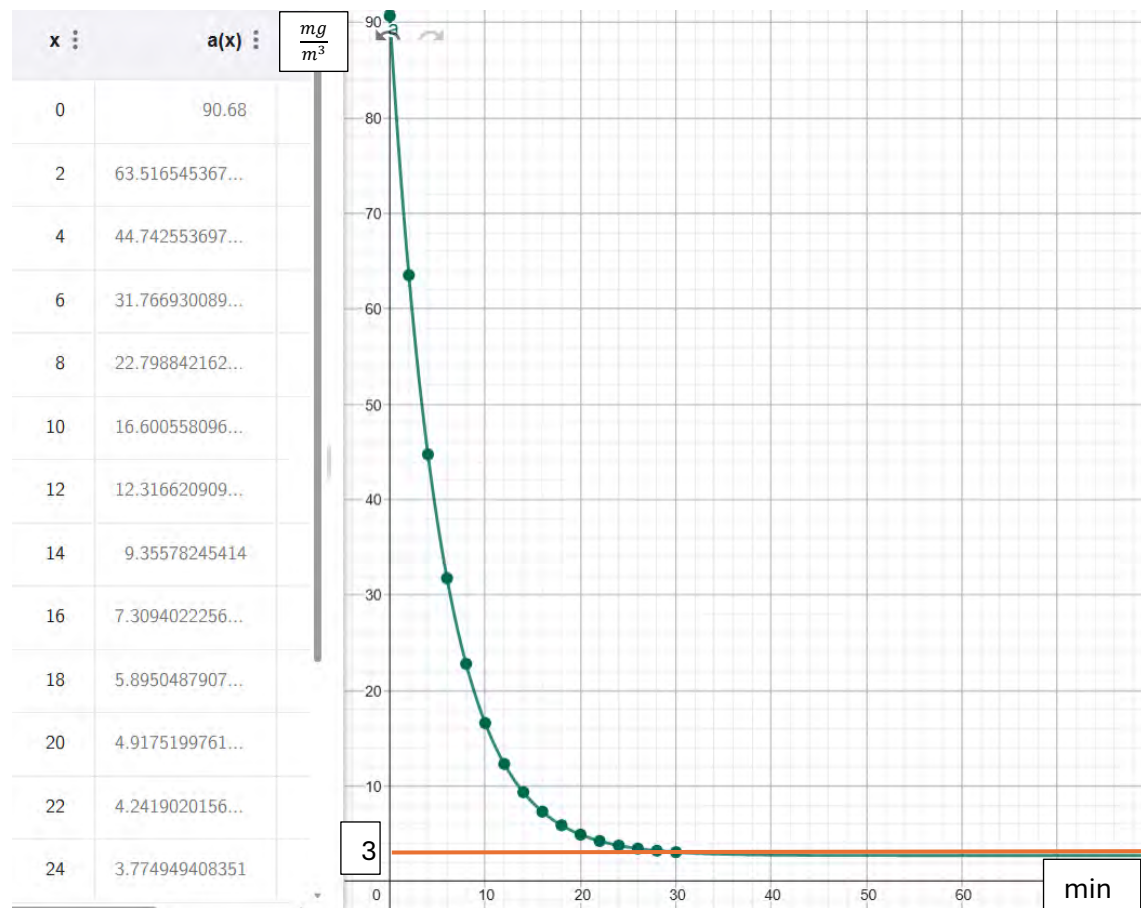
Remplazando los datos

$$c(t) = 2.74 + 87.94e^{-0.1835t}$$

Curva de decaimiento de la concentración de partículas

Tabla 22

Curva de la concentración de las partículas en función al tiempo



Nota. Elaboración propia

4.9.7. Análisis de ruido que genera los ductos

El sonido generado por un ventilador depende de la potencia del motor, la capacidad de volumen, el aumento de presión estática y el volumen descargado, factores técnicos que en conjunto determinan la magnitud de la contaminación acústica y el nivel de eficiencia operativa de todo el sistema.

$$L_w(f) = K(f) + [50 \cdot \log_{10}(V) + 10 \cdot \log_{10}(A)]$$

Donde:

V : velocidad $\left(\frac{m}{s}\right)$

A : area (m^2)

Entonces para los tramos de 4" (velocidad de $17.95 \frac{m}{s}$)

$$50 * \log_{10}(17.95) + 10 \log_{10}(0.008107) = 41.81 \text{ dB}$$

Para los tramos de 6" (velocidad de $15.84 \frac{m}{s}$)

$$50 * \log_{10}(15.84) + 10 \log_{10}(0.01824) = 42.77 \text{ dB}$$

Para los tramos de 8" (velocidad de $17.95 \frac{m}{s}$)

$$50 * \log_{10}(17.95) + 10 \log_{10}(0.03242) = 47.83 \text{ dB}$$

Resultados de Potencia Acústica Corregidos (Sumando K)

Asumiendo el valor base estándar de ASHRAE para flujo en ducto recto liso 10 dB los niveles de potencia acústica total por flujo aerodinámico quedan así:

- Tramos 1-A a 4-A (4"): $10 + 41.81 = 51.81 \text{ dB}$
- Tramo A-B (6"): $10 + 42.77 = 52.77 \text{ dB}$
- Tramos B-D (8"): $10 + 47.77 = 57.77 \text{ dB}$

Contribución total de los 4 tramos de 4"

Cada tramo de 4" (basado en tus datos exactos de velocidad y área). Al ser 4 tramos idénticos.

$$L_{4" \text{ total}} = 51.81 + 10 \cdot \log_{10}(4) = 57.83 \text{ dB}$$

Entonces realizamos la suma:

$$L_{\text{total}} = 10 \cdot \log_{10} \left(10^{\frac{57.83}{10}} + 10^{\frac{42.77}{10}} + 10^{\frac{47.83}{10}} \right) = 58.37 \text{ dB}$$

En consecuencia, el ruido que se genera se encuentra por debajo de lo permitido de 85 Db.

4.10. Presupuesto referencial de implementación

Tabla 23

Presupuesto referencial de implementación

CANTIDAD	UND	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	P. TOTAL
4	Und	Campana de extracción calibre 24	S/ 300.00	S/ 1,200.00
4	Und	Codo de 4 in calibre 26	S/ 75.00	S/ 300.00
1	Und	tee reducción de 6 in a 4 in calibre 26	S/ 110.00	S/ 110.00
1	Und	Y reducción de 8 in a 6 in con salidas de 4 in calibre 26	S/ 165.00	S/ 165.00
2	Und	Codo de 45 grados calibre 26	S/ 95.00	S/ 190.00
6	Und	Codo de 8 in calibre 26	S/ 120.00	S/ 720.00
8	Und	Tubería de 4 in calibre 26	S/ 80.00	S/ 640.00
1	Und	Ducto de 6 in calibre 26	S/ 95.00	S/ 108.49
8	Und	ducto de 8 in calibre 26	S/ 135.00	S/ 1,080.00
1	Glb	Accesorios (soporte, pernos, sellador, abrazaderes)	S/ 400.00	S/ 400.00
1	Und	Colector de polvo cpm-16/24 4x4	S/ 45,000.00	S/ 45,000.00
1	Und	Ventilador MTGR 400 2,2kw 2600rpm	S/ 4,500.00	S/ 4,500.00
1	Glb	Costo de instalación y puesta en marcha	S/ 3,000.00	S/ 3,000.00
TOTAL				S/ 57,400.00

Nota. Elaboración propia

CONCLUSIONES

- La concentración de partículas respirables de mayor valor se encuentra en el puesto evaluado 01 ya que se encuentra laborando de manera más expuesta al punto de producción de material particulado, siendo así se halló un valor de 90.68 mg/m^3 , donde dicho valor es superior al límite de exposición permitido de 3 mg/m^3 establecido en la Resolución Ministerial N° 733-2024/MINSA. Así mismo los resultados indican que el ambiente tiene una mala calidad de aire, puesto que se encuentran expuestos a niveles peligrosos de partículas respirables, justificando técnicamente la necesidad de un sistema de extracción en la empresa ARTESA S.A.C.
- Se concluye, mediante la revisión del marco teórico y los estándares de la ACGIH y SMACNA donde se exige parámetros de transporte específicos para evitar la sedimentación en los conductos de acero galvanizado y su posterior dimensionamiento. Así mismo la integración de los principios de la mecánica de fluidos permitió determinar el caudal y las pérdidas primarias y secundarias, por otro lado, el sustento teórico facilitó la definición de variables, como la velocidad de control para la captura mediante una campana elevada y su velocidad de transporte por los conductos y la caída de presión a vencer para determinar el ventilador centrífugo, asegurando que el sistema diseñado opere dentro de los rangos permitidos.
- Se concluye que el sistema de extracción diseñado posee una capacidad teórica de extracción del 96.98 % para la captura de material particulado de fibra de lana en la empresa ARTESA S.A.C. y una concentración teórica final de $2.74 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$ lo cual se encuentra por debajo de 3 mg/m^3 establecido en la resolución Ministerial N° 733-2024/MINSA, logrando una mejor calidad de aire. Así mismo la captura de las partículas se realizó mediante una campana elevada y transportadas por ductos de acero galvanizado calibre 26, siendo filtrado en colector CPM-16/24 con una configuración

de 4 x 4 de la empresa INFESA S.R.L. Así mismo, la implementación del ventilador centrífugo MTGR 450 de 2.2 kW a 2450 rpm lo cual nos ayuda a vencer la resistencia del sistema de 154.9 mmH_2O y garantizar el transporte de un caudal de $34.34 \frac{m^3}{min}$, considerando las condiciones de altitud y temperatura de la ciudad de Cusco.

RECOMENDACIÓN

- Se recomienda desarrollar el diseño y la fabricación propia de un colector de filtro de mangas. Esto permitiría reducir los costos de adquisición del equipo de catálogo, permitiendo un control más preciso sobre la caída de presión en el sistema.
- Se sugiere implementar un sistema de automatización que vincule el funcionamiento del ventilador con el encendido de las máquinas de procesamiento. De este modo, el sistema de extracción se activará de forma automática al detectar el trabajo.
- Se recomienda establecer un programa de mantenimiento preventivo de carácter genérico que incluya la limpieza periódica de las paredes internas de los ductos, la inspección del estado del colector y la revisión del ventilador centrífugo. Este plan debe asegurar que no existan fugas o acumulación de residuos que afecten la capacidad de succión y la vida útil de los componentes principales.
- Se recomienda realizar un análisis de rentabilidad simple utilizando los indicadores VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno). Este estudio permitirá confirmar la viabilidad económica basándose en la mejora de productividad del personal justificando la inversión realizada en el sistema de extracción.
- Se recomienda que, durante la etapa de construcción, se instalen puertos de medición en puntos estratégicos de la ductería para realizar una validación experimental post-montaje. El cual comparará los valores analíticos calculados en este diseño (caudal y presión) frente a los datos reales obtenidos en campo mediante instrumentación neumática, asegurando así que la velocidad de transporte se mantenga en los rangos recomendado.

BIBLIOGRAFIA

- ACGIH. (2019). Industrial ventilation: A manual of recommended practice for design (30.^a ed.). American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- Carhuapoma Hurtado, K. J. (2015). *Propuesta de implementación de un sistema de mitigación de polvo en el proceso de chancado de mineral de la planta chancadora de Shougang Hierro Perú S.A.A.* [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio Institucional UCSM.
- Características de la fibra de alpaca - ASCALPE. (2019, 1 de octubre). ASCALPE.
- Carpio, L. B., & Reinoso Sánchez, M. (2014). Disminución de contaminantes aéreos en una planta de balanceados mediante la propuesta de un sistema de extracción de polvo [Tesis de pregrado]. Universidad de Guayaquil.
- Castejón Vilella, E. (2012). Higiene industrial. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT); Ministerio de Trabajo e Inmigración, España.
- Cengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2018). Fluid mechanics: Fundamentals and applications (4.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Constitución Política del Perú. (1993). Promulgada por el Jurado Nacional de Elecciones el 29 de diciembre de 1993. Diario Oficial El Peruano.
- Control de emisión de contaminantes provenientes de fuentes industriales. (s. f.). CAP8C.PDF Leccion 8. (p. 22).
- Cornejo, J., & Milla, C. (2022). Evaluación de la eficiencia de un sistema de extracción de polvo en el área de molienda de caucho en una fábrica de suelas [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP.
- DEPROIN S.A. (2021, 10 de julio). Diseño de filtro de mangas en Guayaquil.

- Godoy, P., & Mencías, O. (2015). Diseño y construcción de un sistema para extracción de gases residuales de una mesa de corte por plasma [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Lai, P. S., & Christiani, D. C. (2013). Long-term respiratory health effects in textile workers. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 19(2), 152–157.
- Ley N° 26783 Seguridad y Salud en el Trabajo. Promulgada el 2011. Diario Oficial El Peruano, 20 de agosto de 2011.
- Martínez, J., & Gómez, R. (2019). Análisis de las condiciones de exposición al material particulado en talleres textiles artesanales del sur del Perú. Universidad Nacional del Altiplano.
- Medeni, I., Koç, E. G., Medeni, V., & İlhan, M. N. (2015). Occupational risk perception and associated factors among textile workers: A cross-sectional study from Türkiye. *Journal of PMC*
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2019). El Perú es la primera potencia mundial en producción de fibra de alpaca. Gobierno del Perú.
- Ministerio de Salud. (2005). Decreto Supremo N° 015-2005-SA. Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. Diario Oficial El Peruano.
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire.
- Quinde Cadena, B. A., & Fierro Peralta, R. A. (2019). Diseño de un sistema de extracción de material particulado en el área de producción [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)].

- Quiroga, W. A. (2005, 19 de octubre). Función pulmonar y síntomas respiratorios en trabajadores de la industria textil. Dialnet.
- Quispe Huamán, J. L., & Mamani Soto, M. C. (2018). Diseño de un sistema de extracción de partículas para un taller metalmecánico [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio UNSA.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. P. (2014). Metodología de la investigación (5.^a ed.). McGraw-Hill.
- Soler & Palau Sistemas de Ventilación S.L.U. (2021). Ventilación industrial y extracción de polvo. En Manual Técnico de Ventilación (5.^a ed., Cap. 4).
- Soler & Palau. (s. f.). Hojas técnicas depuración aire Filtros II – S&P. Recuperado el 18 de marzo de 2026.
- Tasneem, S., Hossain, K., Hoque, A., Karim, M. R., & Islam, S. (2020). Recurrent indoor environmental pollution and its impact on health and oxidative stress of the textile workers in Bangladesh. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 25(1).
- Wikipedia contributors. (s. f.). Separador ciclónico. Wikipedia, The Free Encyclopedia. Recuperado el 18 de marzo de 2026

ANEXOS



Iniciar sesión

Q series/modelo

Selección avanzada

Datos caudal/presión

Caudal

2060.64

m³/h

Tol. Q

-3 % (1998.82 m³/h)+15 % (2369.74 m³/h)

Presión

119.5

mmH₂O

Tol. P

-3 % (115.92 mmH₂O)+15 % (137.43 mmH₂O)

Coeficiente seguridad ⓘ



Datos ambientales

Valor de densidad

Calculada

Temperatura del aire para cálculo de densidad

20

°C

Altitud

3399

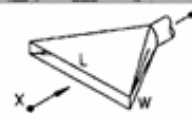
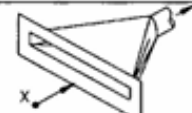
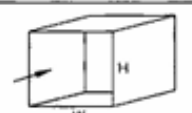
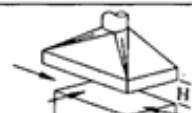
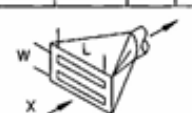
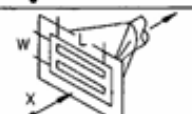
m

Densidad del aire: 1.2 Kg/m³

Temperatura máxima del aire transportado

20

°C

TIPO DE CAMPANA	DESCRIPCIÓN	FACTOR DE FORMA W/L	CAUDAL
	RENDIJA	0,2 ó MENOS	$Q = 3,7 LVX$
	RENDIJA CON PESTAÑA	0,2 ó MENOS	$Q = 2,6 LVX$
	CAMPANA SIMPLE	0,20 ó SUPERIOR Y CIRCULAR	$Q = V(10X^2 + A)$
	CAMPANA SIMPLE CON PESTAÑA	0,2 ó SUPERIOR Y CIRCULAR	$Q = 0,75V(10X^2 + A)$
	CABINA	ADAPTADA A LA OPERACIÓN	$Q = VA = VWH$
	CAMPANA ELEVADA	ADAPTADA A LA OPERACIÓN	$Q = 1,4 PVH$ VER VS-903 P = PERÍMETRO H = ALTURA SOBRE LA OPERACIÓN
	RENDIJA MÚLTIPLE. 2 ó MÁS RENDIJAS	0,2 ó SUPERIOR	$Q = V(10X^2 + A)$
	RENDIJA MÚLTIPLE CON PESTAÑA. 2 ó MÁS RENDIJAS	0,2 ó SUPERIOR	$Q = 0,75V(10X^2 + A)$

AMERICAN CONFERENCE
OF GOVERNMENTAL
INDUSTRIAL HYGIENISTS

TIPOS DE CAMPANAS

FECHA 1-88

FIGURA 3-11

3-18 Ventilación industrial

TABLA 3.2 Valores recomendados para la velocidad de diseño de conductos

Naturaleza del contaminante	Ejemplos	Velocidad de diseño (m/s)
Vapores, gases, humos de combustión	Todos los vapores, gases y humos	Indiferente (la velocidad óptima económicamente suele encontrarse entre 5 y 10 m/s)
Humos de soldadura	Soldadura	10-12,5
Polvo muy fino y ligero	Hilos de algodón, harina de madera, polvo de talco	12,5-15
Polvos secos	Polvo fino de caucho, baquelita en polvo para moldeo, hilos de yute, polvo de algodón, virutas (ligeras), polvo de detergente, raspaduras de cuero	15-20
Polvo ordinario	Polvo de desbarbado, hilos de muela de pulir (secos), polvo de lana de yute (residuos de sacudidor), polvo de granos de café, polvo de cuero, polvo de granito, harina de sílice, manejo de materiales pulverulentos en general, corte de ladrillos, polvo de arcilla, fundiciones (en general), polvo de caliza, polvo en el embalado y pesado de amianto en industrias textiles	17,5-20
Polvos pesados	Polvo de aserrado (pesado y húmedo), viruta metálica, polvo de desmoldeo en fundiciones, polvo en el chorroado con arena, pedazos de madera, polvo de barrer, virutas de latón, polvo en el taladrado de fundición, polvo de plomo	20-22,5
Polvo pesado húmedo	Polvo de plomo con pequeños pedazos, polvo de cemento húmedo, polvo del corte de tubos de amianto-cemento, hilos de muela de pulir (pegajosos)	> 22,5

3.6 VELOCIDAD MÍNIMA EN EL CONDUCTO

La presión dinámica en el conducto, PD_c , empleada para determinar la pérdida de carga en la campana en los ejemplos anteriores, se determina a partir de la velocidad del aire en la zona del conducto inmediatamente posterior a la conexión de éste con la campana. Esta velocidad viene fijada por el tipo de material que se transporta en el conducto.

Para sistemas que manejan partículas es necesario establecer una velocidad mínima de diseño a fin de impedir su deposición y el taponamiento del conducto. Por otra parte, velocidades demasiado elevadas implican un derroche de energía y pueden causar rápidamente la abrasión de los conductos. (3.6-3.13) Las velocidades de diseño mínimas recomendadas son superiores a los valores teóricos y experimentales a fin de tener en cuenta contingencias tales como las siguientes:

1. Si una o más ramas se obstruyen o son puestas fuera de servicio se reducirá el caudal total en el sistema y por tanto disminuirá la velocidad en, al menos, algunas de las partes del mismo.
2. El deterioro de los conductos, por ejemplo por abolladuras, aumentará la resistencia y disminuirá el caudal y la velocidad en la parte dañada del sistema.
3. Las fugas en los conductos aumentarán el caudal y la velocidad aguas abajo de la fuga, pero disminuirá el caudal aguas arriba y en otras partes del sistema.
4. La corrosión o la erosión de las palas del ventilador o el deslizamiento de la correa de tracción del mismo reducirá el caudal y las velocidades.
5. Las velocidades deben ser adecuadas para atrapar o arrastrar de nuevo el polvo que haya podido depositar-

se a causa de una utilización inadecuada del sistema de extracción.

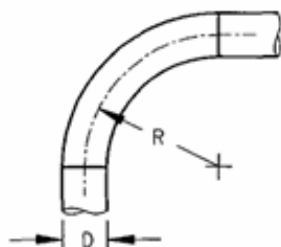
Los proyectistas deben tener en cuenta que en ciertas condiciones, tales como en productos pegajosos, situaciones en las que puede producirse condensación en presencia de polvo, fuertes efectos electrostáticos, etc., la velocidad, por sí sola, puede no ser suficiente para impedir el taponamiento, por lo que puede ser necesario adoptar medidas especiales.

En la Tabla 3-2 se indican algunos valores típicos para la velocidad en conductos. El empleo de la velocidad mínima en conductos se trata con detalle en el Capítulo 5.

3.7 CAMPANAS CON REQUERIMIENTOS ESPECIALES

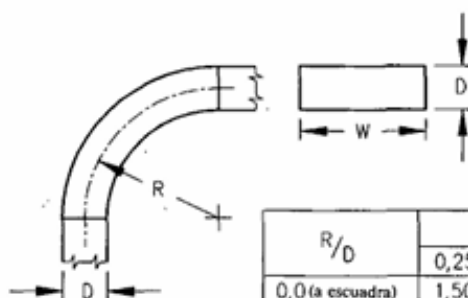
3.7.1 Ventilación de procesos radiactivos o de alta toxicidad: La ventilación de los procesos radiactivos o de alta toxicidad exige el conocimiento de los riesgos, el empleo de métodos de control extraordinariamente efectivos y un mantenimiento adecuado que incluye un control permanente. Cuando se trate de procesos radiactivos debe tenerse en cuenta lo dispuesto en las normas y reglamentos específicos establecidos por los organismos competentes al respecto.

Las campanas deben ser del tipo cabina y adoptar el máximo grado posible de encerramiento. Cuando no es posible un encerramiento completo o casi completo, deben emplearse velocidades de control superiores en un 50 a un 100 % a las recomendadas en este manual. Si el encerramiento no es completo y un trabajador debe estar situado próximo a una abertura tal como la parte frontal de una cabina de laboratorio, la velocidad máxima de control no



R/D	Pérdida de carga Fracción de PD
2,75	0,26
2,50	0,22
2,25	0,26
2,00	0,27
1,75	0,32
1,50	0,39
1,25	0,55

CODOS DE SECCIÓN CIRCULAR



R/D	Relación de tamaños W/D					
	0,25	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0
0,0 (a escuadra)	1,50	1,32	1,15	1,04	0,92	0,86
0,5	1,36	1,21	1,05	0,95	0,84	0,79
1,0	0,45	0,28	0,21	0,21	0,20	0,19
1,5	0,28	0,18	0,13	0,13	0,12	0,12
2,0	0,24	0,15	0,11	0,11	0,10	0,10
3,0	0,24	0,15	0,11	0,11	0,10	0,10

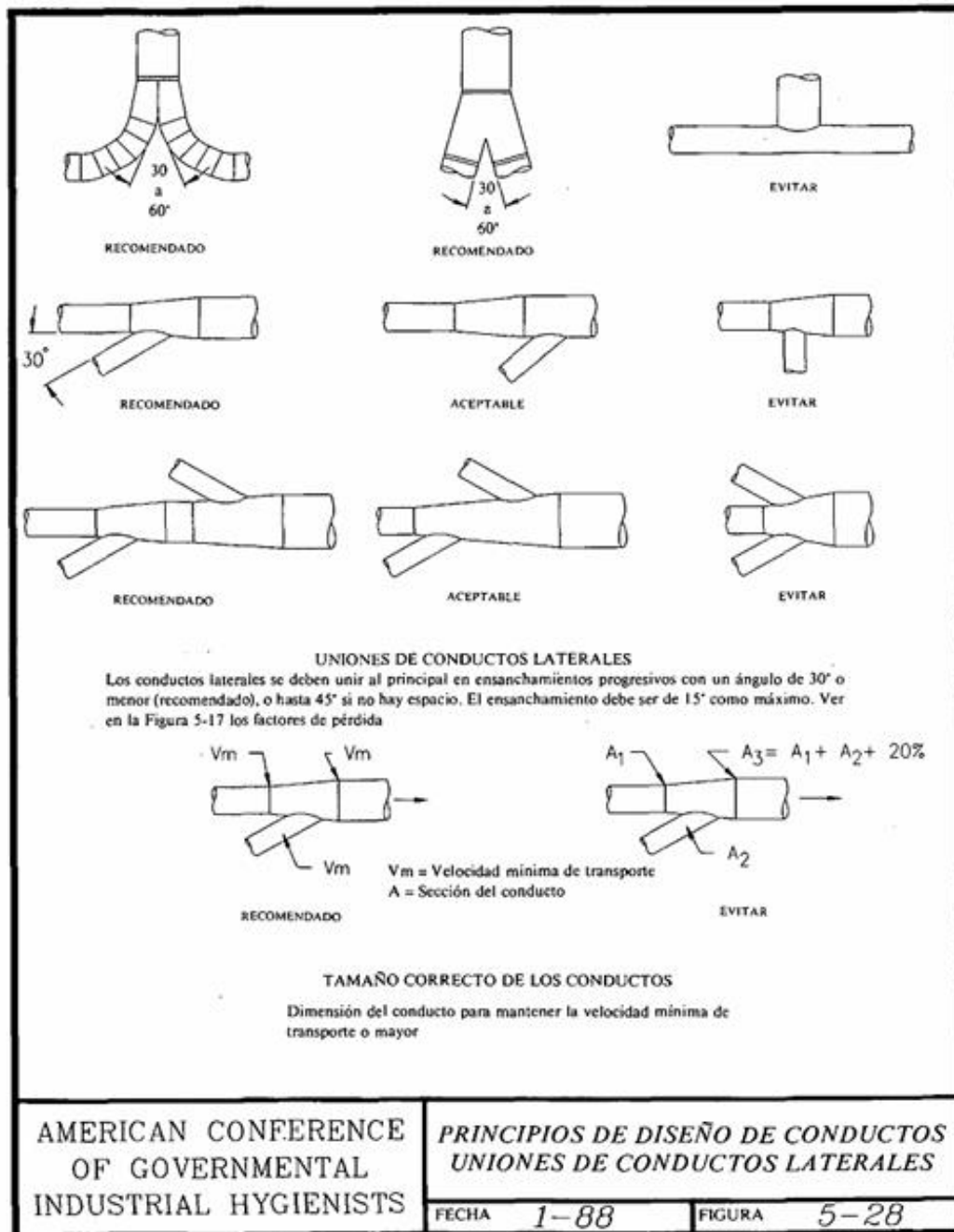
CODOS DE SECCIÓN CUADRADA Y RECTANGULAR

PÉRDIDAS DE CARGA EN CODOS

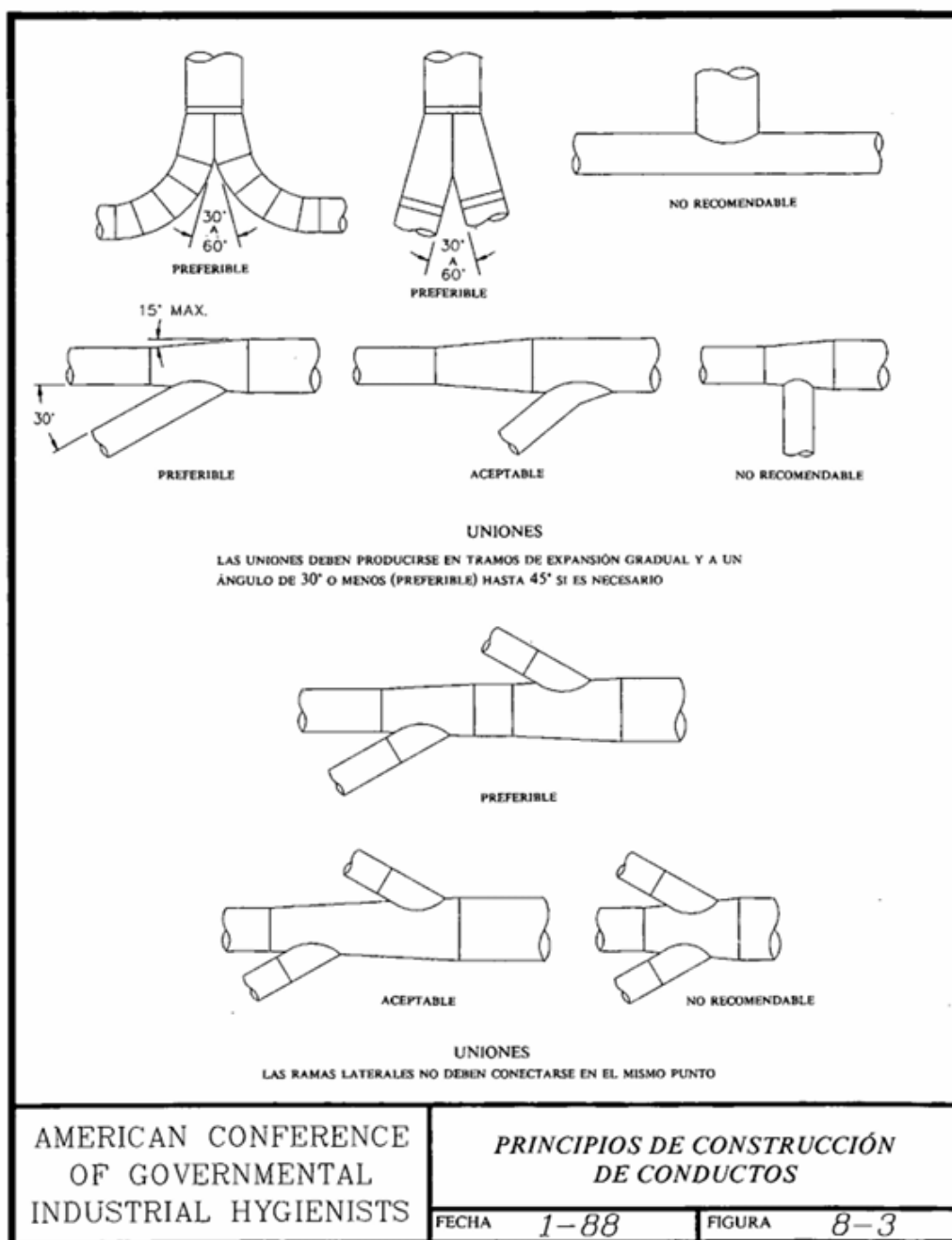
AMERICAN CONFERENCE
OF GOVERNMENTAL
INDUSTRIAL HYGIENISTS

DATOS PARA DISEÑO
DE CONDUCTOS

FECHA 1-88 FIGURA 5-16



8-8 Ventilación industrial



Neg. Pressure 10 in. wg	Stiffener Spacing											
	Unstiff.		20 ft		12 ft		10 ft		6 ft		5 ft	
Max Diameter, in.	GA	R	GA	R	GA	R	GA	R	GA	R	GA	R
4	28	NR	Use Unstiffened Solution									
6	28	NR										
8	26	NR	26	A	28	A	28	A	28	A	28	A
10	26	NR	26	A	28	A	28	A	28	A	28	A
12	24	NR	24	A	26	A	28	A	28	A	28	A
14	22	NR	24	A	26	A	26	A	28	A	28	A
16	22	NR	24	A	24	A	26	A	28	A	28	A
18	20	NR	22	A	24	A	24	A	26	A	28	A
20	18	NR	22	A	24	A	24	A	26	A	26	A
22	18	NR	22	A	24	A	24	A	26	A	26	A
24	18	NR	20	A	22	A	24	A	24	A	26	A
30	16	NR	20	B	22	A	22	A	24	A	24	A
36			18	C	20	B	22	B	22	A	24	A
42			18	C	20	B	20	B	22	B	22	B
48			18	E	18	C	20	C	22	B	22	B
54			18	E	18	D	18	C	20	C	22	B
60			16	F	18	E	18	E	20	C	20	C
66			16	G	18	E	18	E	20	D	20	C
72			16	G	18	F	18	E	20	E	20	D
78			16	G	16	G	18	F	18	E	20	E
84					16	G	16	G	18	E	18	E
90					16	G	16	G	18	F	18	E
96					16	G	16	G	18	G	18	F

Table 3-13 Min. Required Gage for Spiral Seam Duct Under Neg. Pressure

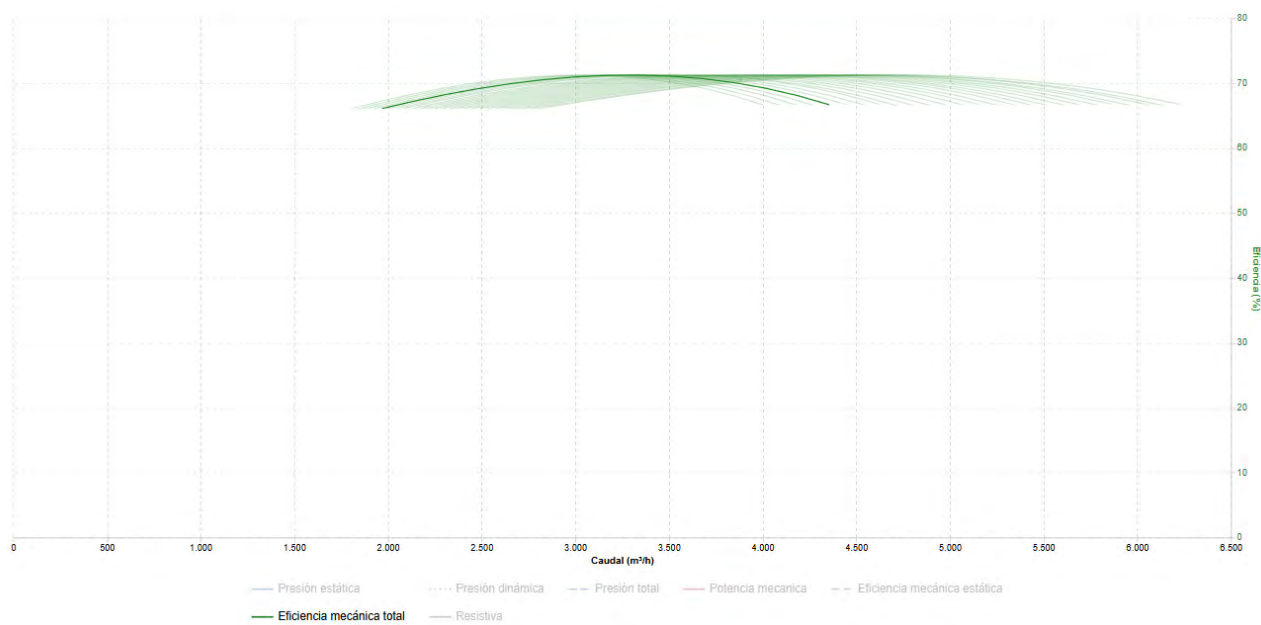
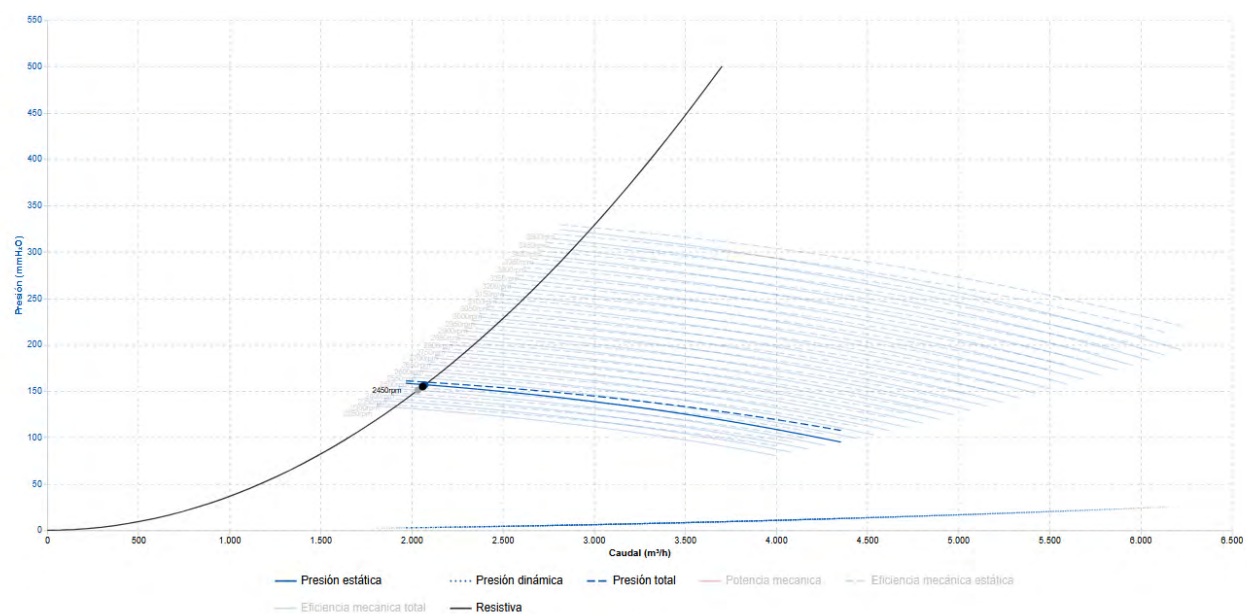
NOTES:

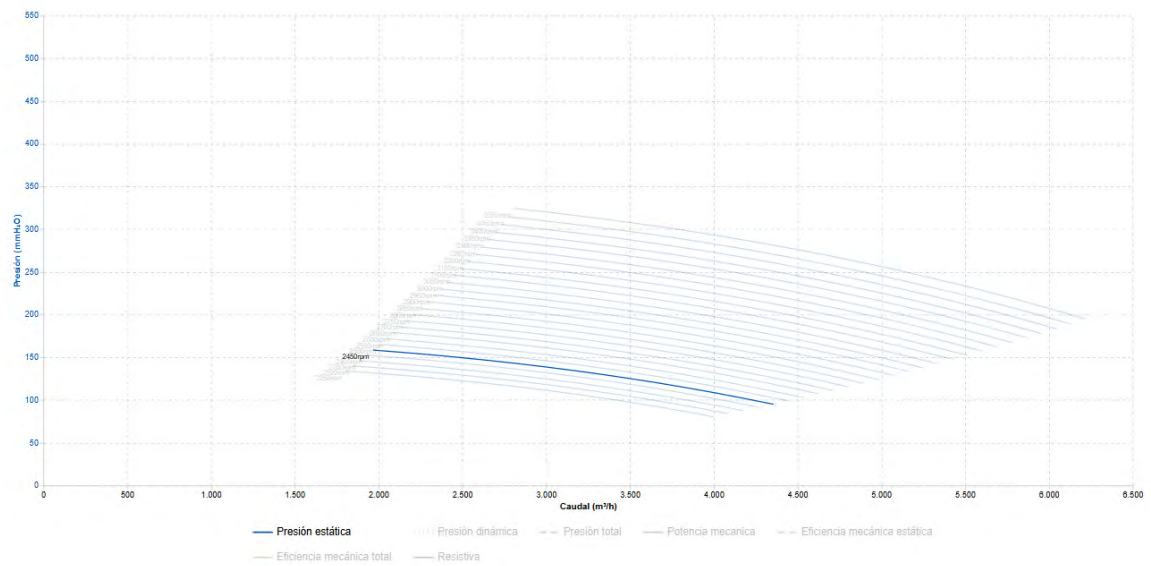
- N/A – Not Applicable
- NR – Not Required
- R – Reinforcement (stiffener) Class
- For solutions in the shaded region consult SMACNA's Round Industrial Standard

½ in. wg Static Pos. or Neg.	No Reinforcement Required	Reinforcement Code for Duct Gage Number							
		Reinforcement Spacing Options							
		10 ft	8 ft	6 ft	5 ft	4 ft	3 ft	2½ ft	2 ft
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
10 in. and under	26 ga.	Not Required							
11 – 12 in.	26 ga.								
13 – 14 in.	26 ga.								
15 – 16 in.	26 ga.								
17 – 18 in.	26 ga.								
19 – 20 in.	24 ga.	B-26	B-26	B-26	B-26	B-26	B-26	A-26	A-26
21 – 22 in.	22 ga.	B-26	B-26	B-26	B-26	B-26	B-26	B-26	A-26
23 – 24 in.	22 ga.	C-26	C-26	C-26	B-26	B-26	B-26	B-26	B-26
25 – 26 in.	20 ga.	C-26	C-26	C-26	C-26	B-26	B-26	B-26	B-26
27 – 28 in.	18 ga.	C-24	C-26	C-26	C-26	C-26	B-26	B-26	B-26
29 – 30 in.	18 ga.	C-24	C-26	C-26	C-26	C-26	B-26	B-26	B-26
31 – 36 in.	18 ga.	D-22	D-24	C-26	C-26	C-26	C-26	C-26	B-26
37 – 42 in.	16 ga.	E-20	E-24	D-24	D-26	C-26	C-26	C-26	C-26
43 – 48 in.	16 ga.	E-20	E-22	E-24	E-26	D-26	D-26	C-26	C-26
49 – 54 in.	Not Designed	F-18	F-20	E-22	E-26	E-26	E-26	D-26	C-26
55 – 60 in.		G-18	F-20	F-22	E-24	E-24	E-26	E-26	D-26
61 – 72 in.		H-16	H-18	F-20	F-22	F-24	E-24	E-24	E-24
73 – 84 in.		I-16G	H-18G	H-22G	G-24	F-24	F-24	F-24	F-24
85 – 96 in.		I-16G	I-18G	H-20G	H-22G	G-22	F-22	F-22	F-22
97 – 108 in.			I-16G	I-18G	I-18G	H-18G	H-18G	G-18	G-18
109 – 120 in.					I-16G	I-16G	I-18G	H-18G	H-18G

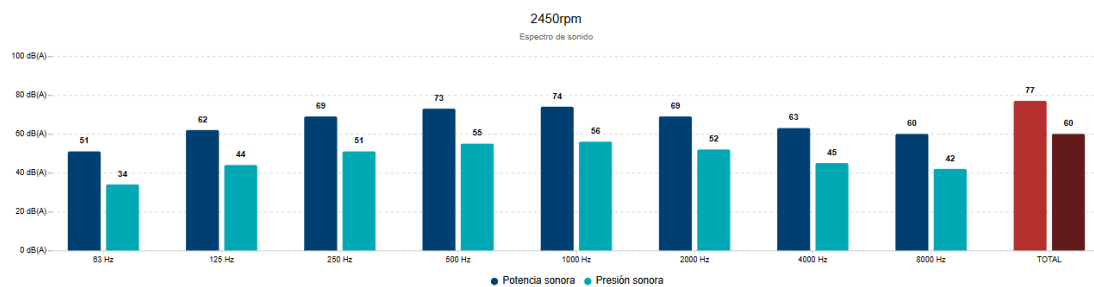
Table 2-1 Rectangular Duct Reinforcement

Curvas del ventilador





Espectro del sonido del ventilador



DATOS DE REFERENCIA ASHRAE PARA CÁLCULO ACÚSTICO EN DUCTOS RECTOS DE LÁMINA LISA (SISTEMA SI)

$$\text{Fórmula: } L_w(f) = K(f) + [50 \cdot \log(V) + 10 \cdot \log(A)]$$



Frecuencia Central de Banda (Hz)	Factor de Espectro Característico K(f) (dB)
63	10
125	5
250	0
500	-5
1000	-10
2000	-15
4000	-20



Modelo
MTGR 450 2,2kW 2450rpm (std)

Código
504704554M145

VENTILADOR A TRANSMISIÓN CON TURBINA A REACCIÓN

CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

- Ventilador fabricado en chapa Fe360. La pintura de los ventiladores está formulada a base de poliéster en polvo Qualicoat polimerizada a 200°C con un grosor medio de 70 micras. La resistencia térmica media de la pintura es de 180°C con picos de 200°C.
- Carcasa totalmente soldada o engatillada.
- Ventilador centrífugo con sistema autolimpiante y rodete de álabes hacia atrás (a reacción) de simple aspiración y alto rendimiento, fabricada en Fe360 equilibrada estática y dinámicamente. Las turbinas se pintan con imprimación de poliéster con una resistencia térmica de 300°C.
- Ventilador con motor montado sobre bancada (sistema 12). Equipo completo que incluye: motor, correas, poleas, protector de transmisión y eje. Motores IE4 para potencias de 75kW o mas.
- Permite variar la orientación en destino, en los modelos del 400 al 630. En los tamaños que van del 710 al 2000, la orientación es fija.
- Posiciones disponibles (a indicar en caso de pedido): LG270, LG0, LG45, LG90, LG135, LG180, LG225, LG315, RD0, RD45, RD90, RD135, RD180, RD225, RD270, RD315.
- Los códigos indicados corresponden al modelo en posición LG270

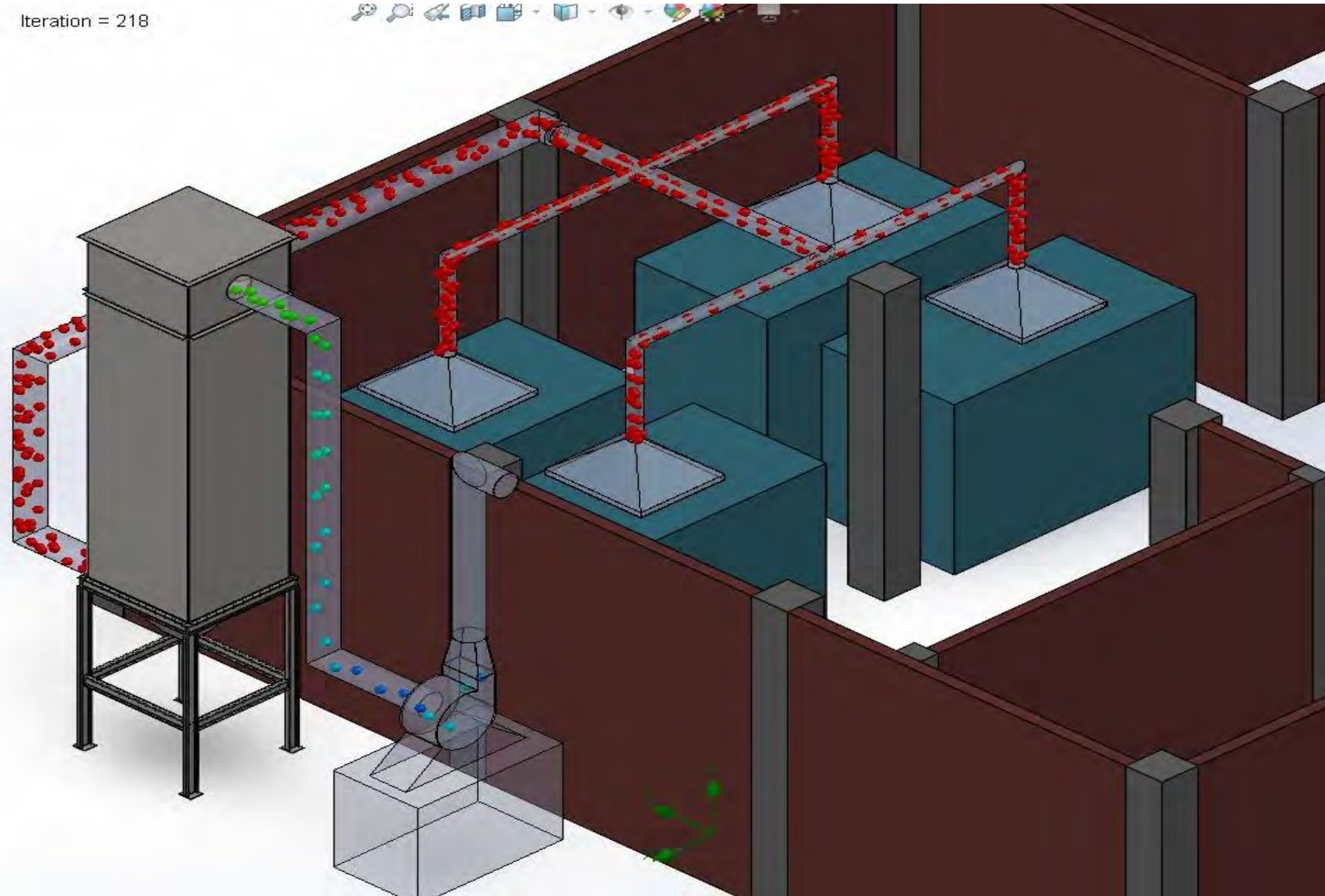
APLICACIONES

- Diseñados para instalación en conducto, son indicados para:
- Procesos industriales, extracción o inyección localizada.
 - Refrigeración de máquinas, enfriamiento de piezas.
 - Transporte de aire limpio o ligeramente polvoriento.
 - Transporte de aire polvoriento o con ligera carga de materiales granulados si pasar por el interior del ventilador
 - Aspiración después de filtros, separadores y ciclones.
 - Transporte neumático.
 - Temperatura máxima de trabajo en continuo: aire transportado: 200°C, ambiente: 60°C.

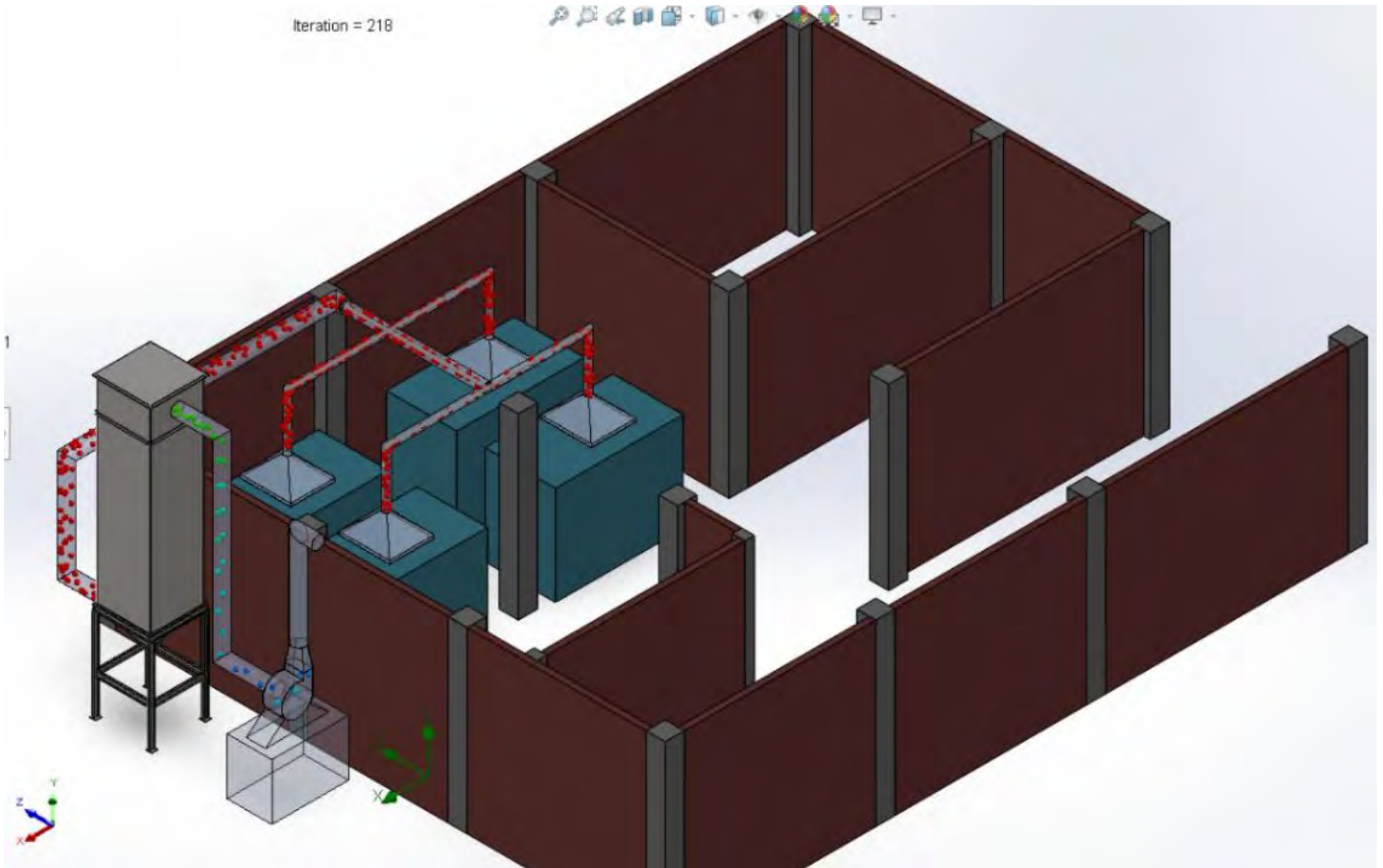
BAJO DEMANDA

- Ventiladores para 50Hz voltajes especiales.
- Motor 2 velocidades.
- Ventilador a eje libre (sistema 1) o con motor en mochila (sistema 9).
- Acabado pintura C4
- Galvanizado en caliente
- Aceros especiales (Corten, Hardox...)
- Inox 304 (acabado normal o electropulido)

Iteration = 218



Iteration = 218



INFORME:

MONITOREO DE HIGIENE OCUPACIONAL DE AGENTES QUÍMICOS

“ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE”

DICIEMBRE- 2025

Nombre y Firma de Ingeniero Ambiental

Nombre

Firma

Erwin Edgardo Paz Gonzales
Ingeniero Ambiental
C.I.P. 148220



ING. CIP ERWIN EDGARDO PAZ GONZALES
Registro 148220 - AMBIENTAL

PREPARADO POR:

PAZ LABORATORIOS S.R.L.



CLIENTE: ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE

**LUGAR DE LA EVALUACIÓN:
ANDEN ANDEN CALLE -SECTOR ANDEN ANDEN - SAN
JERÓNIMO - CUSCO**

**PROYECTO:
“DISEÑO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL
PARTICULADO DE FIBRA DE LANA EN LA EMPRESA ARTESA
S.A.C.”**

**OCTUBRE 2025
Elaborado por:
PAZ LABORATORIOS
S.R.L.**

Email: servicioalcliente@pazlaboratorios.com
Celular: 953766470 / 959010230
Calle Oscar Benavides 602 Yanahuara
Arequipa - Perú



ING. CIP. ERWIN EDGARDO PAZ GONZALES
Registro 148220 - AMBIENTAL

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	OBJETIVOS	5
3	MARCO LEGAL	5
3.1	Normativa Nacional	5
3.2	Normativa Internacional	5
4	DATOS DEL PROYECTO	6
5	MONITOREO DE HIGIENE OCUPACIONAL	7
5.1	MATERIAL PARTICULADO FRACCIÓN RESPIRABLE	7
5.1.1	PROGRAMA DE MONITOREO	7
5.1.2	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN	7
5.1.3	DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO	8
5.1.4	EQUIPOS UTILIZADOS	9
5.1.5	LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL	9
5.1.6	CARACTERIZACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO	9
5.1.7	RESULTADOS	11
5.1.8	CONCLUSIONES	12
5.1.9	RECOMENDACIONES	12
6	ANEXOS	13
6.1	ANEXO I: FICHAS DE REGISTRO FOTOGRÁFICO	13
6.2	ANEXO II: INFORMES DE ENSAYO Y CADENAS DE CUSTODIA	14
6.3	ANEXO III: HOJAS DE CAMPO	15
6.4	ANEXO IV: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN	16
6.5	ANEXO V: CERTIFICADOS DE ACREDITACIÓN	17

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Datos del proyecto	6
Tabla 2.	Programa de monitoreo establecido	7
Tabla 3.	Flujo establecido para partículas respirables	7
Tabla 4.	Descripción de la metodología empleada	7
Tabla 5.	Puesto de trabajo: Operadora de Tejido	8
Tabla 6.	Puesto de trabajo: Operadora de Tejido	8
Tabla 6.	Características de la bomba gravimétrica	9
Tabla 7.	Listado de equipos de monitoreo	9
Tabla 8.	Valor límite de concentración de fracción respirable según R.M. N°733-2024/ MINSA	9

Tabla 9. Criterios para Clasificar el Nivel de Exposición	10
Tabla 10. Criterios para Clasificar el Cumplimiento	10
Tabla 11. Consolidado de resultados de monitoreo de partículas fracción respirable.....	11

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto, fuente Google Earth Pro.....	6
Figura 2. Resultados de la concentración de polvo respirable.....	11

1 INTRODUCCIÓN

La Constitución Política del Perú en los artículos 2° inciso 22 y 7°, establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida y que todos tienen derecho a la protección de su salud, como condición indispensable para el desarrollo humano y medio fundamental para alcanzar el bienestar individual y colectivo.

Además, la Ley 26842, Ley General de la Salud, en su Capítulo VII de la Higiene y Seguridad en los Ambientes de Trabajo, Artículo 100 dispone, que quienes conduzcan o administren actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes y servicios, cuales quiera que estos sean, tienen la obligación de adoptar las medidas necesarias para garantizar la protección de la Salud y la Seguridad de los trabajadores y de terceras personas en sus instalaciones o ambientes de trabajo.

En ese sentido la empresa debe contar con una organización de Seguridad y Salud, establecida en el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobada por el D.S. N° 005-2012-TR, Artículo 25, el empleador debe implementar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo, regulado en la Ley y en el presente Reglamento, en función del tipo de empresa u organización, nivel de exposición a peligros y riesgos, y la cantidad de trabajadores expuestos.

En el Artículo 33, se menciona los registros obligatorios del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo y entre estos encontramos el “Registro del monitoreo de agentes físicos, químicos, biológicos, psicosociales y factores de riesgo disergonómico”. Así mismo, la “Norma Básica de Ergonomía y de Procedimiento de Evaluación de Riesgo Disergonómico”, aprobada por la Resolución Ministerial N° 375-2008-TR, menciona en su Capítulo VII, Condiciones Ambientales de trabajo, ítem 22, que las condiciones ambientales de trabajo deben ajustarse a las características físicas y mentales de los trabajadores, y a la naturaleza del trabajo que se esté realizando.

Por lo cual, **ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE.**, contrató a la empresa **PAZ LABORATORIOS S.R.L.** para realizar las actividades y elaboración del informe de “DISEÑO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBRA DE LANA EN LA EMPRESA ARTESA S.A.C.” al personal en cuestión, el día 09 de octubre del año 2025.

2 OBJETIVOS

- Efectuar la medición de los niveles de partículas respirables al que se encuentran expuestos los trabajadores en el desarrollo de sus actividades y comparar los resultados con la normativa nacional vigente.

3 MARCO LEGAL

3.1 Normativa Nacional

- Constitución Política del Perú.
- Ley N°29783. Ley de Seguridad y Salud en el trabajo y sus modificaciones
- Decreto Supremo N° 005-2012-TR - “Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo”
- Ley General de Salud. Ley N° 26842. Capítulo VII. De la Higiene y Seguridad en los Ambientes de Trabajo.
- Decreto Supremo N° 006-2014-TR- “Modifican el reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado por Decreto Supremo N° 005-2012-TR”.
- Decreto Supremo N° 016-2016-TR- “Modifican el Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado por Decreto Supremo N° 005-2012-TR”.
- Decreto Supremo N° 015-2005-SA que “Aprueban Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo”.

3.2 Normativa Internacional

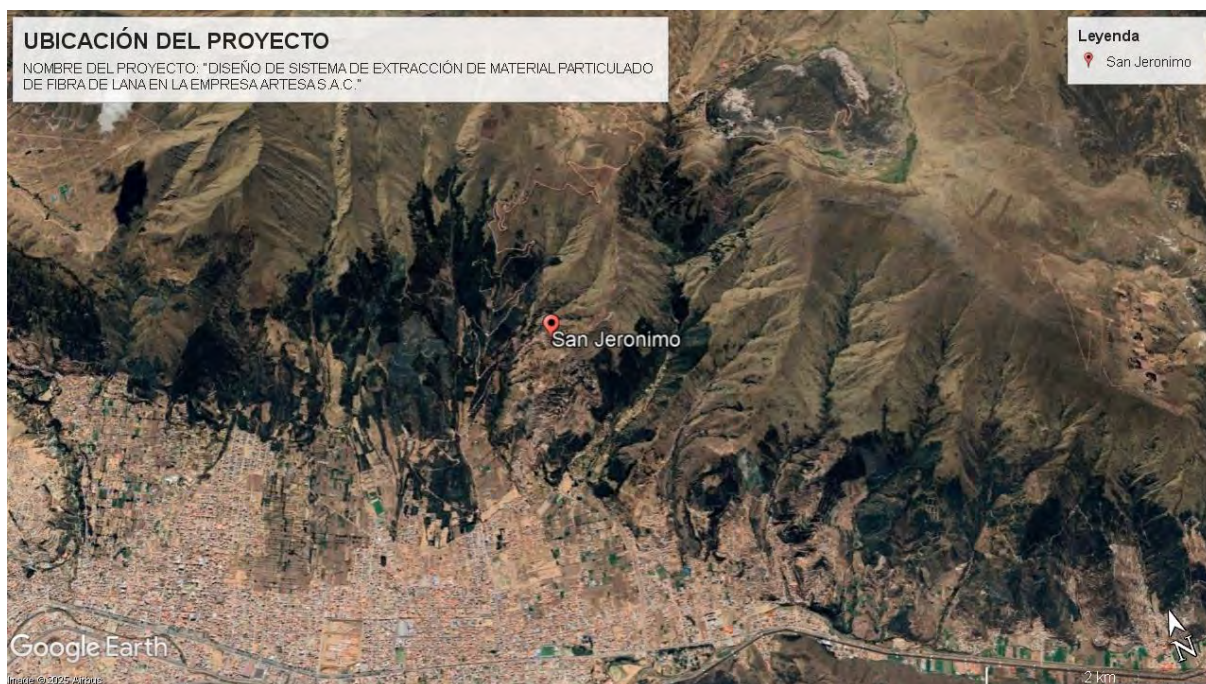
- Polvo respirable NIOSH Method 0600, Partículas Not Otherwise Regulated, Respirable)
- Apéndice B ACGIH, Valores límite de umbral para sustancias químicas y agentes físicos & índices de exposición biológica.
- Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo. Real Decreto 486/1997.

4 DATOS DEL PROYECTO

Tabla 1. Datos del proyecto

PROYECTO	"DISEÑO DE SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBRA DE LANA EN LA EMPRESA ARTESA S.A.C."
LUGAR DE EVALUACIÓN	ANDEN ANDEN CALLE -SECTOR ANDEN ANDEN - SAN JERÓNIMO - CUSCO
DISTRITO	SAN JERÓNIMO
PROVINCIA	CUSCO
DEPARTAMENTO	CUSCO
FECHA DEL MONITOREO	09/10/2025

Figura 1. Ubicación del proyecto, fuente Google Earth Pro



5 MONITOREO DE HIGIENE OCUPACIONAL

5.1 MATERIAL PARTICULADO FRACCIÓN RESPIRABLE

5.1.1 PROGRAMA DE MONITOREO

Tabla 2. Programa de monitoreo establecido

Nombre Del Agente Contaminante	Cantidad Programada	Cantidad Ejecutada
Partículas respirables	02	02

5.1.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Lineamientos para la realización de la evaluación de las partículas respirables (PL-LEN-POE-09. Monitoreo Ocupacional de partículas respirables)

- El analista de campo deberá realizar una entrevista al trabajador y a su supervisor con la finalidad de obtener datos como nombre del personal, descripción del puesto de trabajo, actividades, horario de trabajo, fuentes de generación de partículas.
- Una vez identificado al personal se realiza el armado del tren de muestreo, que consiste en conectar el filtro a un ciclón de aluminio y, posteriormente, asegurar que el conjunto cassette – ciclón embone correctamente en el portacassette.
- Antes de iniciar la medición, se debe verificar el flujo de muestreo y configurarlo a un flujo de 2,5 L/min.
- Se colocó la bomba gravimétrica en la parte posterior de la cintura del trabajador, asegurada a su cinturón por medio de una correa y empleando como extensión el aislante de tubo tygon el cual recorre la espalda.
- Ajustar la manguera tipo tygon que conecta la bomba con el cassette, por la espalda y hombro del trabajador, de forma que el cabezal de muestreo quede a la altura de la clavícula del trabajador, fijándolo con una pinza de sujeción a su vestimenta. Se debe asegurar que el cabezal de muestreo quede lo más cercano a la altura de la “zona de respiración” del trabajador, en posición vertical y con el vortex hacia afuera.
- Se verifica que la manguera no quede suelta e incomode al trabajador en el desarrollo de sus actividades. El analista de campo debe indicar al trabajador el objetivo de la medición, su duración y la prohibición de desconectar y/o apagar el sistema de muestreo.
- Al término del muestreo, detener el funcionamiento del equipo y retirar el tren de muestreo del trabajador. Realizar la verificación final del equipo.

Tabla 3. Flujo establecido para partículas respirables

Agentes Químicos	Flujo (L/min)
Partículas respirables	2,5

La metodología aplicable a la determinación de partículas respirables en ambientes de trabajo se ha considerado lo especificado por el Manual de Estrategias de Muestreo de Exposición Ocupacional y el Manual de Métodos de Análisis del Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH).

Tabla 4. Descripción de la metodología empleada

AGENTE	REFERENCIA TÉCNICA
Partículas respirables.	Method 0600, Issue 3. Particulates not Otherwise Regulated, Respirable

5.1.3 DESCRIPCIÓN DEL PUESTO DE TRABAJO

De acuerdo con el servicio requerido para la evaluación de agentes químicos (partículas respirables), se realizó la evaluación en los siguientes puestos de trabajo.

Tabla 5. Puesto de trabajo: Operadora de Tejido

TRABAJADOR EVALUADO	DESCRIPCIÓN DEL PUESTO EVALUADO
 09 de octubre de 2025 10:14 a.m.	• Código de identificación: RES-01 • Nombre del operario: Yesenia Mirano Mandostupa • Puesto de trabajo: Operadora de Tejido • Área: Tejido • Régimen laboral: Lunes a sábados • Horario de trabajo: 08:00 – 18:00 • Antigüedad en el puesto: 1 año • Tareas específicas: Enconado de cinta • Duración de la jornada: 8 horas • Fuente generadora identificada: Polvo de lana industrial • Frecuencia de exposición a partículas y/o gases: Diariamente y por más de 3 horas • Presencia de molestias: Si • Área y clima: Área cerrada • Controles actuales: No cuenta con ninguno

Tabla 6. Puesto de trabajo: Operadora de Tejido

TRABAJADOR EVALUADO	DESCRIPCIÓN DEL PUESTO EVALUADO
 09 de octubre de 2025 2:12 p.m.	• Código de identificación: RES-02 • Nombre del operario: Milagros Apaza Huamán • Puesto de trabajo: Operadora de Tejido • Área: Tejido • Régimen laboral: Lunes a sábados • Horario de trabajo: 08:00 – 18:00 • Antigüedad en el puesto: 1 año • Tareas específicas: Enconado de cintas y acabado de chalinas • Fuente generadora identificada: Polvo de lana industrial • Duración de la jornada: 8 horas • Frecuencia de exposición a partículas y/o gases: Diariamente y por más de 3 horas • Área y clima: Área cerrada • Controles actuales: No cuenta con ninguno

5.1.4 EQUIPOS UTILIZADOS

Para cumplir con la evaluación de agentes químicos (partículas respirables) se utilizó una bomba gravimétrica con las siguientes características.

Tabla 7. Características de la bomba gravimétrica

Marca	SENSIDYNE	
Modelo	GILAIR PLUS	
Tipo	Instrumento que aspira el aire a través de un elemento de retención (tubo adsorbente, impringer, filtro, etc.), quedando los agentes químicos retenidos en el mismo.	

Tabla 8. Listado de equipos de monitoreo

Equipo	Código Interno	Serie	Fecha De Calibración
Bomba de muestreo de aire	EL/BG/12	20191030036	16/09/2025

Adicionalmente, para el monitoreo se utilizaron los siguientes materiales:

- Filtro de membrana de Cloruro de Polivinilo (PVC), de 37 mm de diámetro y 5,0 micras de tamaño de poro.
- Portafiltro o cassette de poliestireno de 3 cuerpos, donde se colocará el filtro.
- Tubo flexible de polietileno (Tygon) de 6,4 mm de diámetro interior y de 1 metro de longitud.
- Desarmador plano, para regular el flujo de la bomba de succión de aire.
- Ciclón de aluminio

5.1.5 LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

Resolución Ministerial N° 733-2024/MINSA

Actualiza los Anexos I, II y III del Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo (D.S. N° 015-2005-SA Aprueban Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo). Esta actualización incluye nuevas sustancias y revisiones en los límites de exposición.

Tabla 9. Valor límite de concentración de fracción respirable según R.M. N°733-2024/ MINSA

Agente Químico	TLV (mg/m3)
Polvo respirable	3

5.1.6 CARACTERIZACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO

Los resultados se clasificaron en función al nivel de exposición.

Tabla 10. Criterios para Clasificar el Nivel de Exposición

Nivel de Exposición	Interpretación
Bajo	Exposición menor al TLV
Alto	Exposición mayor al TLV

Tabla 11. Criterios para Clasificar el Cumplimiento

Nivel de Cumplimiento	Interpretación
SI	Cumplimiento de valor convencional
NO	Incumplimiento de valor convencional

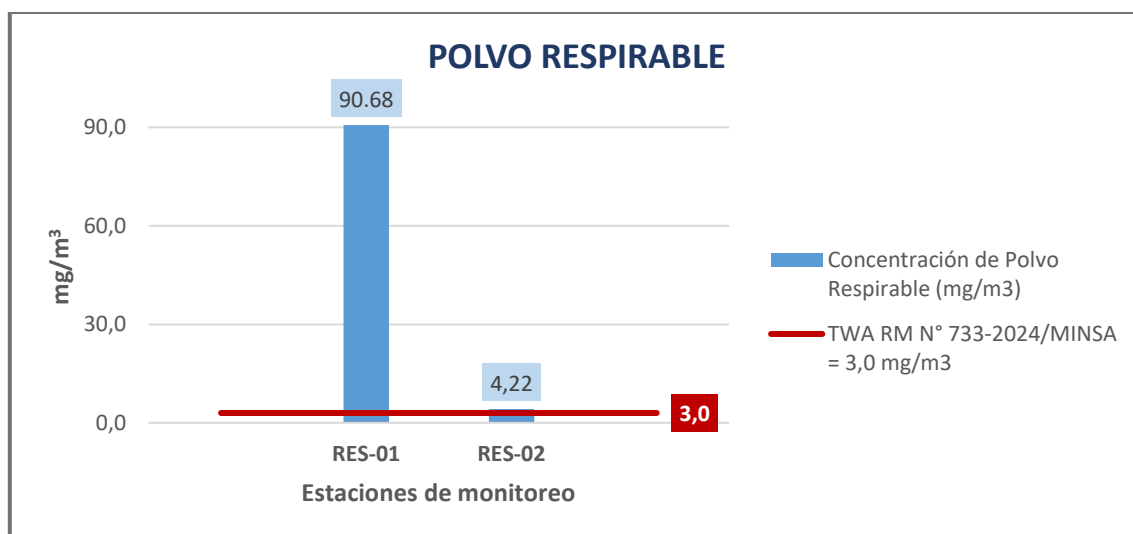
5.1.7 RESULTADOS

En la siguiente tabla se presentan los resultados de los niveles de la fracción de polvo respirable medido en el puesto de trabajo.

Tabla 12. Consolidado de resultados de monitoreo de partículas fracción respirable

Código	Puesto de trabajo	Bomba	Flujo (L/min)	Filtro	Tiempo de medición (min)	Concentración (mg.m ⁻³)	TLV (mg.m ⁻³)	Nivel de Exposición	Nivel de Cumplimiento
RES-01	Operadora de Tejido	EL/BG/12	2.5	OC25096	10:00 – 13:00	90.68	3.0	ALTO	NO
					180 min				
RES-02	Operadora de Tejido	EL/BG/12	2.5	OC25099	14:00 – 18:00	4.22	3.0	ALTO	NO
					240 min				

Figura 2. Resultados de la concentración de polvo respirable



5.1.8 CONCLUSIONES

- La concentración de partículas respirables en el puesto evaluado **RES-01** fue de **90.68 mg/m³**, lo que se encuentra por **ENCIMA** del límite de exposición permitido de 3 mg/m³ establecido en la **Resolución Ministerial N° 733-2024/MINSA**. Los resultados indican que los trabajadores están expuestos a niveles peligrosos de partículas respirables y **NO CUMPLEN** con la normativa vigente.
- La concentración de partículas respirables en el puesto evaluado **RES-02** fue de **4.22 mg/m³**, lo que se encuentra por **ENCIMA** del límite de exposición permitido de 3 mg/m³ establecido en la **Resolución Ministerial N° 733-2024/MINSA**. Los resultados indican que los trabajadores están expuestos a niveles peligrosos de partículas respirables y **NO CUMPLEN** con la normativa vigente.

5.1.9 RECOMENDACIONES

- Continuar con los monitoreos de material particulado respirables, para las diferentes áreas operativas de la empresa; para determinar el comportamiento de estos contaminantes en periodos de alta y baja producción, como en diferentes condiciones ambientales y descartar la exposición de los trabajadores a estos.
- Incentivar el uso de respiradores y/o filtros para polvo en caso de exposición excesiva (tareas no rutinarias) a polvos respirables.
- Identificar los focos de generación de polvo respirable e implementar controles de ingeniería en la reducción a la exposición de polvo respirable. (confinamiento, sistema de sedimentación de vía humedad, captadores de polvo, separadores, limpieza en húmedo, mantenimiento, limitación de la velocidad de equipos, asfaltado)
- Establecer programas de entrenamiento, campañas de sensibilización, capacitación a los trabajadores, con respecto a los peligros relacionados al polvo respirable.

6 ANEXOS

6.1 ANEXO I: FICHAS DE REGISTRO FOTOGRÁFICO



Ficha de identificación de monitoreo de SALUD E HIGIENE OCUPACIONAL

Nombre de la empresa:	:	ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE	
Proyecto	:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBRA DE LANA EN LA EMPRESA ARTESA S.A.C	
Ubicación del proyecto			
Distrito:	:	SAN JERÓNIMO	
Provincia:	:	CUSCO	
Departamento:	:	CUSCO	
Identificación del punto de muestreo			
Código	:	RES-01	
Coordenadas	:	Norte:	Este:
U.T.M. (WGS84)	:	Altitud:	Zona:
		(metros sobre el nivel del mar)	
Descripción:	:	OPERADORA DE TEJIDO	



09 de octubre de 2025 10:14 a.m.



Ficha de identificación de monitoreo de SALUD E HIGIENE OCUPACIONAL

Nombre de la empresa:	:	ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE	
Proyecto	:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBRA DE LANA EN LA EMPRESA ARTESA S.A.C	
Ubicación del proyecto			
Distrito:	:	SAN JERÓNIMO	
Provincia:	:	CUSCO	
Departamento:	:	CUSCO	
Identificación del punto de muestreo			
Código	:	RES-02	
Coordenadas	:	Norte:	Este:
U.T.M. (WGS84)	:	Altitud:	Zona:
		(metros sobre el nivel del mar)	
Descripción:	:	OPERADORA DE TEJIDO	



09 de octubre de 2025 2:12 p.m.

6.2 ANEXO II: INFORMES DE ENSAYO Y CADENAS DE CUSTODIA

INFORME DE ENSAYO

LEM-25-00567

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-CLIENTE*	:	ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE
2.-DOMICILIO LEGAL*	:	—
3.-SOLICITANTE*	:	ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE
4.-NOMBRE DEL PROYECTO*	:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBRA DE LANA EN LA EMPRESA ARTESA S.A.C.
5.-ORDEN DE TRABAJO	:	107229
6.-PLAN DE MUESTREO	:	PM-107229-1

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

7.-PRODUCTO	:	Aire: Medición Ocupacional
8.-LUGAR DE MUESTREO	:	Anden Anden Calle-Sector Anden anden-San Jeronimo- Cusco
9.-MUESTREADO POR	:	Paz Laboratorios SRL
10.-ESTACIÓN DE MUESTREO	:	RES-01
11.-DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN*	:	Operadora de Tejido
12.-UBICACIÓN GEOGRÁFICA UTM WGS 84	:	N: N.A. E: N.A.
13.-LUGAR DE ENSAYO	:	Laboratorio de masas

III. CONTROL DE TIEMPOS DEL PROCESO DE ENSAYO

14.-INICIO DE MUESTREO (FECHA Y HORA):	:	2025-10-09 10:00
15.-FIN DE MUESTREO (FECHA Y HORA)	:	2025-10-09 13:00
16.-FECHA DE RECEPCIÓN	:	2025-10-10
17.-PERÍODO DE ENSAYO	:	2025-10-10 AL 2025-10-20
18.-FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME	:	2025-10-21



Luis Jose Inca Gomez
Jefe de Monitoreos



"El presente informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito del reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes del IAAC e ILAC"

INFORME DE ENSAYO: LEM-25-00567

IV. RESULTADOS

CÓDIGO DE LABORATORIO: M25000569

Parámetro	Unidad	LD	LC	Resultados	U
Partículas Respirables	mg/m3	0,05	0,5	90,68	0,01

LD: Límite de Detección del Método

LC: Límite de Cuantificación del Método

N.A.: No aplica

"-": No ensayado

(c) Ensayo realizado en campo (medición in situ)

U: Incertidumbre expandida a un nivel confianza del 95% (con un factor de cobertura k=2)

N.E.: No Estimable, aplica para concentraciones menores al límite de cuantificación/mayores al rango máximo de trabajo, en los cuales no se puede asegurar la exactitud.

"---": No cuenta con incertidumbre de la medición, por ser datos proporcionados por el cliente.

INFORME DE ENSAYO: LEM-25-00567

V.-REFERENCIAS A LOS MÉTODOS DE ENSAYO

PARÁMETRO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO DE LA NORMA DE REFERENCIA
Partículas Respirables	NIOSH Method 0600 Issue 3 : 1998	Partículas Not Otherwise Regulated, Respirable

INFORME DE ENSAYO: LEM-25-00567

VI.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
PL-LEN-POE-09	Monitoreo Ocupacional de partículas respirables

VII.-OBSERVACIONES

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la ejecución de los ensayos solicitados.

"FIN DEL DOCUMENTO"

Queda prohibida la reproducción parcial de este informe de ensayo sin la autorización escrita de Paz Laboratorios S.R.L.; su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en materia legal.
Los resultados de este informe de ensayo unicamente están relacionados con los ítems ensayados y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.

El laboratorio no se hace responsable de la información y origen de las muestras cuando estas son proporcionadas por el cliente. Asimismo los resultados se aplicarán a estas tal cual como fueron recibidas.

El laboratorio no se hace responsable de la información y demás datos descriptivos proporcionados por el cliente marcados con " * ".

INFORME DE ENSAYO

LEM-25-00568

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-CLIENTE*	:	ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE
2.-DOMICILIO LEGAL*	:	—
3.-SOLICITANTE*	:	ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE
4.-NOMBRE DEL PROYECTO*	:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBRA DE LANA EN LA EMPRESA ARTESA S.A.C.
5.-ORDEN DE TRABAJO	:	107229
6.-PLAN DE MUESTREO	:	PM-107229-1

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

7.-PRODUCTO	:	Aire: Medición Ocupacional
8.-LUGAR DE MUESTREO	:	Anden Anden Calle-Sector Anden anden-San Jeronimo- Cusco
9.-MUESTREADO POR	:	Paz Laboratorios SRL
10.-ESTACIÓN DE MUESTREO	:	RES-02
11.-DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN*	:	Operadora de Tejido
12.-UBICACIÓN GEOGRÁFICA UTM WGS 84	:	N: N.A. E: N.A.
13.-LUGAR DE ENSAYO	:	Laboratorio de masas

III. CONTROL DE TIEMPOS DEL PROCESO DE ENSAYO

14.-INICIO DE MUESTREO (FECHA Y HORA):	:	2025-10-09 14:00
15.-FIN DE MUESTREO (FECHA Y HORA)	:	2025-10-09 18:00
16.-FECHA DE RECEPCIÓN	:	2025-10-10
17.-PERÍODO DE ENSAYO	:	2025-10-10 AL 2025-10-20
18.-FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME	:	2025-10-21



Luis Jose Inca Gomez
Jefe de Monitoreos



"El presente informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentra dentro del ámbito del reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes del IAAC e ILAC"

INFORME DE ENSAYO: LEM-25-00568

IV. RESULTADOS

CÓDIGO DE LABORATORIO: M25000570

Parámetro	Unidad	LD	LC	Resultados	U
Partículas Respirables	mg/m3	0,05	0,5	4,22	0,01

LD: Límite de Detección del Método

LC: Límite de Cuantificación del Método

N.A.: No aplica

"-": No ensayado

(c) Ensayo realizado en campo (medición in situ)

U: Incertidumbre expandida a un nivel confianza del 95% (con un factor de cobertura k=2)

N.E.: No Estimable, aplica para concentraciones menores al límite de cuantificación/mayores al rango máximo de trabajo, en los cuales no se puede asegurar la exactitud.

"---": No cuenta con incertidumbre de la medición, por ser datos proporcionados por el cliente.

INFORME DE ENSAYO: LEM-25-00568

V.-REFERENCIAS A LOS MÉTODOS DE ENSAYO

PARÁMETRO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO DE LA NORMA DE REFERENCIA
Partículas Respirables	NIOSH Method 0600 Issue 3 : 1998	Partículas Not Otherwise Regulated, Respirable

INFORME DE ENSAYO: LEM-25-00568

VI.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN
PL-LEN-POE-09	Monitoreo Ocupacional de partículas respirables

VII.-OBSERVACIONES

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la ejecución de los ensayos solicitados.

"FIN DEL DOCUMENTO"

Queda prohibida la reproducción parcial de este informe de ensayo sin la autorización escrita de Paz Laboratorios S.R.L.; su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales en materia legal.
Los resultados de este informe de ensayo unicamente están relacionados con los ítems ensayados y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que la produce.

El laboratorio no se hace responsable de la información y origen de las muestras cuando estas son proporcionadas por el cliente. Asimismo los resultados se aplicarán a estas tal cual como fueron recibidas.

El laboratorio no se hace responsable de la información y demás datos descriptivos proporcionados por el cliente marcados con " * ".

OT N°	107229	PLAN DE MUESTREO N°:	PM-107229-1
DATOS DEL SOLICITANTE DEL SERVICIO			
CLIENTE	Abad Alexander Alvaro Quispe		
RUC	72908707		
CONTACTO	Abad Alexander Alvaro Quispe		
TELÉFONO / e-mail	921537678		

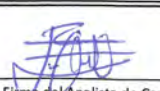
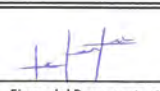
DATOS DEL PROYECTO	
NOMBRE DEL PROYECTO:	DISEÑO DE UN SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBRA DE LANA EN LA EMPRESA ARTESA S.A.C
LUGAR DE MUESTREO:	Anden Anden Calle - sector Anden Anden - San Jeronimo - Cusco

Item	Código de laboratorio (*)	Estación de muestreo:	Descripción:	DATOS DEL MUESTREO			PARÁMETROS SOLICITADOS (marcar X) (Sólo un parámetro por cadena)																				Observaciones (NO SE CONSIDERA EN EL INFORME)			
				Inicio	Final	Código de filtro o placa	AGENTES QUÍMICOS												AGENTES FÍSICOS											
							Partículas respirables	Partículas Inhalables	Gases (H ₂ S)	Gases (O ₂)	Gases (NO ₂)	Gases (NO)	Gases (CO ₂)	Gases (SO ₂)	Gases (NH ₃)	Gases (COVs)	Gases (CO)	Gases (LEL)	Ruido Ocupacional	Vibración Mano-Brazo	Vibración Cuerpo entero	Estrés térmico	Radiaciones UV	Iluminación	Radiación no ionizante					
1	M25000569	RES-01	Operadora de Tejido	F: 09-10-25 H: 10:00	F: 09-10-25 H: 13:00	OC25096	X																						Yenia mirano Randortup EL/BG/12	
2	M25000570	RES-02	Operadora de Tejido	F: 09-10-25 H: 14:00	F: 09-10-25 H: 18:00	OC25099	X																						milagros APOza Auciman EL/BG/12	
				F: H:	F: H:																									
				F: H:	F: H:																									
				F: H:	F: H:																									

INFORMACIÓN DEL MUESTREO			
Muestreo Realizado por:		OBSERVACIONES DE LA MUESTRA (NO SE CONSIDERA EN EL INFORME)	
Empresa:	PAZ LABORATORIOS S.R.L.	Presencia de partículas (fibra de lanilla) dentro del caset del filtro	
Nombre:	Julio Quispe Zentola		
Firma:			
Supervisor / Cliente:			
Nombre:	Abad Alexander Alvaro Quispe		
Cargo:	Tejista		
Firma:			
DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS			
Equipo	Código	Equipo	Código
Bomba Gravimétrica	EL/BG/12		
Ciclón	EL/PY/02		
Observaciones		Condición de la muestra:	
Recibido por:		CONFORME ☒	
Fecha (dd-mm-aa)		NO CONFORME	
Hora: (24.00)		SI ☒	
Estado correcto de los filtros:		NO	

6.3 ANEXO III: HOJAS DE CAMPO

PazLaboratorios		GESTIÓN DE LABORATORIO DE ENSAYO		Código:	PL-LEN-FOR-18
		HOJA DE CAMPO DE AGENTES QUÍMICOS		Páginas:	01 de 01
				Versión:	02
				Fecha:	2025-01-14
DATOS DEL TRABAJADOR/COLABORADOR					
CLIENTE	NOMBRE DEL CLIENTE:	Abad Alexander Alvaro Quispe		FECHA:	09-10-2025
	LUGAR DE MONITOREO	ANDEU ANDEU calle sector Anden Anden-san jeronimo-cusco		OT:	107229
TRABAJADOR	PUNTO (IDENTIFICACIÓN):	RES-01		EDAD:	21 años
	NOMBRE DEL TRABAJADOR:	Yesenia mirano mandotupa		REG. LABORAL:	L-5
	CARGO O PUESTO DE TRABAJO:	Operadora de tejido		HORARIO DE TRABAJO:	8:00 - 18:00
	ÁREA DE TRABAJO:	Tejido		ANTIGÜEDAD EN EL PUESTO:	1 año
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	TAREAS PRINCIPALES REALIZADAS		Duración/Horario de la tarea		Fuente generadora identificada
	Enconado de cinta.		8h.		Pelvo de la lana industrial
Frecuencia de exposición a partículas y/o gases:		☒ Diario ☐ Semanal ☐ Esporádico		Duración promedio de la exposición: ☐ Menos de 1h ☐ 1 - 3 horas ☒ > 3h	
¿Presenta molestias?		☒ Si ☐ No		Frecuencia:	
		Detalles de corresponder:			
ÁREA Y CLIMA	Descripción del ambiente de trabajo		☒ Área cerrada ☐ Espacio abierto		
	Condiciones climáticas		Presion atmosférica (mmHg): Altitud (msnm): Temperatura (°C):		
CONTROLES ACTUALES	Ingeniería:		☐ Campana extractora ☐ Ventilación forzada ☐ Ventilación natural ☐ Mangas extractoras ☐ Métodos húmedos		
			☐ Encerramiento del proceso Otros: <u>No cuenta con ninguna</u>		
	Administrativo:		☐ Capacitación en riesgos químicos asociados al puesto ☐ Rotación de personal/tareas ☐ Capacitación en protección respiratoria		
			☐ Señalización de uso obligatorio de respirador ☐ Mantenimiento de equipos Otros:		
	Uso de EPP durante las tareas:		☐ Respirador de media cara descartable ☐ Respirador de cara completa/full face Otros:		
		☐ Respirador de media cara reutilizable Código de filtro/cartucho: Frecuencia de cambio:			
		Respirador marca: Modelo: Frecuencia de uso:			
Controles y/o sugerencias recomendados por el trabajador:					
AGENTE Y EQUIPO	Tipo de Agente Químico:		☒ P. Respirable ☐ Humos metálicos ☐ Mercurio ☐ COVs ☐ Silice		
			☐ P. Inhalable / Totales ☐ F. Asbesto ☐ Plomo ☐ Ácidos ☐ Gases		
	Otros:				
	Bomba de muestreo	Marca	SENSIDYNE	Modelo	GILAR PLUS
	Calibrador:	Marca		Modelo	
	Código de filtro:	OC 25096			
	Tiempo de muestreo (min):	Hora Inicial	10:00	Hora Inicial	
	Hora final	13:00	Hora final		
Flujo del equipo (L/min)	Flujo Inicial	2.500	Flujo Inicial		
	Flujo Final	2.500	Flujo Final		
Nota. El flujo medido por la bomba gravimétrica después del muestreo no deberá ser mayor ni menor al 5% del flujo medido por la bomba antes del muestreo.					
DATOS DE EQUIPOS DE LECTURA DIRECTA	Detector portátil de gases		Marca		Modelo
	Agente químico (Gases)				Serie
	Tiempo de muestreo:		Hora Inicial		Hora Inicial
			Hora final		Hora final
			AVG		AVG
	Resultados del equipo (ppm, %)		TWA		TWA
			Peak		Peak
		STEL (15min)		STEL (15min)	
				STEL (15min)	
OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS					
Firma del Analista de Campo		Firma del Representante del Cliente		Firma del trabajador evaluado	
Nombre: Julio Quispe Bellota		Nombre: Abad Alexander Alvaro Quispe		Nombre: Yesenia Mirano M.	
Fecha: 09/10/2025		Cargo: TOSISTA		Cargo:	

		GESTIÓN DE LABORATORIO DE ENSAYO		Código:	PL-LEN-FOR-18
		HOJA DE CAMPO DE AGENTES QUÍMICOS		Páginas:	01 de 01
				Versión:	02
				Fecha:	2025-01-14
DATOS DEL TRABAJADOR/COLABORADOR					
CLIENTE	NOMBRE DEL CLIENTE:	Abel Alexander Alvaro Quispe		FECHA:	09-10-2025
	LUGAR DE MONITOREO	Anden Anden colle - sector anden anden - san jeronimo - cusco		OT:	107229
TRABAJADOR	PUNTO (IDENTIFICACIÓN):	RES-02		EDAD:	27 años
	NOMBRE DEL TRABAJADOR:	Milagros APAZA HUAMAN		REG. LABORAL:	Lunes - Sabado
	CARGO O PUESTO DE TRABAJO:	Operador de tejido		HORARIO DE TRABAJO:	8-18:00
	ÁREA DE TRABAJO:	Tejido		ANTIGÜEDAD EN EL PUESTO:	8 meses
DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	TAREAS PRINCIPALES REALIZADAS		Duración/Horario de la tarea		Fuente generadora identificada
	Encunado de cinta y acabado de chalinas.		8h		Polvo de la luna Industrial
Frecuencia de exposición a partículas y/o gases:		☒ Diario ☐ Semanal ☐ Esporádico		Duración promedio de la exposición: ☐ Menos de 1h ☐ 1 - 3 horas ☒ > 3h	
¿Presenta molestias?		☒ Si ☐ No		Frecuencia: Detalles de corresponder:	
ÁREA Y CLIMA	Descripción del ambiente de trabajo		☒ Área cerrada ☐ Espacio abierto Observaciones:		
	Condiciones climáticas		Presion atmosférica (mmHg) Altitud (msnm) Temperatura (°C):		
CONTROLES ACTUALES	Ingeniería:		☐ Campana extractora ☐ Ventilación forzada ☐ Ventilación natural ☐ Mangas extractoras ☐ Métodos húmedos		
	Administrativo:		☐ Encerramiento del proceso Otros: NO cuenta con neoprena		
	Uso de EPP durante las tareas:		☐ Capacitación en riesgos químicos asociados al puesto ☐ Rotación de personal/tareas ☐ Capacitación en protección respiratoria		
			☐ Señalización de uso obligatorio de respirador ☐ Mantenimiento de equipos Otros:		
		☐ Respirador de media cara descartable ☐ Respirador de cara completa/full face Otros:			
		☐ Respirador de media cara reutilizable Código de filtro/cartucho: Frecuencia de cambio:			
		Respirador marca: Modelo: Frecuencia de uso:			
Controles y/o sugerencias recomendados por el trabajador:					
AGENTE Y EQUIPO	Tipo de Agente Químico:		☒ P. Respirable ☐ Humos metálicos ☐ Mercurio ☐ COVs ☐ Silice		
			☐ P. Inhalable / Totales ☐ F. Asbesto ☐ Plomo ☐ Ácidos ☐ Gases		
	Otros:				
	Bomba de muestreo	Marca	SENSIDYNE	Modelo	GILAIR PLUS
	Calibrador:	Marca		Modelo	
	Código de filtro:	OC25099			
	Tiempo de muestreo (min):	Hora Inicial	19:00	Hora Inicial	
		Hora final	18:00	Hora final	
Flujo del equipo (L/min)	Flujo Inicial	2.500	Flujo Inicial		
	Flujo Final	2.500	Flujo Final		
Nota. El flujo medido por la bomba gravimétrica después del muestreo no deberá ser mayor ni menor al 5% del flujo medido por la bomba antes del muestreo.					
DATOS DE EQUIPOS DE LECTURA DIRECTA	Detector portátil de gases		Marca		Modelo
	Agente químico (Gases)				Serie
					Código interno
	Tiempo de muestreo:	Hora Inicial		Hora Inicial	
		Hora final		Hora final	
	Resultados del equipo (ppm, %)	AVG		AVG	
		TWA		TWA	
		Peak		Peak	
STEL (15min)			STEL (15min)		
OBSERVACIONES COMPLEMENTARIAS					
 Firma del Analista de Campo Nombre: Julio Quispe Belote Fecha: 09-10-2025		 Firma del Representante del Cliente Nombre: Abel Alexander Alvaro Quispe Cargo: Tostista		 Firma del trabajador evaluado Nombre: _____ Cargo: _____	

6.4 ANEXO IV: CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PL - FG294 - 25 - 9

Página 1 de 3

1. SOLICITANTE : PAZ LABORATORIOS S.R.L.
2. DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CAL. OSCAR BENAVIDES NRO. 602 Arequipa - Arequipa - Yanahuara
3. DATOS DEL EQUIPO
INSTRUMENTO DE MEDIDA : Bomba Gravimétrica
MARCA : SENSIDYNE
MODELO : GilAirPLUS
SERIE : 20191030036
IDENTIFICACIÓN : EL/BG/12 (*)
INTERVALO DE MEDIDA : 20 cm³/min a 5100 cm³/min (**)
RESOLUCIÓN : 1 cm³/min
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN : Laboratorio de Flujo de Gases de Paz Laboratorios S.R.L.
5. FECHA DE CALIBRACIÓN : 2025-09-16
6. ORDEN DE TRABAJO : 103431
7. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido de manera completa. Los extractos o modificaciones requerirán la autorización explícita de PAZ LABORATORIOS S.R.L.
El certificado sin la firma digital carece de validez.

Arequipa, 18 de septiembre de 2025

Signatario autorizado:



ALVAREZ RAMIREZ ALEXANDER JOSUE
PAZ LABORATORIOS S.R.L.
SUPERVISOR DE LABORATORIO
metrologia2@pazlaboratorios.com
Fecha: 18/09/2025 18:40



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FG294 - 25 - 9

Página 2 de 3

8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

ME-009 PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE CAUDALÍMETROS DE GASES, EDICIÓN DIGITAL 1, 2011, CEM. (NUMERAL 5.3.1 - CALIBRACIÓN EN SITUACIÓN A)

9. PATRONES UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Este equipo es trazable a los patrones de INACAL-DM	Un medidor de flujo digital con incertidumbre desde 0,15 cm ³ /min hasta 1,39 cm ³ /min	LFG-015-2025
Este equipo es trazable a los patrones de INACAL-DM	Un medidor de flujo digital con incertidumbre desde 2,82 cm ³ /min hasta 14 cm ³ /min	LFG-014-2025
Este equipo es trazable a los patrones de ELICROM	Un manómetro digital con incertidumbre desde 0,02 inH ₂ O hasta 0,023 inH ₂ O	CLC-1683-002-24
Este equipo es trazable a los patrones de PAZ LABORATORIOS S.R.L.	Un termómetro digital con incertidumbre de 0,09 °C	PL-TH119-25-4

10. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (% HR)	Presión (mbar)
Inicial	24,12	31,8	767,9
Final	24,89	33,8	767,9

Se utilizó un termohigrómetro con certificado PL-TH236-25-7 y un barómetro con certificado PL-FP130-25-7.

11. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Procedimiento ME-009 para la Calibración de Caudalímetros de Gases " y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **02780**

(*) Información proporcionada por el cliente.

(**) Información tomada del manual del equipo.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FG294 - 25 - 9

Página 3 de 3

12. DATOS DEL AJUSTE:

Indicación del Instrumento (cm ³ /min)	Indicación del Patrón	
	Antes del ajuste (cm ³ /min)	Despues del ajuste (cm ³ /min)
1 500	473,23	502,42
2 1000	958,42	1004,0
3 2000	2010,2	2002,8
4 2500	4168,5	2502,4
5 3000	3385,6	2997,6

13. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:

Indicación del patrón (cm ³ /min)	Indicación del instrumento (cm ³ /min)	Corrección (cm ³ /min)	Incertidumbre (cm ³ /min)
1 501	500	1	6
2 1 003	1 000	3	9
3 2 005	2 000	5	16
4 2 501	2 500	1	20
5 2 998	3 000	-2	23

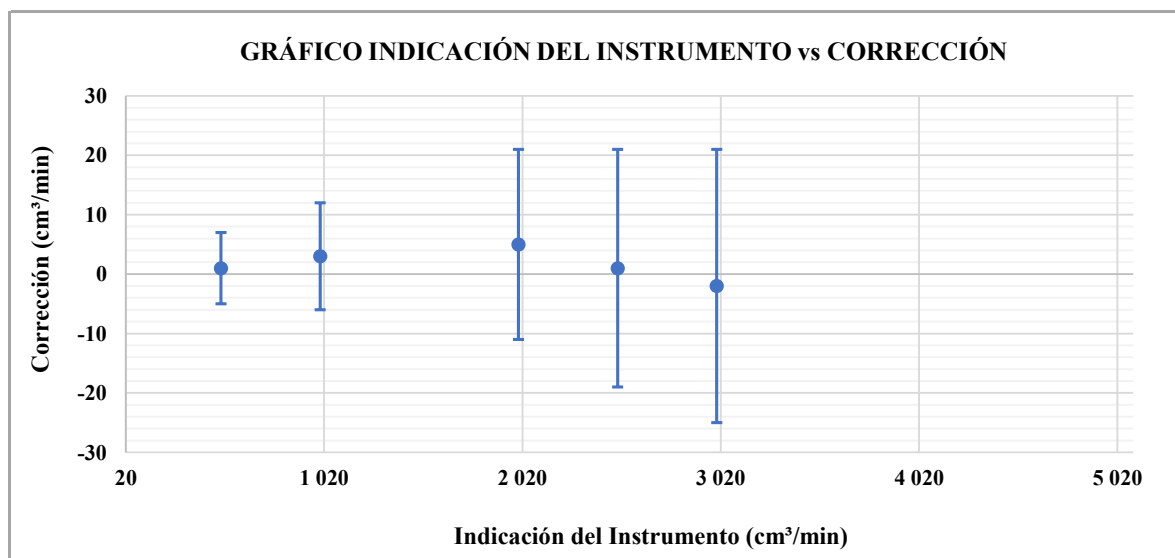
Nota 1: Los datos obtenidos son el valor promedio de al menos diez lecturas.

Nota 2: Las condiciones de operación del caudalímetro fueron:

Presión en el Item Bajo Calibración: 721,6 mbar a 758,7 mbar.

Temperatura en el Item Bajo Calibración: 24,6 °C a 24,8 °C.

14. GRÁFICAS DE CALIBRACIÓN:



***** FIN DEL DOCUMENTO *****

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FG294 - 25 - 9

Página 1 de 3

1. SOLICITANTE : PAZ LABORATORIOS S.R.L.
2. DIRECCIÓN DEL CLIENTE : CAL. OSCAR BENAVIDES NRO. 602 Arequipa - Arequipa - Yanahuara
3. DATOS DEL EQUIPO
 - INSTRUMENTO DE MEDIDA : Bomba Gravimétrica
 - MARCA : SENSIDYNE
 - MODELO : GilAirPLUS
 - SERIE : 20191030036
 - IDENTIFICACIÓN : EL/BG/12 (*)
 - INTERVALO DE MEDIDA : 20 cm³/min a 5100 cm³/min (**)
 - RESOLUCIÓN : 1 cm³/min
4. LUGAR DE CALIBRACIÓN : Laboratorio de Flujo de Gases de Paz Laboratorios S.R.L.
5. FECHA DE CALIBRACIÓN : 2025-09-16
6. ORDEN DE TRABAJO : 103431
7. ACLARACIONES DEL CERTIFICADO:

Este certificado de calibración es trazable a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo al Sistema Internacional de unidades (SI).

Los resultados reportados son válidos solo para el equipo de medición en las condiciones y momento en que se realizó la calibración. El solicitante y/o usuario es responsable de definir el periodo de calibración según la recomendación del fabricante, uso, análisis de deriva y exactitud de medición.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido de manera completa. Los extractos o modificaciones requerirán la autorización explícita de PAZ LABORATORIOS S.R.L.
El certificado sin la firma digital carece de validez.

Arequipa, 18 de septiembre de 2025

Signatario autorizado:



ALVAREZ RAMIREZ ALEXANDER JOSUE
PAZ LABORATORIOS S.R.L.
SUPERVISOR DE LABORATORIO
metrologia2@pazlaboratorios.com
Fecha: 18/09/2025 18:40



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FG294 - 25 - 9

Página 2 de 3

8. PROCEDIMIENTO UTILIZADO:

ME-009 PROCEDIMIENTO PARA LA CALIBRACIÓN DE CAUDALÍMETROS DE GASES, EDICIÓN DIGITAL 1, 2011, CEM. (NUMERAL 5.3.1 - CALIBRACIÓN EN SITUACIÓN A)

9. PATRONES UTILIZADOS:

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO	N° CERTIFICADO
Este equipo es trazable a los patrones de INACAL-DM	Un medidor de flujo digital con incertidumbre desde 0,15 cm ³ /min hasta 1,39 cm ³ /min	LFG-015-2025
Este equipo es trazable a los patrones de INACAL-DM	Un medidor de flujo digital con incertidumbre desde 2,82 cm ³ /min hasta 14 cm ³ /min	LFG-014-2025
Este equipo es trazable a los patrones de ELICROM	Un manómetro digital con incertidumbre desde 0,02 inH ₂ O hasta 0,023 inH ₂ O	CLC-1683-002-24
Este equipo es trazable a los patrones de PAZ LABORATORIOS S.R.L.	Un termómetro digital con incertidumbre de 0,09 °C	PL-TH119-25-4

10. CONDICIONES AMBIENTALES:

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (% HR)	Presión (mbar)
Inicial	24,12	31,8	767,9
Final	24,89	33,8	767,9

Se utilizó un termohigrómetro con certificado PL-TH236-25-7 y un barómetro con certificado PL-FP130-25-7.

11. OBSERVACIONES:

La incertidumbre expandida de medición reportada es la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.

La incertidumbre expandida declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de: "Procedimiento ME-009 para la Calibración de Caudalímetros de Gases" y "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.

Se colocó en el equipo la etiqueta de calibración de Paz Laboratorios S.R.L. identificada con N° **02780**

(*) Información proporcionada por el cliente.

(**) Información tomada del manual del equipo.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PL - FG294 - 25 - 9

Página 3 de 3

12. DATOS DEL AJUSTE:

Indicación del Instrumento (cm ³ /min)	Indicación del Patrón	
	Antes del ajuste (cm ³ /min)	Despues del ajuste (cm ³ /min)
1 500	473,23	502,42
2 1000	958,42	1004,0
3 2000	2010,2	2002,8
4 2500	4168,5	2502,4
5 3000	3385,6	2997,6

13. RESULTADOS DE CALIBRACIÓN:

Indicación del patrón (cm ³ /min)	Indicación del instrumento (cm ³ /min)	Corrección (cm ³ /min)	Incertidumbre (cm ³ /min)
1 501	500	1	6
2 1 003	1 000	3	9
3 2 005	2 000	5	16
4 2 501	2 500	1	20
5 2 998	3 000	-2	23

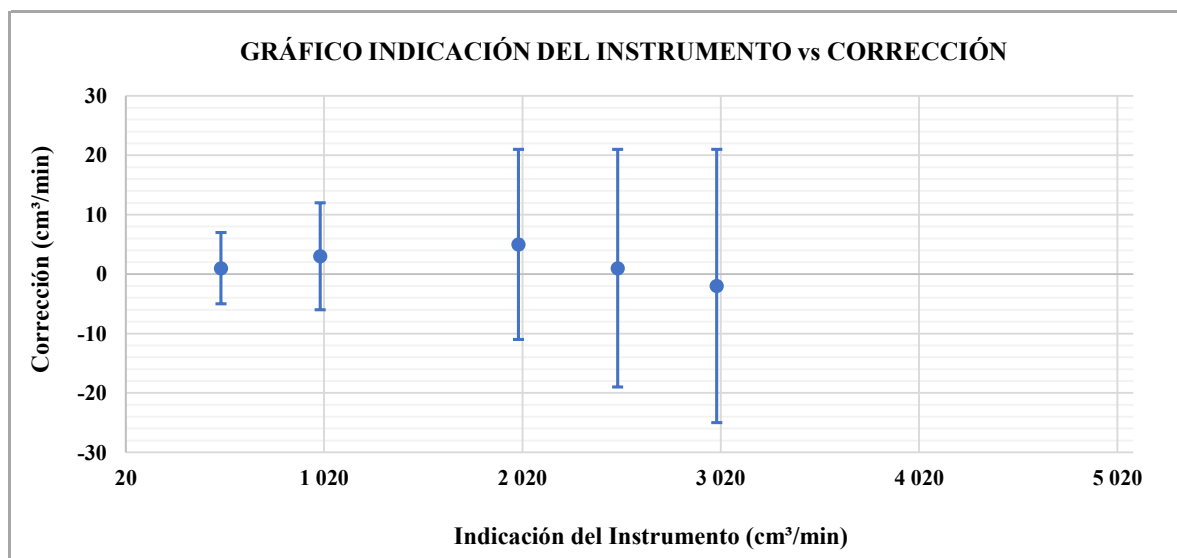
Nota 1: Los datos obtenidos son el valor promedio de al menos diez lecturas.

Nota 2: Las condiciones de operación del caudalímetro fueron:

Presión en el Item Bajo Calibración: 721,6 mbar a 758,7 mbar.

Temperatura en el Item Bajo Calibración: 24,6 °C a 24,8 °C.

14. GRÁFICAS DE CALIBRACIÓN:



***** FIN DEL DOCUMENTO *****

6.5 ANEXO V: CERTIFICADOS DE ACREDITACIÓN

Certificado



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Acreditación a:

PAZ LABORATORIOS S.R.L.

Laboratorio de Ensayo

En su sede ubicada en: Calle Oscar R. Benavides N°602 distrito de Yanahuara, provincia y departamento de Arequipa.

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 23 de julio de 2025

Fecha de Vencimiento: 22 de julio de 2028



Firmado digitalmente por AGUILAR
RODRIGUEZ Lidia Patricia FAU
20600263015 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04.08.2025 21:14:55 -05:00

PATRICIA AGUILAR RODRÍGUEZ
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 01 de agosto de 2025



Cédula N° : 000600-2025-INACAL/DA
Contrato N° : 044-2025/INACAL-DA
Registro N° : LE - 268

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados y/o a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).



COTIZACION 001 - 001339

CLIENTE : ALVARO QUISPE ABAD ALEXANDER
RUC : 10729087071
DIRECCION :
PRESENTE : DANNY CABRERA

Sirva la presente para saludarlos y hacerles llegar nuestra oferta económica.

ITEM	UND	DESCRIPCION	P/U		TOTAL	
1	1	Extractor centrifugo en alta MTRM 400 2.2KW 2400RPM (STD). Caudal: 2080.78 m3/h. Presion: 121.85(mmH2O), Angulo: 2400 rpm, Potencia 2.2kw, Eficiencia 67.14. mecanica total.	S/	4,500.00	S/	4,500.00
2					S/	-
3					S/	-
4		COTIZACION SOLO FABRICACION			S/	-
NETO					S/	4,500.00
I.G.V 18%					S/	810.00
TOTAL					S/	5,310.00

TIEMPO DE ENTREGA : 15 DIAS HABILES FABRICACION.
FORMA DE PAGO : 60% ADELANTO 40% CONTRA ENTREGA
MONEDA : SOLES
GARANTÍA : 1 AÑO
VALIDES DE OFERTA : 5 DIAS

SAN IGNACIO
CONSORCIO INDUSTRIAL

VENTILACION REFRIGERACION INDUSTRIAL SAN IGNACIO S.A.C.
RUC: 20608873172
DANNY KELVIN CABRERA PENA
GERENTE GENERAL
DANNY CABRERA
GERENTE COMERCIAL

VENTILACION REFRIGERACION INDUSTRIAL SAN IGNACIO SAC.

VRISI SAC: 20608873172

CUENTA CORRIENTE BCP.

SOLES : 191-9931970-0-27
CCI : 00219100993197002756

CUENTA CORRIENTE DETRACCIONES B.N.

VENTILACION REFRIGERACION INDUSTRIAL SAN IGNACIO SAC.

CUENTA : 00-028-116047

Telefono: 016363556 – Movil : 979053785

Correo: ventas@consorciosanignacio.com / kcabrerapea@gmail.com

Oficina: Cooperativa Residencial la Ensenada Mz S1 Lt 31 – Puente piedra – Lima

Planta : Mz. A1 Lt. 05 Virgen del Rosario – San Martin de Porres – Lima



CONSTRUCCIONES METÁLICAS DEL PERÚ

RUC: 10772557448
Cel.: 922-496-376
conmetperu@gmail.com

COTIZACIÓN

COT. N° - 002619
Fecha: 08/04/2026

Para:

RUC/DNI:
10729087071

Atención:

Razón social:

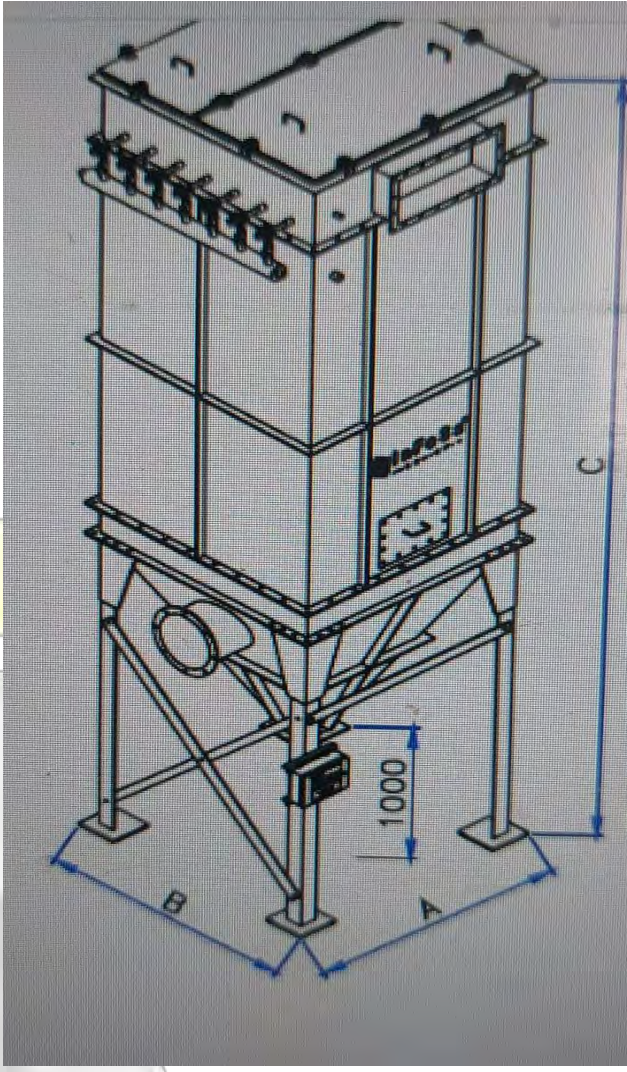
Cel. Contacto:
921 537 678

Referencia:
CPI-850*4600

Estimado Sr.(a):
En atención a su requerimiento, nos es grato saludarle y hacerle llegar nuestra mejor propuesta.

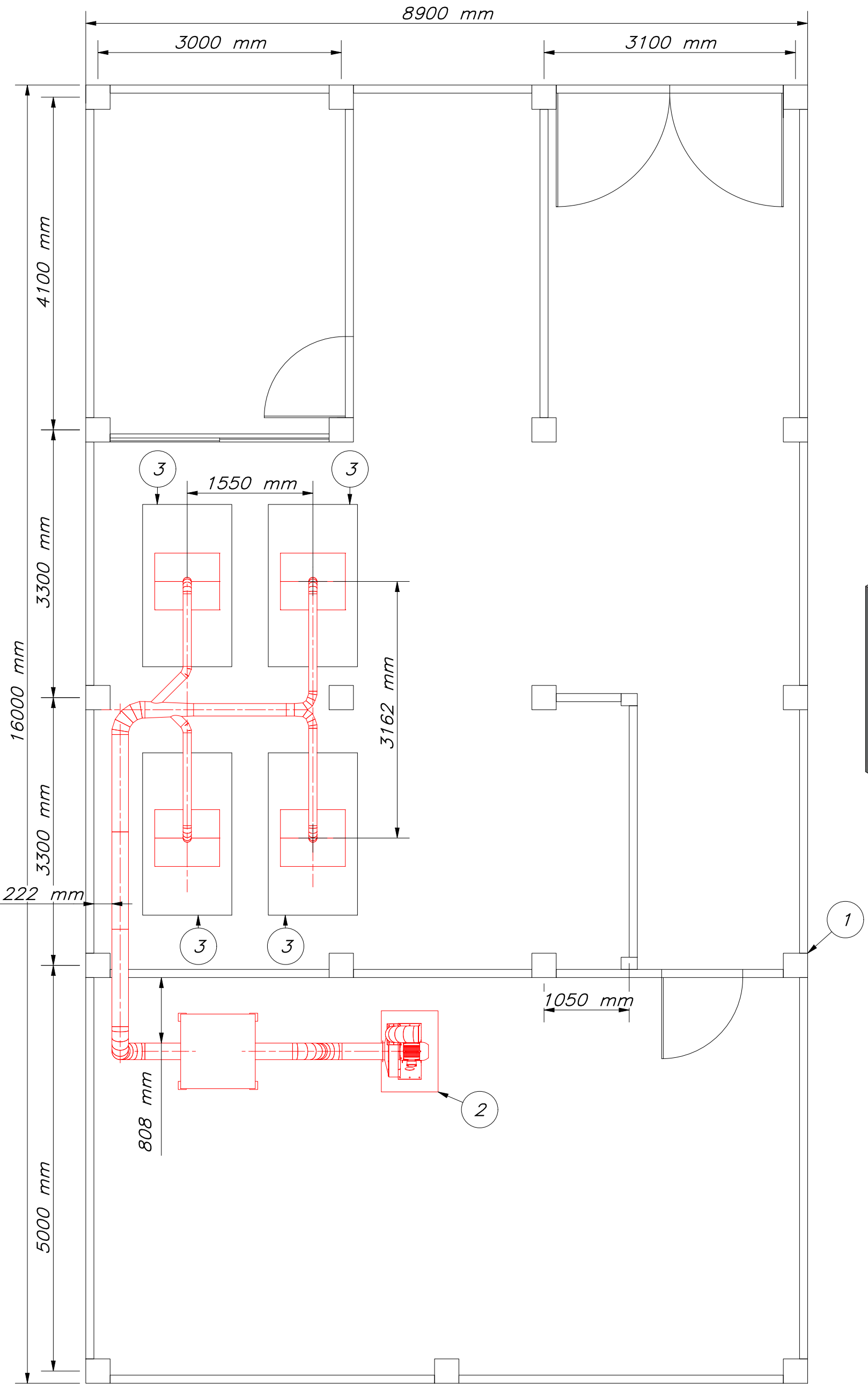
TIPO	COLECTOR DE POLVO
USO	ALMACENAMIENTO DE POLVOS FINOS
CANTIDAD	01

Cant.	Descripción	Precio por unidad	Costo Total
01	COLECTOR DE POLVO INDUSTRIAL DE CARTUCHO TIPO FILTRANTE DIMENSIONES: 1. ALTURA: 4600 MM. 2. ANCHO: 850 MM. 3. LARGO: 860 MM. EQUIPO COLECTOR: ✓ Colector de polvo industrial de 850 x 860 x 4600 mm. De alto con filtro tipo mangas, incluye su respectivo Pulse Jet con temporizadores.	S/.	S/. 45,000.00

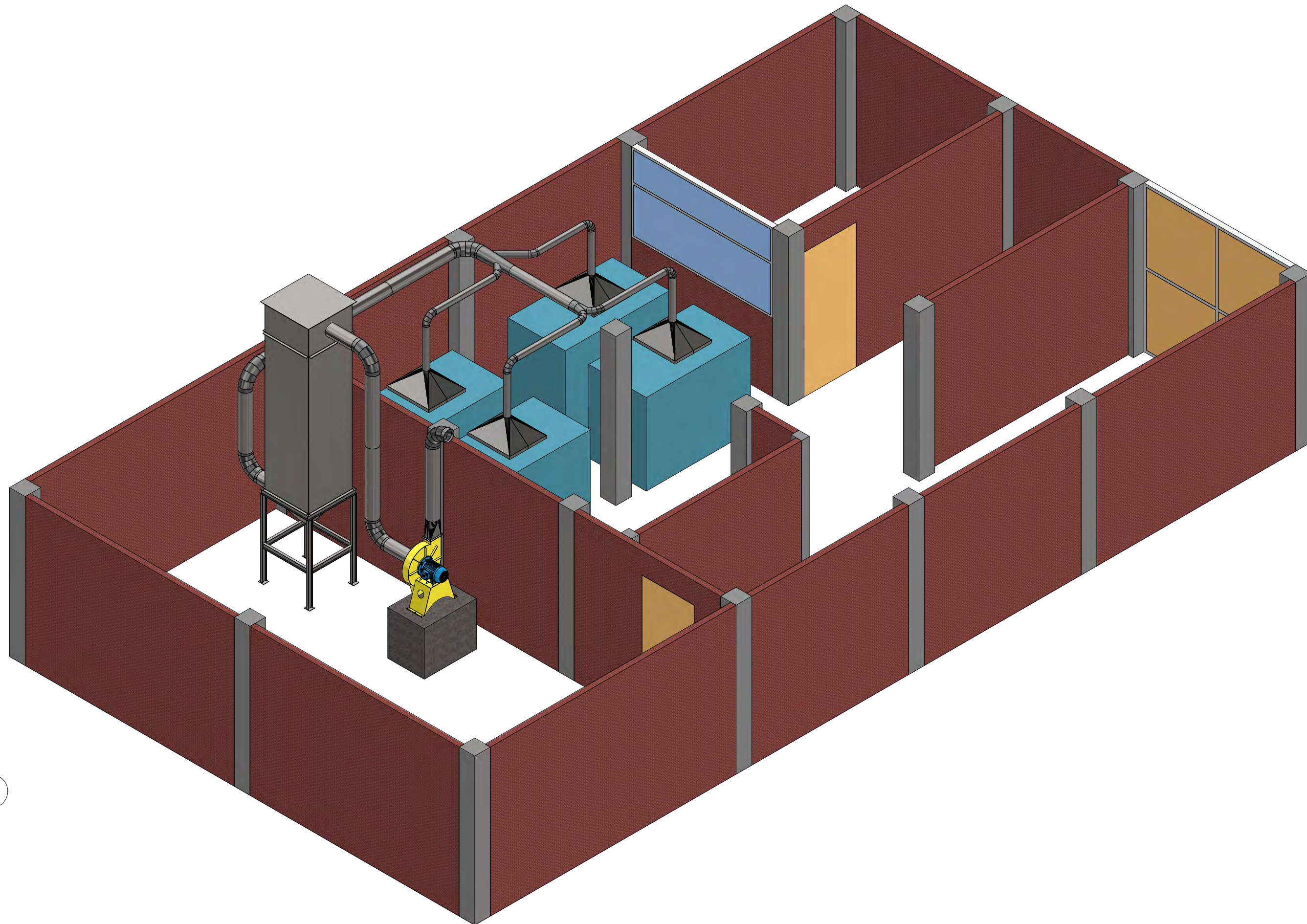
PROCESO DE SOLDADURA:	IMAGEN REFERENCIAL
➤ SMAW ➤ GMAW	
PROCESO DE ARENADO Y PINTADO:	
➤ ARENADO: SP-6 ➤ PINTADO: CON BASE EPOXICA ANTICORROSIVA Y ACABADO EN GLOSS COLOR AZUL. ➤ ACABADO:	
PROCESO DE ARMADO:	
➤ ARMADO: -- ➤ Soldadura API 1104 AWS ➤ FABRICACIÓN SEGÚN NORMATIVA NACIONAL E INTERNACIONAL VIGENTE.	
PRUEBAS INTERNAS REALIZADAS:	
➤ NEUMÁTICA: -- ➤ HIDROSTÁTICA:	
CERTIFICADOS ENTREGABLES:	
✓ CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD. ✓ FICHA TÉCNICA DEL EQUIPO. ✓ CERTIFICADO DE FABRICACIÓN.	

CONSTRUCCIONES METÁLICAS DEL PERÚ

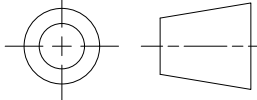
Precio Total:	S/. 45,000.00 - NUEVOS SOLES - NO INCLUYE IGV
Validez de oferta:	Cuatro (04) días útiles.
Plazo de entrega:	25 días laborales, después de recibida la O/C y depositado el adelanto.
Forma de pago:	50% del adelanto - adjuntando la orden de compra. 50% al culminar la fabricación.
Cuenta bancaria BCP:	193-36295315-0-33 A NOMBRE DE RICHARD ELEAZAR HUAMANÍ MATTA
Precios:	Los precios están expresados en NUEVOS SOLES - NO INCLUYE IGV.
Lugar de entrega:	En nuestro establecimiento de Puente Piedra. (LOS PRECIOS NO INCLUYEN EL TRANSPORTE.)

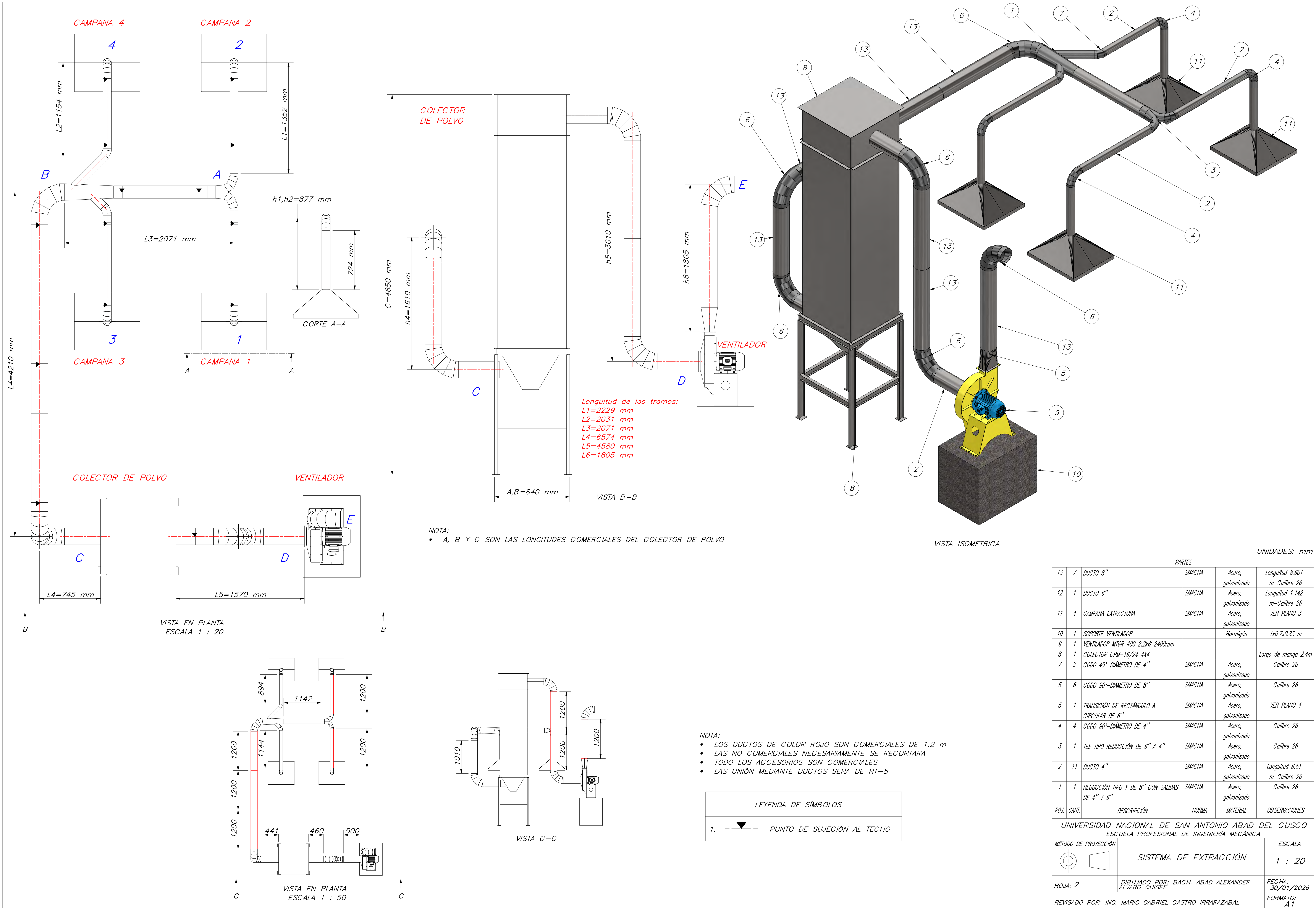


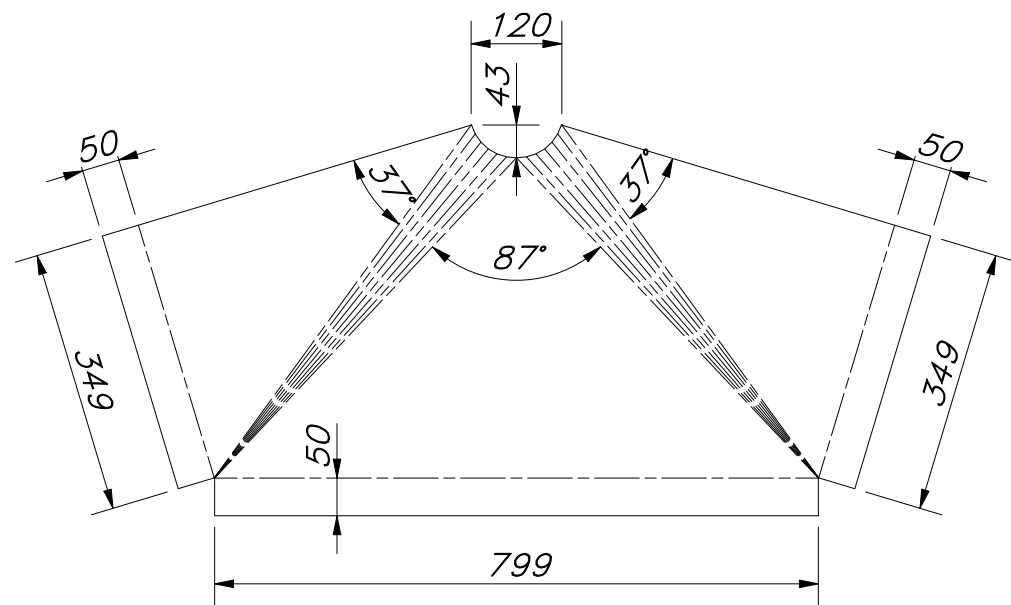
VISTA EN PLANTA



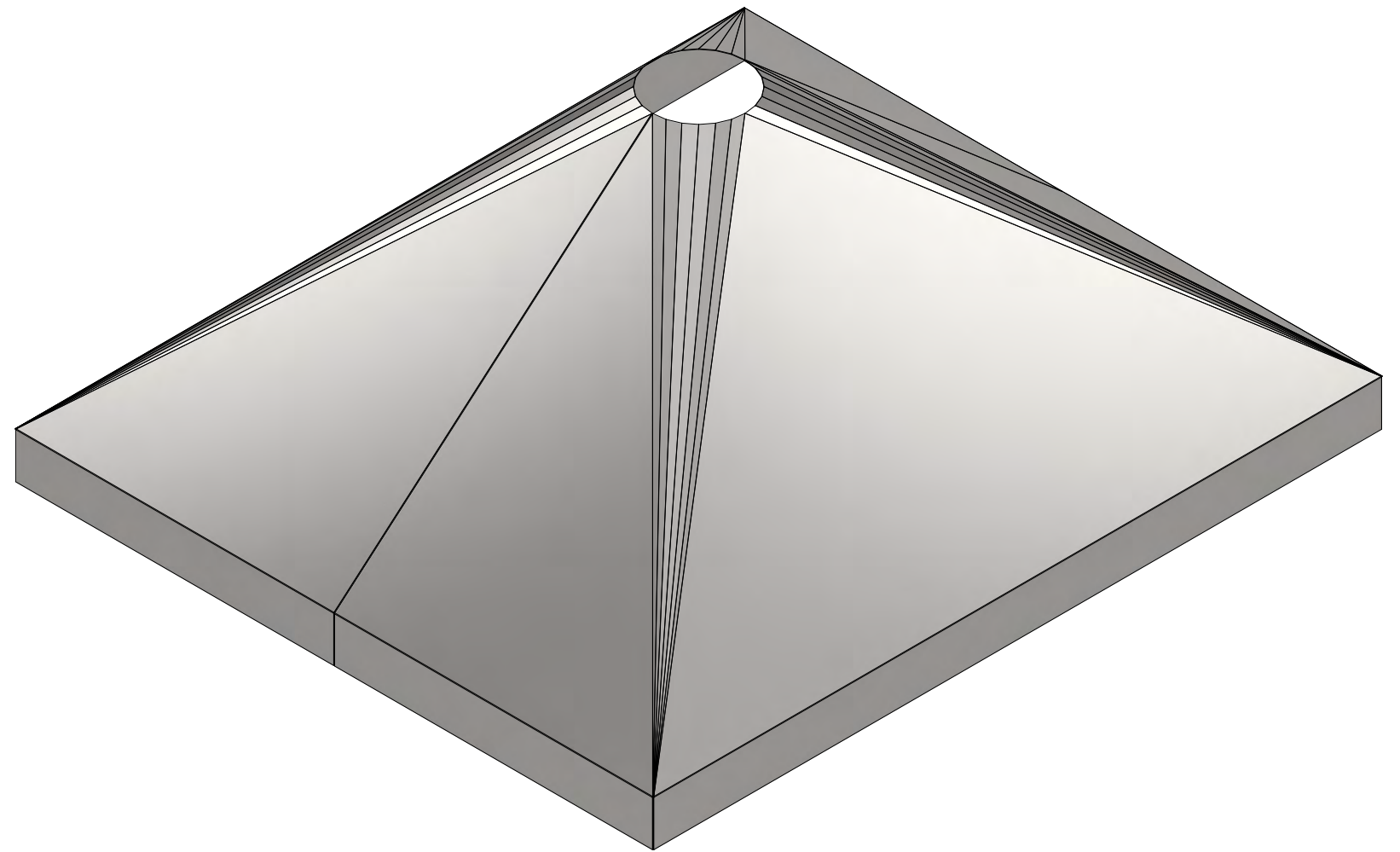
VISTA ISOMETRICA

PARTES					
3	4	MAQUINA TELAR JACQUARD			2x1.1x1.55 m
2	1	SISTEMA DE EXTRACCIÓN	SMACNA		
1	2	MURO PERIMETRAL		Construccion	2.8 m de altura
POS.	CANT.	DESCRIPCÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MATERIAL PARTICULADO DE FIBRA DE LANA			ESCALA 1 : 50
		DIBUJADO POR: BACH. ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE			FECHA: 3/02/2026
HOJA: 1		REVISADO POR: ING. MARIO GABRIEL CASTRO IRRARAZABAL			FORMATO: A2

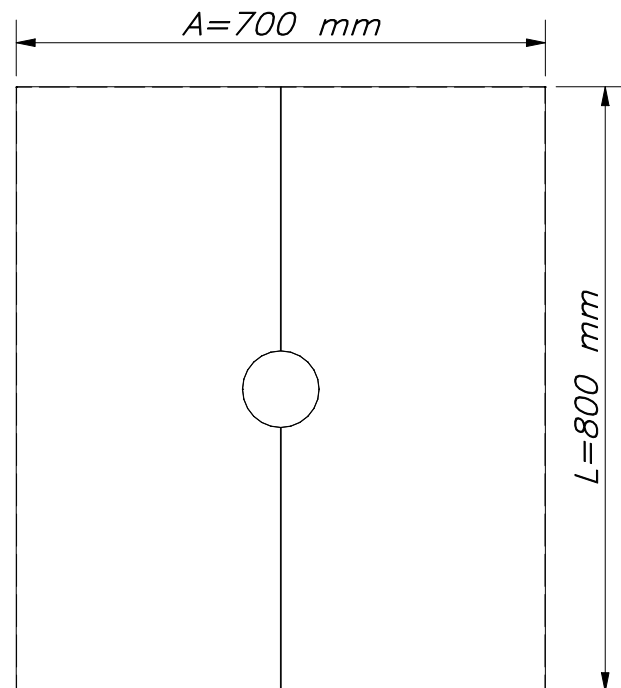




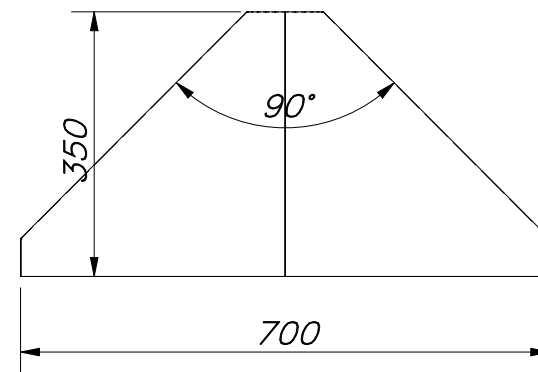
DESARROLLO - 2 UNIDADES
ESCALA 1 : 10



VISTA ISOMETRICA



VISTA SUPERIOR
ESCALA 1 : 10

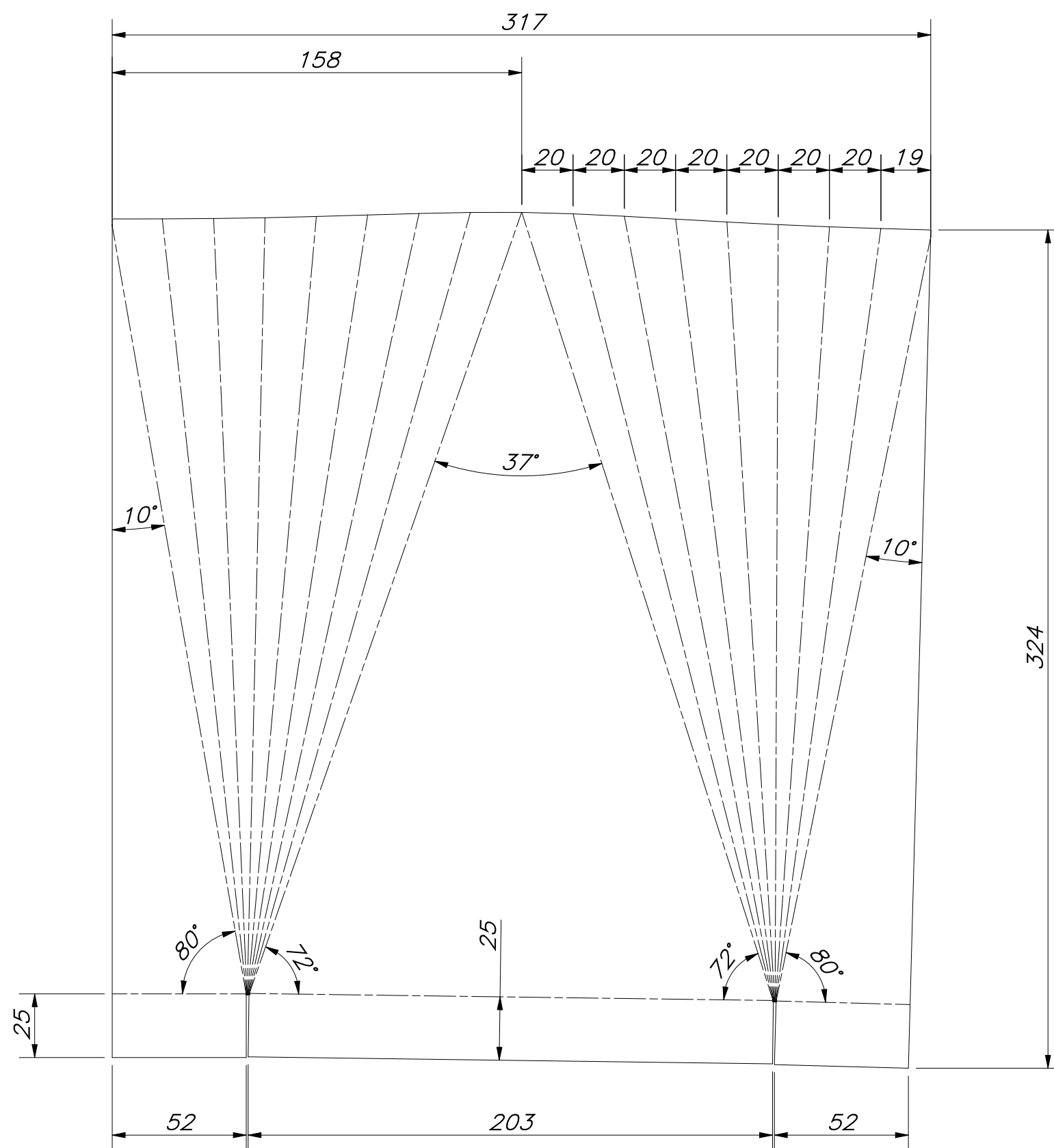


VISTA LATERAL
ESCALA 1 : 10

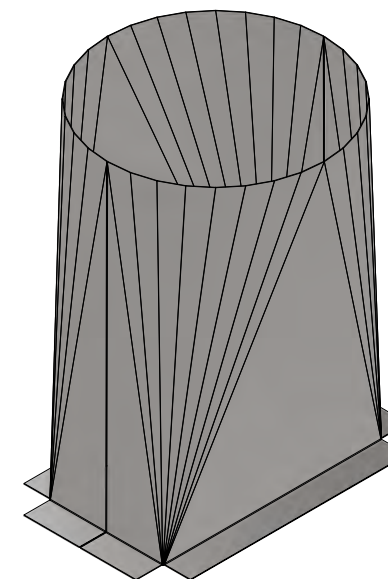
ESPESOR: CALIBRE 24
UNIDADES: mm
UNION: MEDIANTE SOLDADURA
NORMA: SMACNA

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		Acero, galvanizado
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	CAMPANA EXTRACTORA	ESCALA
		1 : 5
HOJA: 3	DIBUJADO POR: BACH. ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE	FECHA: 26/01/2026
	REVISADO POR: ING. MARIO GABRIEL CASTRO IRRARAZABAL	FORMATO: A3

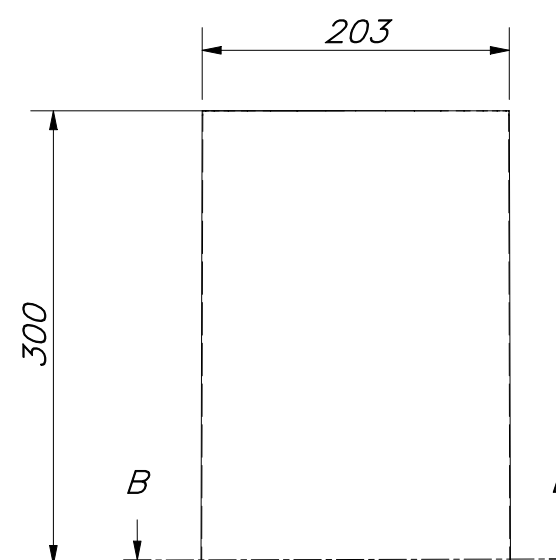
COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
-----------------	----------------	----------------



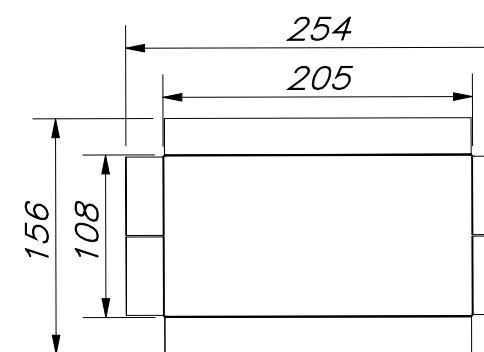
DESARROLLO - 2 UNIDADES
ESCALA 1 : 2



VISTA ISOMETRICA



VISTA LATERAL (1 : 5)



CORTE B-B

ESPESOR: CALIBRE 24
UNIDADES: mm
UNION: MEDIANTE SOLDADURA
NORMA: SMACNA

ACABADO SUPERFICIAL	TOLERANCIA GENERAL	MATERIAL
		Acero, galvanizado
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN	TRANSICIÓN DE RECTÁNGULO A CIRCULAR DE 8"	ESCALA
		1 : 5
HOJA: 4	DIBUJADO POR: BACH. ABAD ALEXANDER ALVARO QUISPE	FECHA: 26/01/2026
	REVISADO POR: ING. MARIO GABRIEL CASTRO IRRARAZABAL	FORMATO: A3

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------