



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

PROPUESTA DE USO DEL POLIURETANO COMO  
ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN ANTE VIBRACIONES PRODUCIDAS  
EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO DE LA EMPRESA AIR  
MASTER COLD S.A.C.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

FRANKLIN ALFREDO NÚÑEZ FIESTAS

ASESOR

MG. ING. ROGELIO ALEXSANDER LÓPEZ RODAS

LIMA – PERÚ, MAYO 2021

## **Dedicatoria**

Ante todo, gracias a Dios por permitirme tener una buena salud y fuerza para continuar y terminar mis estudios. Asimismo, gracias a Dios por lo más preciado, mi familia

Esta investigación está dedicada, especialmente, a mis docentes y asesor de la Universidad Alas Peruanas, por su incondicional apoyo en la carrera profesional, lo que dio fruto en el desarrollo y la ejecución del presente proyecto.

## **Agradecimientos**

A mi familia, por ser la razón principal que me motivó durante el transcurso de mi carrera profesional.

A mis padres, abuelos, tíos y primos, que, gracias a Dios, están cerca de mí; por ser un apoyo incondicional durante cada etapa de mi desarrollo profesional. Gracias a ellos aprendí que, con humildad y perseverancia, se pueden lograr las metas y los sueños.

A los colaboradores de la empresa, por el apoyo en todo momento para la preparación de este proyecto.

## Resumen

En el capítulo I se describen las actividades de la empresa en las que se aplica el proyecto de investigación, así como el perfil de sus actividades comerciales. Además, se identifican los factores internos y externos que influyen en la organización y los objetivos estratégicos que esta persigue.

Así, en el capítulo II se realiza una breve descripción de la situación problemática que se ha detectado en la empresa, se justifica la importancia de la investigación y se plantea la propuesta de solución. Por otro lado, se establece el objetivo general y específico que enmarcan el desarrollo de la investigación.

Seguidamente, en el capítulo III se desarrollan las bases teóricas en las que se sustenta el trabajo, así como las herramientas de calidad utilizadas para el desarrollo del proyecto. Como referencia, se toman algunas investigaciones similares relacionadas con la problemática actual.

Finalmente, se comprueban los resultados respecto con las bases teóricas y los marcos normativos, se determina el grado de cumplimiento del objetivo propuesto, se concluye si los resultados fueron positivos o negativos para la empresa y se explica la conclusión sobre dichos resultados, alineados estos con los objetivos de la investigación, esto con el propósito de una mejora continua.

## **Abstract**

Chapter I, The activities of the company where the research project is being applied is described; likewise the profile of its commercial activities. In addition, the internal and external factors that influence the business of the company and the strategic objectives that the organization pursues will be identified.

Chapter II, a brief description of the problematic situation that has been detected in the company will be executed, the importance of the investigation will be justified and the solution proposal will be raised, in addition, the general and specific objective that frames the development of the investigation will be established.

Chapter III, will develop the theoretical bases on which the research work is based, as well as the quality tools used for the development of the project. If in case there are investigations related to the study of the problem similar to the current study, it will be taken as a reference.

Finally, the results will be verified with respect to the theoretical bases and / or regulatory frameworks, the degree of compliance with the proposed objective will be determined, it will be concluded whether the results were positive or negative for the company and the conclusion of the results obtained aligned will be explained. To the research objectives with a view to continuous improvement.

## Tabla de contenido

Dedicatoria .....	2
Agradecimiento .....	3
Resumen .....	4
Abstract .....	5
Introducción .....	13
Capítulo I.....	15
1.1 Descripción de la empresa.....	15
1.1.1 Antecedentes de la empresa .....	15
1.2 Perfil de la empresa .....	16
1.2.1 Datos generales .....	16
1.2.2 Actividad comercial .....	16
1.2.3 Actividad de comercio exterior .....	17
1.3 Actividades de la empresa.....	18
1.3.1 Misión.....	18
1.3.2 Visión .....	18
1.3.3 Objetivos .....	18
1.4 Organización actual de la empresa.....	19
1.4.1 Cadena de valor.....	20
1.5 Descripción del entorno de la empresa .....	23
1.5.1 Factores internos .....	23
1.5.2 Factores externos.....	24
1.5.3 Análisis de factores internos y externos.....	31
Capítulo II. Descripción de la realidad problemática.....	32
2.1 Situación de la realidad problemática .....	32

2.2	Análisis del proyecto .....	36
2.3	Objetivo del proyecto .....	37
2.3.1	Objetivo general .....	37
2.3.2	Objetivos específicos.....	37
Capítulo III. Desarrollo del proyecto .....		38
3.1	Descripción del proceso a desarrollar .....	38
3.1.1	Antecedentes de la investigación .....	38
3.1.2	Bases teóricas .....	40
3.1.3	Bases normativas.....	57
3.1.4	Metodología de monitoreo .....	59
3.1.5	Desarrollo del proyecto .....	66
3.1.6	Configuración del software del sonómetro .....	80
3.1.7	Condiciones de incertidumbre.....	87
3.1.8	Resultados .....	95
Conclusiones .....		105
Recomendaciones.....		106
Referencias .....		108
Anexos.....		111

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de refrigerantes según el grupo químico .....	29
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de las características de seguridad de los refrigerantes .....	30
<b>Tabla 3.</b> Matriz FODA .....	31
<b>Tabla 4.</b> Especificaciones técnicas de sonoridad de equipos split .....	33
<b>Tabla 5.</b> Coeficiente de absorción del poliuretano de celda cerrada .....	35
<b>Tabla 6.</b> Causas relacionadas con el ruido y las vibraciones en equipos split .....	42
<b>Tabla 7.</b> Costos para fabricación del soporte de poliuretano .....	73
<b>Tabla 8.</b> Comparación de costos comerciales .....	74
<b>Tabla 9.</b> Resumen de la etiqueta técnica de fabricación.....	84
<b>Tabla 10.</b> Reducción del ruido en equipo de aire acondicionado de 24 000 Btu .....	95
<b>Tabla 11.</b> Reducción del número de fluctuaciones sonoras de la unidad externa .....	96
<b>Tabla 12.</b> Capacitación sobre medición, evaluación y control de ruido.....	97
<b>Tabla 13.</b> Determinación de costos del proyecto .....	100
<b>Tabla 14.</b> Materiales .....	100
<b>Tabla 15.</b> Costos de capacitación .....	101
<b>Tabla 16.</b> Periodo de recuperación del capital .....	102
<b>Tabla 17.</b> TMAR y VAN.....	104

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Vista exterior de la empresa .....	16
<b>Figura 2.</b> Organigrama del departamento de mantenimiento.....	20
<b>Figura 3.</b> Tendencia del dólar estadounidense en Perú.....	25
<b>Figura 4.</b> Evolución de las importaciones peruanas (2013-2020).....	26
<b>Figura 5.</b> Tasa de inflación en América Latina (2020-2021).....	27
<b>Figura 6.</b> Efectos de los Niveles de Presión Sonora en el rango audible.....	34
<b>Figura 7.</b> Estructura celular del poliuretano .....	36
<b>Figura 8.</b> Causas relacionadas con el ruido en equipos de aire acondicionado.....	43
<b>Figura 9.</b> Representación de la propagación de la presión sonora en el aire.....	48
<b>Figura 10.</b> Relación de ganancia de un amplificador .....	50
<b>Figura 11.</b> Niveles de presión sonora para sonidos habituales en relación con 20 uPa .....	51
<b>Figura 12.</b> Diagrama en bloques de un sonómetro.....	53
<b>Figura 13.</b> Atenuación de frecuencias de las curvas de ponderación A, B y C .....	55
<b>Figura 14.</b> Coeficientes de reducción de ruidos de materiales porosos en dB (A) .....	56
<b>Figura 15.</b> Comportamiento de los materiales porosos en distintas frecuencias sonoras .....	57
<b>Figura 16.</b> Sonómetro análogo y digital.....	59
<b>Figura 17.</b> Medición para emisiones de una fuente fija hacia el exterior .....	60
<b>Figura 18.</b> Medición para fuentes vehiculares .....	60
<b>Figura 19.</b> Sensibilidad de un micrófono respecto con la orientación de la fuente .....	61
<b>Figura 20.</b> Grado de hipoacusia y repercusión a nivel de comunicación.....	65
<b>Figura 21.</b> Intensidad del ruido en dB y valoración subjetiva de su percepción.....	66
<b>Figura 22.</b> Presentaciones de soporte de caucho antivibraciones .....	66
<b>Figura 23.</b> Dimensiones del soporte de caucho.....	67
<b>Figura 24.</b> Presentación del tubo de aislamiento de poliuretano.....	68
<b>Figura 25.</b> Especificaciones físicas del tubo de aislamiento de poliuretano .....	68

<b>Figura 26.</b> Distribución de cargas de la unidad externa .....	69
<b>Figura 27.</b> Diseño de las dimensiones de soporte de poliuretano en cm.....	70
<b>Figura 28.</b> Lista de materiales para fabricación del soporte.....	71
<b>Figura 29.</b> Paso 1 .....	72
<b>Figura 30.</b> Paso 2.....	72
<b>Figura 31.</b> Paso 3.....	73
<b>Figura 32.</b> Fotografía del estado actual del equipo AAMS-24 .....	75
<b>Figura 33.</b> Diagrama de operaciones de mantenimiento correctivo- sección 1 .....	76
<b>Figura 34.</b> Diagrama de operaciones de mantenimiento correctivo- sección 1-2.....	77
<b>Figura 35.</b> Diagrama de operaciones de mantenimiento correctivo- sección 2 .....	78
<b>Figura 36.</b> Sonómetro digital profesional GM-1357.....	79
<b>Figura 37.</b> Características del software Sound Level Meter .....	80
<b>Figura 38.</b> Configuración de unidades SPL en sonómetro.....	81
<b>Figura 39.</b> Valores promedios del nivel sonoro en equipos de aire acondicionado .....	82
<b>Figura 40.</b> Configuración pc software en sonómetro .....	83
<b>Figura 41.</b> Etiqueta de fabricación del equipo AAMS-24.....	84
<b>Figura 42.</b> Dimensiones en cm del equipo de aire acondicionado .....	85
<b>Figura 43.</b> Distancia apropiada de medición del equipo. ....	86
<b>Figura 44.</b> Condiciones meteorológicas para Lima Centro.....	87
<b>Figura 45.</b> Medición sonora del entorno ambiental .....	88
<b>Figura 46.</b> Resultados de las mediciones sonoras del entorno ambiental .....	88
<b>Figura 47.</b> Gráfica de control de las mediciones del entorno ambiental en dB .....	89
<b>Figura 48.</b> Ubicación del sonómetro respecto con el equipo AAMS-24 .....	90
<b>Figura 49.</b> Lecturas de temperatura del termostato (°C). ....	91
<b>Figura 50.</b> Gráfico del nivel de presión sonora emitida por el equipo AAMS-24 .....	92
<b>Figura 51.</b> Instalación de soportes de poliuretano antivibratorio .....	93

<b>Figura 52.</b> Resultados de la medición de presión sonora en la unidad externa con soportes antivibratorios.....	94
<b>Figura 53.</b> Cronograma de ejecución de las capacitaciones.....	99
<b>Figura 54.</b> Tasa de rendimiento efectivo anual de bancos y cajas municipales nacionales .	101
<b>Figura 55.</b> Tasa interna de retorno .....	103

## Lista de anexos

<b>Anexo 1.</b> Glosario .....	111
<b>Anexo 2.</b> Materiales e insumos usados en instalaciones y mantenimiento.....	116
<b>Anexo 3.</b> Estructura orgánica de Air Master Cold S.A.C. ....	117
<b>Anexo 4.</b> Cadena de valor de Air Master Cold S.A.C. ....	118
<b>Anexo 5.</b> Entidades de normalización del sector de aire acondicionado .....	119
<b>Anexo 6.</b> Evaluación de oportunidades y amenazas, parte A-1 .....	120
<b>Anexo 7.</b> Evaluación de oportunidades y amenazas, parte A-2.....	121
<b>Anexo 8.</b> Análisis de factores internos y externos .....	122
<b>Anexo 9.</b> Partes de un equipo split convencional de aire acondicionado .....	123
<b>Anexo 10.</b> Especificaciones técnicas de un equipo de split modelo standard .....	124
<b>Anexo 11.</b> Ciclo de refrigeración de un sistema de aire acondicionado .....	125
<b>Anexo 12.</b> Procedimiento de limpieza de equipo de aire acondicionado, parte A-1 .....	126
<b>Anexo 13.</b> Procedimiento de limpieza de equipo de aire acondicionado, parte A-2 .....	127
<b>Anexo 14.</b> Pruebas básicas de funcionamiento .....	128
<b>Anexo 15.</b> Intervalo de limpieza en unidades de aire acondicionado .....	129
<b>Anexo 16.</b> Ficha de evaluación del estado actual del equipo AAMS-24.....	130
<b>Anexo 17.</b> Reporte de resultados de la medición sonora de la unidad externa AAMS-24, Med.1.....	131
<b>Anexo 18.</b> Hoja de campo para evaluación de ruidos en equipos- Med.2.....	132
<b>Anexo 19.</b> Reporte de resultados de la medición sonora de la unidad externa AAMS-24- Med.2.....	133

## Introducción

En la actualidad, el tema del ruido derivado de las vibraciones mecánicas de las máquinas y los equipos, y su influencia sobre las personas, no es nuevo, pero sí es de gran interés en toda la actividad productiva. Desde el punto de vista técnico, esto puede indicar un mal funcionamiento en el equipo, lo que afecta la labor para el que fue diseñado. Por otro lado, desde el punto de vista de la salud, el ruido producido por las vibraciones mecánicas suele ser el causante de sensación de molestias en la percepción auditiva de los clientes, por ello, se han desarrollado alternativas para minimizarlos.

La empresa Air Master Cold S.A.C., con el esfuerzo para el cumplimiento de sus objetivos estratégicos de satisfacer las necesidades de sus clientes, cuenta con un servicio postventa dedicado al mantenimiento de los equipos de aire acondicionado. En esto, existe un esfuerzo por ampliar nuevas soluciones, alternativas y métodos que permitan al técnico afrontar estos inconvenientes, tal como es el caso de las vibraciones y los ruidos en los equipos de ventilación.

En el sector de servicios de aire acondicionado, rubro en el que se desempeña la empresa Air Master Cold S.A.C., se conoce que los equipos de ventilación manejan su sistema de acondicionamiento de aire mediante constantes intercambios de estado de flujo del refrigerante, lo que se realiza en las unidades internas y externa del equipo, así, por dicha operación mecánica, generan un nivel sonoro definido dentro de sus especificaciones técnicas de fabricación. Estos están expuestos a diferentes factores a lo largo de su vida útil, por ello, se degradan sus funciones y el nivel sonoro aumenta considerablemente, lo que es percibido, por los clientes, como una molestia.

Desde el punto de vista de la ciencia, el progreso tecnológico en el campo de la electrónica ayudó en el desarrollo de instrumentos como los medidores de nivel sonoro, capaces estos de cuantificar los efectos del ruido al que están expuestas las personas; este tipo de instrumentación es parte fundamental en el desarrollo de la presente investigación.

Por lo tanto, en este estudio se analiza una alternativa para reducir los ruidos producto de las vibraciones de los equipos de aire acondicionado, esto con el uso de un material empleado, comúnmente, en el sector.

## Capítulo I

### 1.1 Descripción de la empresa

#### 1.1.1 Antecedentes de la empresa

Air master Cold S.A.C. tiene más de 10 años de experiencia en el sector de servicios de aire acondicionado, así, ofrece, al mercado peruano, sus servicios relacionados con la instalación, la venta y el mantenimiento de equipos de aire acondicionado (Air Master Cold S.A.C., s.f).

El compromiso de brindar un mejor servicio está representado, en parte, por los acuerdos comerciales que la empresa establece con los fabricantes de diferentes marcas internacionales tales como Toshiba Ecotemp (Japón), Samsung (Corea), LG (Corea), York, Carrier, Tyco, Simplex y Westinghouse (Estados Unidos). Estas compañías cumplen con especificaciones internacionales de fabricación y respaldan a las empresas comerciantes de sus productos a través de garantías de fabricante (Air Master Cold S.A.C., s.f).

El compromiso de la empresa se demuestra en capacitar a su personal técnico y administrativo en funciones relacionadas con la ejecución de proyectos de instalación de aire acondicionado, esto con nuevas tecnologías y en el uso de nuevas alternativas de solución en el servicio de mantenimiento.

De este modo, uno de sus objetivos estratégicos se relaciona con la satisfacción de los clientes, lo que es un esfuerzo constante. En estos últimos 2 años, el esfuerzo de la empresa se ha visto afectado por factores del entorno nacional e internacional, vinculados estos con la seguridad sanitaria y la economía. Sin embargo, esto no desalentó su compromiso, sino que se convirtió en una oportunidad para demostrar la responsabilidad social y empresarial con el cumplimiento de los nuevos protocolos de seguridad que protegen a sus trabajadores y la integridad sanitaria de sus clientes.

## 1.2 Perfil de la empresa

### 1.2.1 Datos generales

Air Master Cold S.A.C. es una mediana empresa que se encuentra en la categoría de PYME<sup>1</sup>.

Giro comercial: actividades de servicios CIU 4322, instalaciones de aire acondicionado y afines.

#### **Figura 1**

*Vista exterior de la empresa*



### 1.2.2 Actividad comercial

- Amplia experiencia profesional en instalación e implementación de sistemas de aire acondicionado comercial (equipos Split decorativos y ductos) y aire acondicionado industrial (chillers y UMAS), esto con el cumplimiento de los estándares de calidad de Ashrae y NFPA.

---

<sup>1</sup> Conocido también como PYMES, es un acrónimo que hace referencia a las micro, pequeñas y medianas empresas que realizan actividades en Perú en los sectores comerciales, servicios, comercio, industria, minería o agropecuaria.

- Brindar servicios postventa de mantenimiento de equipos de aire acondicionado.

### **1.2.3 Actividad de comercio exterior**

Importador de equipos, repuestos, gases refrigerantes, consumibles, tubos de conexión de cobre y agentes de limpieza para aire acondicionado (Anexo 2).

#### ***1.2.3.1 Nicho de mercado***

Servicios destinados para oficinas, departamentos, almacenes, locales comerciales, acondicionamiento de salas de cómputo, equipamiento para clínicas y hospitales, y para los diferentes sectores: minero, industrial y pesquero.

#### ***1.2.3.2 Cartera de clientes***

- Kids Made Here
- Rustica
- Larcomar
- Mc Donald's
- Jockey Plaza
- Saga Falabella
- Los Portales
- Alicorp
- Ripley
- Backus
- Bonatex S.A.
- Caudalosa compañía minera S.A.
- Cerro Verde

- Transportadora de Gas del Perú
- Pesquera Examar
- Pesquera Diamante
- Austral
- Las bambas
- The Coca Cola Company
- Gobierno Regional del Callao

### **1.3 Actividades de la empresa**

#### **1.3.1 Misión**

Prestar un excelente servicio dedicado a la instalación, la venta y la postventa de mantenimiento de equipos de aire acondicionado, por lo tanto, la compañía cuenta con un personal capacitado para brindar soluciones y comprometido con el cumplimiento de las normas de seguridad y calidad.

#### **1.3.2 Visión**

Ser una organización reconocida en el mercado en la prestación de un servicio integral, esto con la seguridad y la confianza para cumplir con las necesidades de los clientes.

#### **1.3.3 Objetivos**

Corto plazo (0 a 1 año)

- Posicionarse en el mercado a través del reconocimiento de la garantía que brinda en sus servicios de sistemas y equipos de aire acondicionado.
- Contar con la infraestructura de equipos de alta tecnología y un personal especializado.

- Brindar soluciones eficientes respecto con los equipos, lo que se verá reflejado en la satisfacción de los clientes.

Mediano plazo (2 a 3 años)

- Convertirse en un distribuidor autorizado de las principales marcas de equipos de aire acondicionado en el país.
- Realizar proyectos de gran escala en el servicio de sistemas de aire acondicionado industrial y comercial, con el propósito de afianzar la experiencia en el mercado.
- Poseer una amplia base de datos de clientes satisfechos y promover la mejora continua de los colaboradores, esto mediante la confianza en el trabajo seguro y responsable.

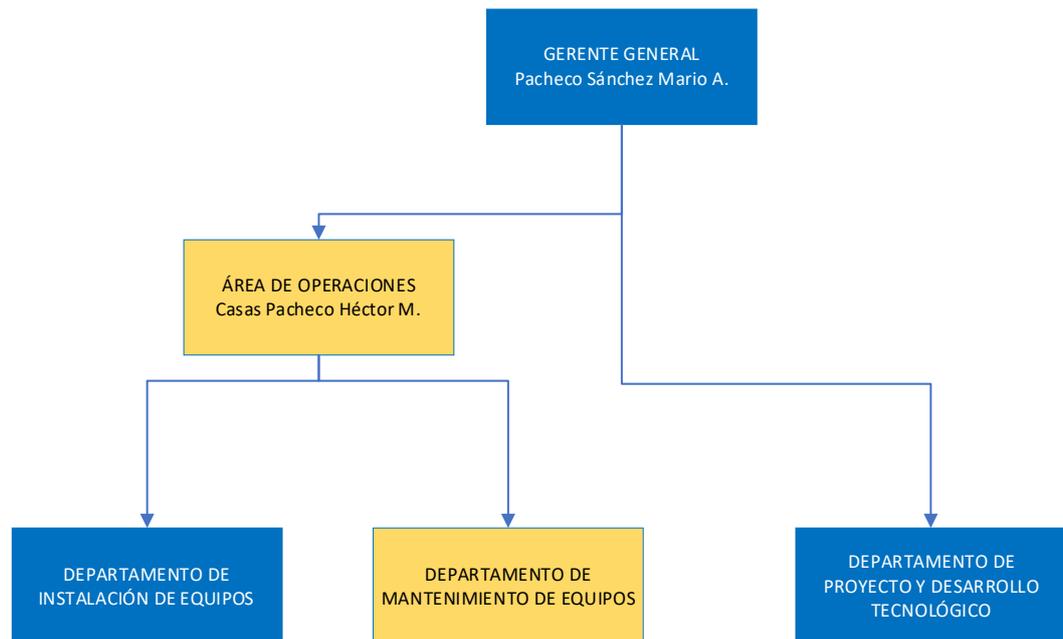
Largo plazo (4 años a más)

- Ser una empresa líder en el mercado nacional, esto en el ofrecimiento de un servicio de calidad para diferenciarse de la competencia.
- Ser una organización reconocida en el país por ser la principal importadora de marcas y accesorios de aire acondicionado, esto por medio de alianzas estratégicas con sus proveedores internacionales (Espinell y Romero, 2013).

#### **1.4 Organización actual de la empresa**

La empresa está constituida, jerárquicamente, por un gerente general que se encarga de liderar a la organización a través de los objetivos estratégicos transmitidos a sus 5 áreas funcionales (Anexo 3).

**Figura 2**  
*Organigrama del departamento de mantenimiento*



Fuente: elaboración propia.

El área de operaciones se encarga de coordinar las fechas y los horarios de visita técnica con la división de servicios postventas, así como de designar al departamento de mantenimiento para llevar a cabo las actividades correspondientes. Las actividades del departamento de mantenimiento de equipos de aire acondicionado se desarrollan en 2 turnos, uno diurno y uno nocturno; estas actividades están divididas en 8 equipos, cada uno integrado por un técnico especialista y un técnico ayudante.

#### 1.4.1 Cadena de valor

- a. Actividades de soporte: son actividades fundamentales del negocio, estas permiten el desarrollo de las actividades primarias de Air Master Cold S.A.C. mediante una gestión económica y financiera de inversión, el desarrollo del talento humano en relación con las nuevas tecnologías y la gestión del suministro de los materiales e insumos necesarios para las operaciones.

- Infraestructura de la empresa: las actividades tienen el fin de garantizar que el efectivo fluya y no se presenten problemas de liquidez financiero en la empresa, además de gestionar el sistema de remuneraciones de todo el personal y de las alianzas estratégicas relacionadas con los inversores.
  - Gestión de recursos humanos: se encarga del reclutamiento, la capacitación y la formación de los nuevos trabajadores de la empresa para cumplir, correctamente, con sus funciones. Igualmente, se encarga de la evaluación del desempeño en su clima laboral, y vela por la seguridad de su integridad física y sanitaria en la operación.
  - Desarrollo tecnológico: se encarga de todo lo relacionado con la investigación de mercado en nuevas tecnologías administrativas y de operación, lo que es beneficioso para mejorar la funcionalidad de las actividades de la organización y aumentar la competitividad tecnológica en el mercado nacional, esto frente a otros competidores.
  - División de compras: se encarga de administrar y contabilizar todo el trabajo administrativo ligado con las compras, esto con la evaluación del estado de los precios en el mercado y velando por el cumplimiento de las políticas nacionales e internacionales.
- b. Actividades primarias: se relacionan, directamente, con el servicio que brinda la empresa a través de la venta y la instalación o postventa del mantenimiento (Anexo 4).
- Logística interna y externa: gestiona la adquisición de equipo, materiales e insumos necesarios en el trabajo, esto por medio de fabricantes internacionales de Japón, Corea, España y Estados Unidos. Planifica el transporte de materiales desde los almacenes a los lugares de trabajo y

suele encargarse del transporte del personal a diferentes locaciones de operación. Por otro lado, elabora informes de control de entrada y salida de recursos para mantener un *stock* recomendable.

- Operaciones: planifica todos los proyectos relacionados con el servicio de aire acondicionado, tales como la preparación de esquemas de instalación, la planificación del tipo y la cantidad de materiales e insumos requeridos para la atención, y la planificación del cronograma de instalación.
- *Marketing* y ventas: se encarga de todo lo ligado con la fuerza de venta, la promoción y la publicidad a través de medios virtuales y físicos, entre ellos, el catálogo de equipos que se entrega a los clientes o la pasarela de modelos de equipos y marcas disponibles en el portal web de la empresa.
- Servicios postventas: se encarga de la atención de consultas, las recomendaciones y la resolución de quejas de sus clientes, entre ellos, la solicitud de nuevas instalaciones de mantenimiento por inconvenientes presentados.

## **1.5 Descripción del entorno de la empresa**

En el presente trabajo se analizaron los factores que intervienen, directa e indirectamente, en el esfuerzo del cumplimiento de las actividades de la cadena de valor, lo que afecta la satisfacción del cliente, para ello, se clasificaron los factores como internos y externos. Los factores internos se vinculan con las fortalezas y las debilidades, y los factores externos con todo aquello que se presente como oportunidades o amenazas en el desarrollo del negocio.

### **1.5.1 Factores internos**

#### **a. Fortalezas**

F1. Experiencia en la creación de proyectos dedicados a la instalación de sistemas de aire acondicionado.

F2. Conocimiento del sector, los inversores, los proveedores y los posibles clientes.

F3. Personal capacitado que demuestra alta capacidad en el desarrollo de soluciones de mantenimiento.

F4. Contar con un servicio logístico propio en la función de transporte de personal y materiales.

F5. Fuerte compromiso con el cuidado medioambiental y sostenible en el tiempo.

F6. Convenios de exclusividad con proveedores estratégicos de Estados Unidos, Corea y Japón.

#### **b. Debilidades**

D1. Limitación del departamento logístico para comprar equipos y repuestos relacionados con el servicio de aire acondicionado a nivel local y nacional.

D2. Tiempo de respuesta lento en cuanto a proveer repuestos de piezas de equipos a los clientes.

D3. Poca diversificación de la marca para brindar servicios afines.

D4. La fuerza de ventas no es adecuada.

D5. Carencia de software actualizado para el área de administración y el área de proyectos.

### **1.5.2 Factores externos**

Se analizaron los factores externos que influyen en la empresa, así, se clasificaron como una oportunidad o amenaza (Anexo 6).

#### ***1.5.2.1 Entorno político***

##### ***1.5.2.1.1 Cuarentena rígida ante la crisis sanitaria del Covid-19***

Mediante el Decreto Supremo N°044-2020-PCM, el Gobierno peruano estableció medidas de aislamiento social obligatorio en las que se prohibió la apertura de centros de labores del sector público, exceptuando por las actividades de primera necesidad, esto con el fin de enfrentar la pandemia por Covid-19.

##### ***1.5.2.1.2 Nuevas elecciones 2021 y nuevas variables del mercado***

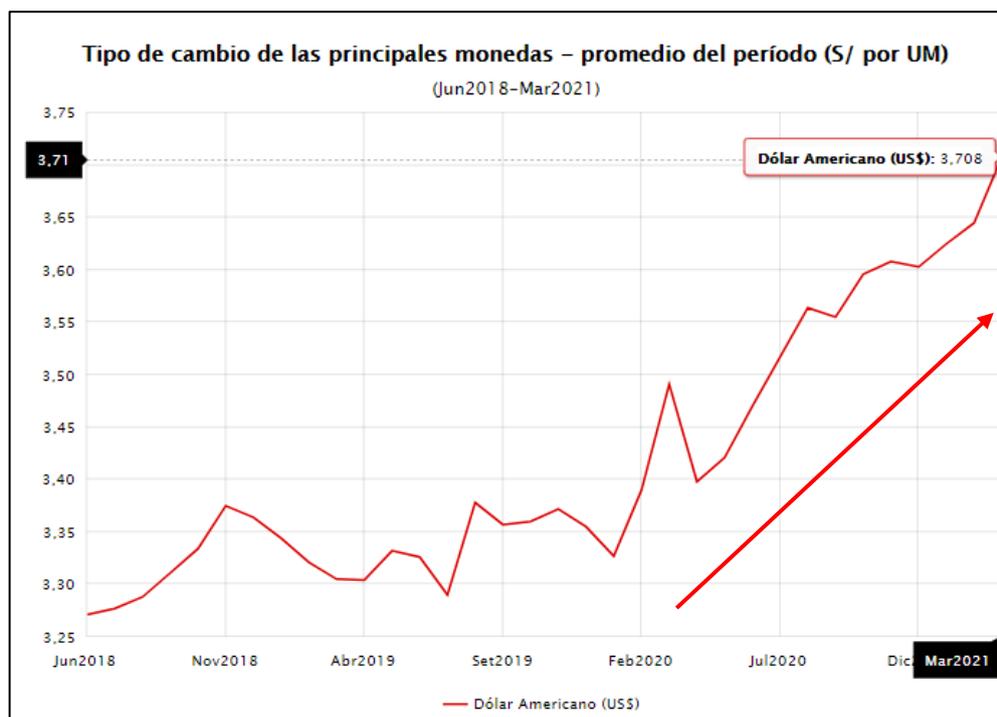
Las elecciones presidenciales y parlamentarias celebradas en abril establecieron las variables de la economía del país (tasa de interés, I.G.V., aranceles de importaciones, tasa de inflación, ingresos y consumos nacionales, relaciones comerciales con inversionistas, entre otros).

### 1.5.2.2 Entorno económico

#### 1.5.2.2.1 Tipo de cambio y tendencia del precio del dólar

Uno de los escenarios consecuencia del impacto de la pandemia fue la tendencia creciente del precio del dólar en Perú; el precio del dólar estadounidense, a partir de inicios del año pasado, presentó una tendencia creciente y en marzo del 2021 logró posicionarse en S/ 3 708 por cada dólar (Banco Central de Reserva del Perú, 2021).

**Figura 3**  
*Tendencia del dólar estadounidense en Perú*

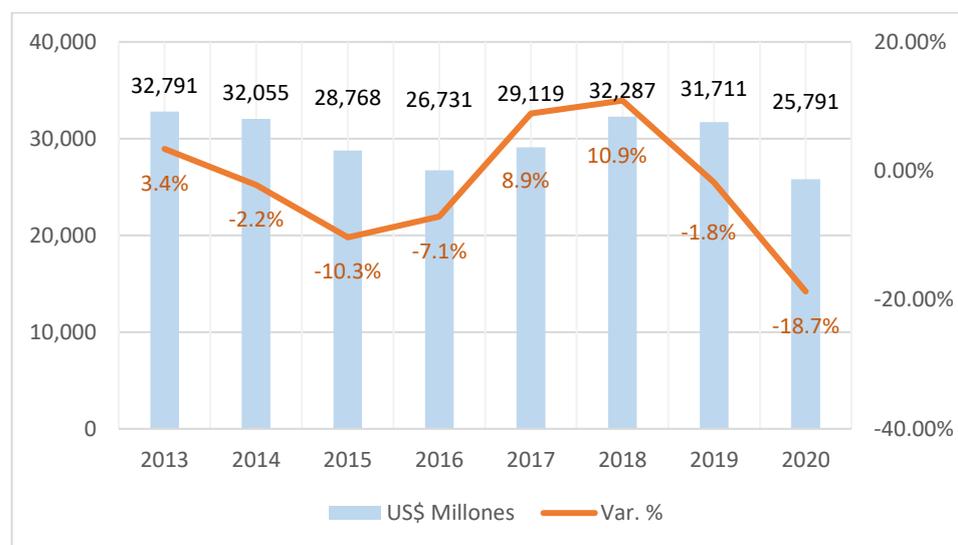


Fuente: elaboración propia con información del Banco Central de Reserva del Perú (2021).

### 1.5.2.2.2 Importaciones de productos y bienes de servicio en Perú

Durante el periodo enero - setiembre del 2020, se registró que las importaciones generales cayeron un 18,7%, porcentaje más bajo en los últimos 4 años en el país (Sociedad de Comercio Exterior del Perú, 2021).

**Figura 4**  
*Evolución de las importaciones peruanas (2013-2020)*

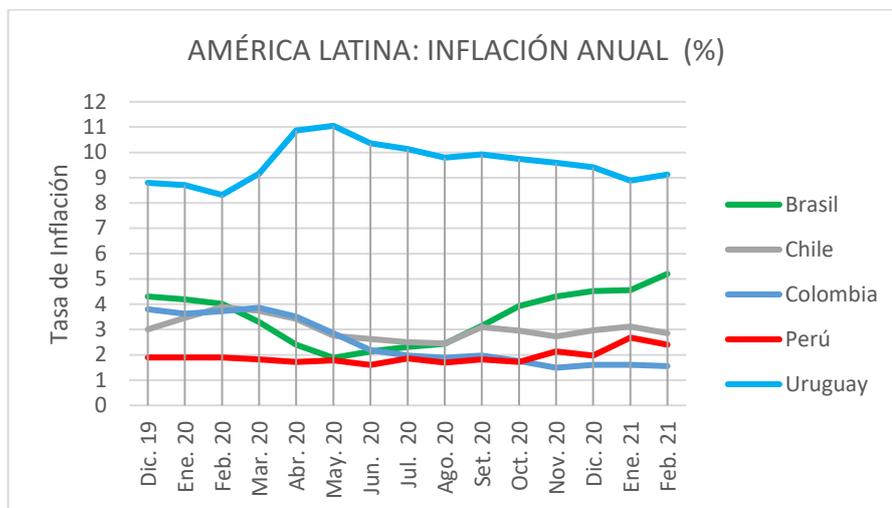


Fuente: elaboración propia con información de Sociedad de Comercio Exterior del Perú (2021).

### 1.5.2.2.3 Tasa de inflación anual y mensual

La tasa de inflación se centró, en febrero del 2021, en 2,40 %, superando las expectativas económicas del Banco Central de Reserva del Perú en su pronóstico 2020-2021, lo que se dio como consecuencia de la creciente crisis sanitaria que aún permanece presente en el mundo.

**Figura 5**  
*Tasa de inflación en América Latina (2020-2021)*



Fuente: elaboración propia con información tomada del Banco Central de Reserva del Perú (2021).

Según el reporte del Banco Central de Reserva del Perú (2021), el rango meta de inflación en Perú es de 1,0 a 3,0, por ello, las cifras han revelado que se ha logrado mantener dentro los márgenes pese a la pandemia. Si se considera la tendencia anual de los últimos 3 años: 2018 (2,19 %), 2019 (1,90 %) y 2020 (1,97 %), y la tendencia mensual del último mes: febrero 2021 (2,40 %), es posible apreciar una tendencia del crecimiento de dicha tasa.

### ***1.5.2.3 Entorno social***

#### ***1.5.2.3.1 Tasa de desempleo a nivel nacional por cuarentena estricta***

En Lima Metropolitana, la tasa de desempleo reflejó una caída del 15,3 % en la población ocupada, es decir, más de 1,3 millones de personas pasaron a ser desempleadas. Por otro lado, las PYME, debido a la profunda crisis económica del país, no generaban ingresos y no había un presupuesto para el pago de los trabajadores, los proveedores y los colaboradores; hubo la necesidad de reducir personal de forma temporal y permanente (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática, 2021).

#### *1.5.2.3.2 Facilidades laborales en la prestación de servicio de los trabajadores*

Mediante el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE)<sup>2</sup> se publicó un grupo de medidas laborales que incentivaban a reducir la tasa de despido de personal debido a la crisis económica presentada en el país en el 2020.

Entre algunas medidas se encuentra la suspensión perfecta de labores (SPL), acuerdo laboral en el que un trabajador deja de prestar servicios y, como respuesta, el empleador deja de pagar remuneraciones durante un tiempo definido de 30 días, especificado este en la Resolución Ministerial N° 126-2020-TR (09/07/20).

#### *1.5.2.4 Entorno tecnológico*

##### *1.5.2.4.1 Modernización de la tecnología inverter frío / calor*

La tecnología *inverter* en equipos de aire acondicionado es el perfecto ejemplo de adecuarse a las necesidades del mercado; este tipo de tecnología ahorra hasta un 50 % de energía respecto con los equipos convencionales, puesto que su funcionamiento se basa en adaptarse y regular, eficientemente, el ciclo eléctrico del compresor, lo que evita continuos arranques y paradas del sistema cuando se regula la temperatura del ambiente (Toshiba, 2016).

---

<sup>2</sup> El Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo es una institución que se encarga de administrar, elaborar, proponer y fiscalizar las políticas para todas las áreas de trabajo, empleo y relaciones laborales a nivel nacional.

#### 1.5.2.4.2 Ingreso al mercado de nuevos refrigerantes de menor toxicidad e inflamabilidad

El Ministerio de la Producción y la Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria (DGAAMI)<sup>3</sup> están comprometidos en eliminar el uso de refrigerantes con compuesto de hidroclorofluorocarbonos (HCFC)<sup>4</sup>, debido a que son sustancias que impactan con la degradación de la capa de ozono, lo que está establecido en el protocolo de Montreal.

Por otro lado, en el 2010 se prohibió el uso del refrigerante R-22 en el mercado por el daño que ocasionaban en la capa de ozono. Asimismo, se halló una nueva clasificación más detallada de refrigerantes AL2 y A1, estos son recomendados por su baja inflamabilidad y bajo riesgo de toxicidad en el ambiente (Ashrae, 2019).

**Tabla 1**  
*Clasificación de refrigerantes según el grupo químico*

Fluidos frigorígenos			
Duración	Grupo químico	Tipo	Nombre refrigerante
Transición	Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)	Fluidos puros	R123 / R-22
		Mezclas	Basados en R-22
Medio / largo plazo	Hidrofluorocarburos (HFC)	Fluidos puros	R-134A / R-23
		Mezclas	R404A / R507 R407C / R417A R410A / R508B
	No Halogenados	Hidrocarburos	R290 / R600 R600A
		Inorgánicos	R-17 / R744

<sup>3</sup> La Dirección General de Asuntos Ambientales de Industria es una institución del Ministerio de la Producción, cuya autoridad normativa, a nivel nacional, se encarga de promover el cuidado del entorno ambiental y su conservación.

<sup>4</sup> Hidroclorofluorocarbonos o HCFC son compuestos gaseosos formados por átomos de cloro, hidrogeno, flúor y carbono, estos son considerados destructores de la capa de ozono.

Desde el punto de vista tecnológico - ambiental, los refrigerantes que se encuentran en los grupos de menor toxicidad son el R134, R404a, R507, R717, R23 y R407C, este último es un compuesto de 3 gases: R32 (23 %), R125 (25 %) y R134A (52 %), por ello, tiene buenas propiedades termodinámicas, bajo impacto ambiental y poca toxicidad en el sector de servicios de aire acondicionado.

**Tabla 2**

*Clasificación de las características de seguridad de los refrigerantes*

	Baja toxicidad	Alta toxicidad	
No inflamables	A1	B1	Riesgo creciente de inflamabilidad ↑
Baja inflamabilidad	A2L	B2L	
Inflamable	A2	B2	
Alta Inflamabilidad	A3	B3	
	Riesgo creciente de toxicidad →		

### 1.5.3 Análisis de factores internos y externos

**Tabla 3**  
*Matriz FODA*

Matriz FODA Minimizar, en lo posible, el grado de la debilidad, e impulsar las metas para conseguir el éxito.	Oportunidades	Amenazas
	O1. Presupuesto gubernamental para financiamiento de MYPES. O2. Modernización de la tecnología <i>inverter</i> frío / calor con ahorro de hasta el 50 % de energía eléctrica. O3. Ingreso de nuevos refrigerantes al mercado con menor toxicidad e inflamabilidad. O4. Normativas Internacionales ASHRAE Standard 34 que respaldan la política de calidad, medioambiental y de seguridad.	A1. Nuevas elecciones presidenciales abril 2021 y nuevas variables del mercado. A2. Tasa de Inflación anual ligeramente inestable, centrándose en 2,40 % para febrero 2021, mayor esto al año pasado. A3. Crisis pandémica Covid-19 que no promueve la contratación de nuevo personal. A4. Competencia que ofrece servicios a precios relativamente bajos usando insumos de refrigerantes de baja calidad.
<p style="text-align: center;">Fortalezas</p> F1. Experiencia del depto. de proyectos en sistemas de acondicionamiento de aire. F2. Conocimiento del sector, inversores, proveedores y posibles clientes. F3. Personal con alta capacidad en el desarrollo tecnológico de soluciones de mantenimiento. F4. Fuerte compromiso con el cuidado medioambiental y sostenible en el tiempo. F5. Convenios de exclusividad con proveedores estratégicos de Estados Unidos, China y Japón.	<p style="text-align: center;">Objetivo estratégico FO</p> F1.F3.O2. Lograr posicionamiento en el mercado al ser reconocidos por el factor diferenciador de ofrecer soluciones tecnológicas de primera mano y equipos de gran eficiencia energética con ahorro en costos para los clientes. F2.O1. Aprovechar los programas económicos gubernamentales para atenuar los pagos a proveedores y trabajadores en el corto y mediano plazo. F4.O3.O4. Orientar la imagen del negocio hacia el uso de tecnologías limpias y eficientes para cuidar el medio ambiente, respaldado esto por políticas internacionales de calidad, medio ambiente y seguridad.	<p style="text-align: center;">Objetivo estratégico FA</p> F2.A1.A2. Planificar, en un corto y mediano plazo, las actividades de acuerdos comerciales del negocio. F4.A4. Aumentar la ventaja sobre los competidores ubicando un perfil de clientes en el mercado que prefieran la calidad y durabilidad en el tiempo antes que el precio. F1.F3.A3. Minimizar la pérdida de personal con experiencia, llegando a acuerdos de común beneficio para afrontar la situación pandémica del Covid-19.
<p style="text-align: center;">Debilidades</p> D1. Limitación del depto. logístico para comprar equipos, repuestos y accesorios de aire acondicionado a los clientes. D2. Poca diversificación de la marca para brindar servicios afines. D3. Falta de software actualizados para el área de administración y el área de proyectos.	<p style="text-align: center;">Objetivo estratégico DO</p> D1.O2.O4. Orientar la imagen de la empresa en el mercado nacional a través de la confianza tecnológica de los servicios que tienen garantía de fabricante y están regulados por entes internacionales de gran reputación. D3.O1.O3. Evaluar los costos/beneficios de adquirir nueva tecnología en software en mediano plazo para impulsar la eficiencia de las actividades de las áreas de administración y proyectos.	<p style="text-align: center;">Objetivo estratégico DA</p> D2.A5. Ampliar la base de datos de clientes y enfocarse en una estrategia de reforzar la confianza del servicio a través de la disponibilidad técnica inmediata y de encuestas vía correo electrónico. D2.A5. Promover, vía web y virtual, un catálogo de especificaciones de los equipos y las nuevas tecnologías en aire acondicionado para aumentar la confianza en la información del servicio que se está adquiriendo.

## Capítulo II. Descripción de la realidad problemática

### 2.1 Situación de la realidad problemática

En el último año, Air Master Cold S.A.C. ha afrontado diversas situaciones adversas, entre estas, la más significativa ha sido la pandemia de Covid-19, cuya implicancia alcanzó ámbitos socioeconómicos, políticos y de seguridad sanitaria, lo que causó que la empresa viera retrasados los esfuerzos de cumplir sus objetivos estratégicos. Uno de los objetivos más importantes es la satisfacción de las necesidades de los clientes en el servicio de mantenimiento, por ello, el servicio postventa ha adquirido una mayor importancia para demostrar el compromiso y la eficiencia de sus técnicos especialistas en el desarrollo de soluciones confiables.

Los técnicos de mantenimiento de equipos de aire acondicionado enfrentan diversos casos reportados por clientes, el más común son las vibraciones en los equipos *split* de aire acondicionado, pues son percibidas como molestia sonora en los usuarios.

Desde el punto de vista técnico, se sabe que cierto nivel sonoro es propio de los equipos mecánicos como el compresor y el evaporador, en vista de que estos operan con la transferencia de fluidos líquidos y la emisión de flujos de aire, por ello, los fabricantes especifican, en sus equipos *split*<sup>5</sup> de aire acondicionado, el nivel sonoro que se emitirá en la parte interna y externa del equipo (Anexo 10).

De acuerdo con las especificaciones técnicas de 3 equipos split de aire acondicionado convencional, cuya capacidad se expresa en Btu/h, los niveles sonoros mínimos de la unidad interna y externa, para una capacidad de 12 000, 18 000 y 24 000 Btu/h, son los siguientes.

---

<sup>5</sup> Los equipos de aire acondicionado tipo *split* hacen referencia a que están compuestos por 2 unidades, una interna dentro del establecimiento y una externa expuesta al entorno del ambiente.

**Tabla 4**  
*Especificaciones técnicas de sonoridad de equipos split*

Modelo de equipo <i>split</i> por capacidad Btu/h			
Modelo	MSAF-12HRN1	MSAF-18HRN1	MSAF-24HRN1
Capacidad (Btu /h)	12 000	18 000	24 000
Nivel sonoro en decibeles (dB)			
Unidad interna (evaporador)	39,7 dB	42,1 dB	47,3 dB
Unidad externa (compresor)	65,7 dB	67,1 dB	67,4 dB

Nota: los valores para la unidad interna son promedios obtenidos de un nivel alto, medio y bajo en dB.

Es necesario mencionar que en Perú se cuenta con la Ley General del Ambiente (Ley N°28611) y el Decreto Supremo N°085-2003-PCM, los que jerarquizan los ruidos en el ambiente según su nivel de sonoridad, y sus efectos en las personas y en el entorno ambiental.

Entre los organismos evaluadores se encuentra el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental<sup>6</sup>, cuyo marco normativo ambiental, que evalúa el impacto del ruido en el ambiente, considera al rango de 50-60 dB con una intensidad de ruido moderada, en el que se podría realizar una conversación a una distancia máxima de 1,5 m. Igualmente, en el rango de 70-80 dB se puede considerar como intensidad fuerte la que es perjudicial para la sensibilidad auditiva de las personas, así, es necesaria una conversación con voz fuerte para lograr oír; por otro lado, categoriza el ruido en relación con el Nivel de Presión Sonora (NPS) expresado en dB, tal como se visualiza en la Figura 6.

<sup>6</sup> La División General de Salud Ambiental es responsable de evaluar el aspecto técnico y normativo, la vigilancia de factores de riesgos físicos, biológicos y químicos, y la fiscalización en materia de salud en el entorno ambiental. Guía técnica: vigilancia de la salud de los trabajadores.

**Figura 6**

*Efectos de los Niveles de Presión Sonora en el rango audible*

<b>Leq</b>	<b>Referente del nivel de ruido</b>	<b>Afectación</b>
0 dB	Umbral de percepción	<p>- A partir de los 60 dB el ser humano puede empezar a experimentar molestias en la audición.</p> <p>- La exposición prolongada a más de 90 dB causa pérdida gradual de la audición.</p> <p>- La exposición regular a más de 110 dB por más de un minuto arriesga la pérdida de audición permanente.</p> <p>-El umbral de dolor para los humanos se encuentra en los 140 dB.</p>
10 dB	Estudio de grabación	
20 dB	Habitación Silenciosa	
40 dB	Biblioteca, conversación susurrada	
50 dB	Conversación normal	
60 dB	Lavadora, aspiradora	
70 dB	Conversación en voz alta	
80 dB	Calle ruidosa	
90 dB	Tren en marcha	
100 dB	Ambiente de discoteca	
120 dB	Disparo, Megáfono, claxon, martillo neumático	
130 dB	Avión despegando	
140 dB	Explosión	
180 dB	Despegue de un cohete	

Fuente: elaboración propia con información del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2016).

En este orden de ideas, estas normativas plantean que las molestias que reportan los clientes pueden deberse a que el ruido de las vibraciones en los equipos de aire acondicionado supera cierto rango de nivel sonoro, por ende, se tomó, como línea base, las especificaciones técnicas de estos equipos y se analizaron las mediciones sonoras correspondientes.

Air Master Cold S.A.C., con el compromiso y la preocupación por la satisfacción de sus clientes, cuenta con una Departamento de Mantenimiento que ha iniciado un estudio acerca de cómo se generan estas molestias sonoras en los equipos de aire acondicionado, así como qué medidas correctivas se pueden aplicar para reducirlas o eliminarlas.

Por esto, con el conocimiento del impacto económico que causó la pandemia en el país y en el sector de servicio de aire acondicionado, se pretende reutilizar ciertos materiales comúnmente empleados en la instalación del servicio, con el propósito de aprovechar sus diversas propiedades en la solución de las molestias sonoras reportadas por los clientes.

En este sentido, se determinó el logro del objetivo propuesto por medio del uso de ciertos materiales porosos que tienen un gran impacto en la mitigación del ruido producido por las vibraciones de los equipos de aire acondicionado. Una alternativa accesible son los elastómeros como el poliuretano, un material empleado en el sector por sus propiedades elásticas, de dureza y su uso como aislante térmico en los ductos de cobre.

Conforme con el Código Técnico de Edificación <sup>7</sup>, y su guía acerca de las ventajas y soluciones de la espuma rígida de poliuretano como aislante térmico, acústico e impermeabilización, este material está constituido por celdas cerradas en (>90 %) y propiedades que permiten lograr una mayor reducción de la transmisión de sonidos (Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado, s.f).

**Tabla 5**

*Coefficiente de absorción del poliuretano de celda cerrada*

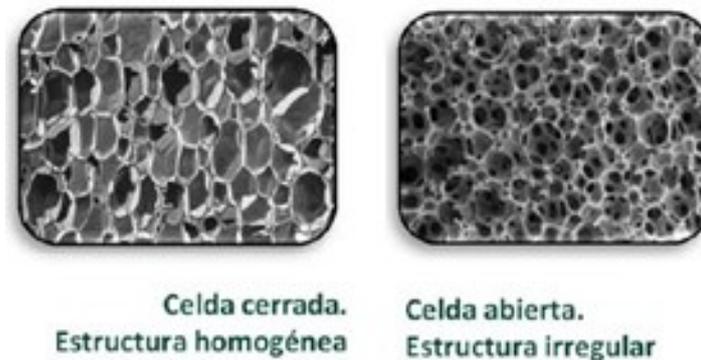
Frecuencia (Hz)	Coefficiente de absorción sonora
250	0,317
500	0,362
1000	0,287
2000	0,381
4000	0,410
8000	0,452

Fuente: elaboración propia con base en Salazar y Cabrera (2007).

<sup>7</sup> El Código Técnico de Edificación es el conjunto de normativas que regulan la construcción de edificios de España. En este se establecen los requisitos básicos de seguridad estructural respecto con los cimientos, los aceros, la madera, la salubridad, la protección frente al ruido, el ahorro energético y los materiales utilizados en la construcción de edificaciones.

El poliuretano suele ser usado en el sector de construcción como un material amortiguador de vibraciones, pues contribuye a la eliminación y la reducción de resonancias. Asimismo, el poliuretano de celda cerrada alcanza un índice de reducción acústica de hasta 51 dB, mientras que el poliuretano de celda abierta alcanza un índice de reducción acústica de 60 dB.

**Figura 7**  
*Estructura celular del poliuretano*



Fuente: BASF SE (s.f).

De este modo, el compromiso del Departamento del Mantenimiento, alineado con los objetivos estratégicos de Air Master Cold S.A.C., converge en proponer nuevas alternativas de solución para mitigar los ruidos producidos por las vibraciones de los equipos de aire acondicionado, esto con la reutilización de materiales como el poliuretano con propiedades afines con la solución de la problemática.

## 2.2 Análisis del proyecto

En función de lo anterior, el propósito fue responder a una interrogante que persigue el objetivo general del presente proyecto, esta es la siguiente.

¿En qué medida el uso del poliuretano rígido reduce las vibraciones en equipos de aire acondicionado?

## **2.3 Objetivo del proyecto**

### **2.3.1 Objetivo general**

Reducir las vibraciones de los equipos de aire acondicionado.

### **2.3.2 Objetivos específicos**

- Analizar y estudiar el nivel de vibración de los equipos de aire acondicionado.
- Corrección y aplicación del poliuretano a los equipos de aire acondicionado.
- Estandarizar y monitorear las correcciones implantadas.

## Capítulo III. Desarrollo del proyecto

### 3.1 Descripción del proceso a desarrollar

#### 3.1.1 Antecedentes de la investigación

##### 3.1.1.1 *Ámbito internacional*

En la investigación “Control de ruido en sistemas de aire acondicionado”, Esparza (1998) investigó la implementación de una alternativa que redujera las vibraciones mecánicas en una sala de máquinas, esto debido a que el ruido producido generaba molestia en los trabajadores.

Es preciso mencionar que el estudio tuvo el objetivo de realizar un compendio de las técnicas que más contribuyen al control de ruido en sistemas de aire acondicionado, para hacer uso de ese conocimiento en la aplicación de un problema práctico.

El autor realizó un diagnóstico con el fin de hacer un conteo de las máquinas que estaban en el área y las especificaciones técnicas de estas, para visualizar si el ambiente era cerrado o al aire libre. A partir de esa información, eligió el tipo de instrumento recomendable y las configuraciones, posteriormente, comparó las mediciones con las especificaciones y notó alternativas de materiales aislantes como resortes metálicos, gomas sintéticas, lanas minerales, corcho, etc. Finalmente, planteó una solución analizada y evaluada con la finalidad de determinar su funcionalidad.

Similarmente, en su proyecto “Control de ruido con barreras acústicas”, López y Moreno (2013) investigaron que, mediante el uso de barreras acústicas, se podría aislar un motor turbogenerador que emitía sonidos molestos. Este proyecto tuvo el objetivo de estudiar los efectos del ruido en las personas y las diferentes maneras de aislarlo.

Los autores determinaron el lugar en el que se haría la medición para validar las especificaciones de fabricación de las máquinas, describir los conceptos básicos para la comprensión de la investigación y analizar las propiedades físicas de la barrera acústica, esto según el material y el tipo de instrumento de medición. Finalmente, los autores plantearon la propuesta de solución y analizaron los resultados.

### **3.1.1.2 *Ámbito nacional***

En su proyecto “Elaboración del plan de mejora para el mantenimiento preventivo en los sistemas de aire acondicionado de la red de telefónica del Perú Zonal Norte, basado en la metodología Ishikawa- Pareto”, Costta y Guevara (2015) indicaron que el mantenimiento preventivo constituye una función importante en toda organización industrial, lo que implica limpiar, ajustar, modificar o reemplazar los componentes de un equipo eléctrico en una planta industrial para que esta pueda operar satisfactoriamente, esto en relación con la calidad y la cantidad durante un periodo dado.

El mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo sobre la producción y la productividad en la empresa, puesto que logra mejoras en reducción de costos y pérdidas, y calidad en la producción, lo que logra una mayor competitividad en las empresas que lo implementan.

En esta línea de ideas, la tesis utilizada como fundamento teórico fue la investigación de Esparza (1998), en virtud de que se alineó con la situación problemática y el objetivo del presente trabajo. Dicha tesis sirvió como un respaldo a las actividades como la elección del instrumento de medición, el análisis de resultados y los pasos para implementar la solución propuesta en las actividades de mantenimiento de Air Master Cold. S.A.C.

### 3.1.2 Bases teóricas

#### 3.1.2.1 *Definiciones sobre mantenimiento industrial*

Según González (2005), existe un servicio de mantenimiento de toda actividad dedicada a corregir averías o fallas que se lleguen a presentar en el tiempo, así, dentro de esta actividad hay 2 tipos principales de mantenimiento, estos son los siguientes.

- **Mantenimiento preventivo:** es el conjunto de tareas que siguen una programación establecida con el fin de mitigar o prevenir las posibles fallas de un equipo o maquinaria, esto sin importar su estado actual. Algunas de las tareas más comunes en este mantenimiento es la limpieza, la lubricación de las piezas internas y el *test* de presión de flujo refrigerante.
- **Mantenimiento correctivo:** se entiende como toda actividad dedicada a reparar, de manera urgente, las averías o fallas que obligaron a detener la funcionalidad de un equipo o maquinaria. Entre las tareas que se realizan en un mantenimiento correctivo se encuentran las pruebas de presión y de tensión eléctrica, y los cambios del refrigerante, de piezas, soldadura y más.

Cabe aclarar que estos equipos de acondicionamiento de aire, a lo largo de su vida útil, suelen presentar un incremento progresivo del número de averías, lo que se vincula con el desgaste, la fatiga, las fragilidades, etc, por ende, es recomendable realizar una revisión preventiva sistemática para otorgarle las condiciones de funcionalidad que le permitan seguir en operación.

### 3.1.2.1.1 *Averías o fallas*

En concordancia con González (2005), es cualquier tipo de daño que afecta el funcionamiento correcto del mecanismo del equipo o la máquina, esto mucho antes del fin de su vida útil.

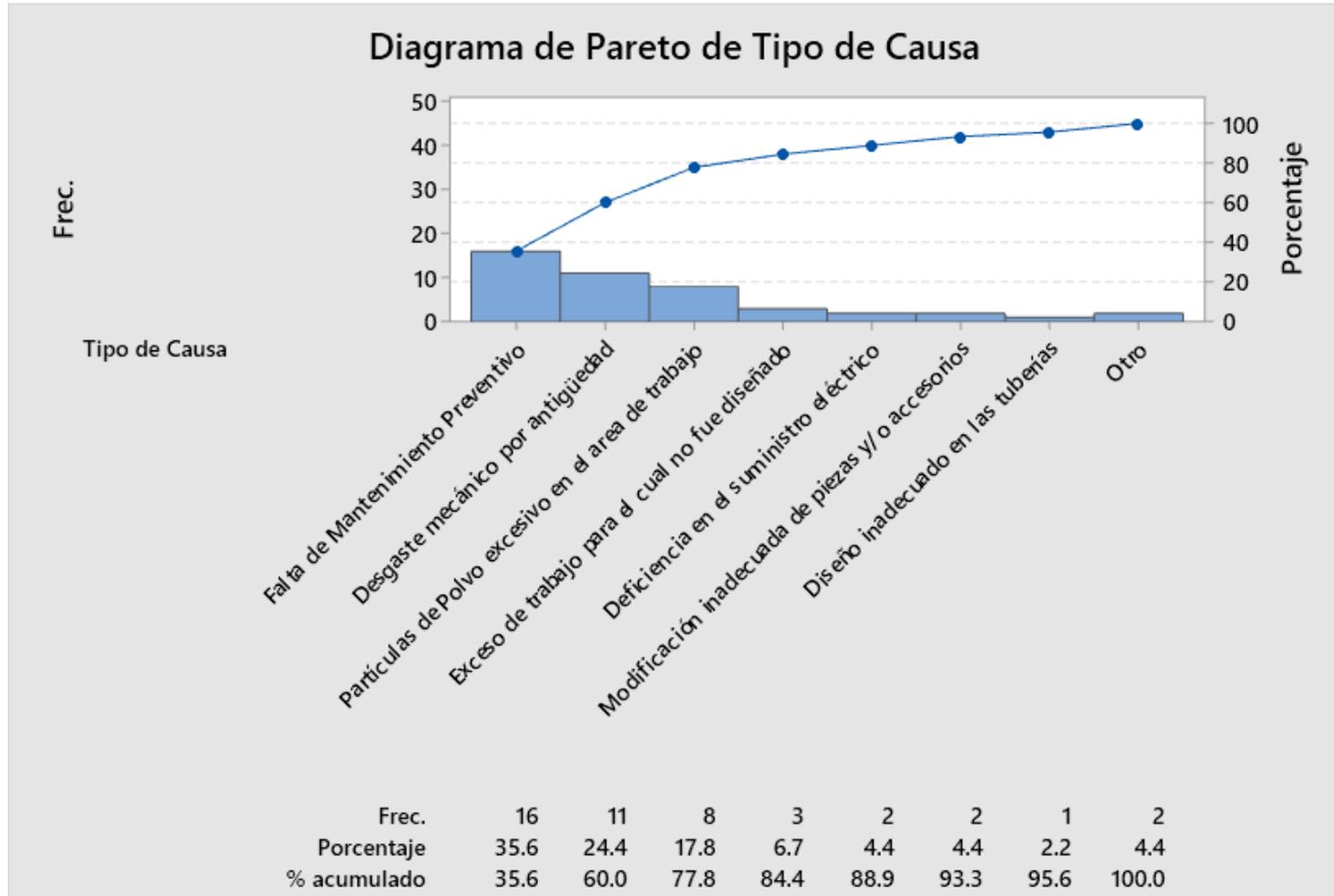
En consideración con ello, Air Master Cold S.A.C. dispone de un registro de mantenimiento de 45 equipos *split* de aire acondicionado, en este se ha conseguido concluir cuáles son las principales causas relacionadas con los ruidos y las vibraciones de los equipos.

Después de revisar el reporte de los últimos mantenimientos de 45 equipos *split* de aire acondicionado, se observaron las causas comunes relacionadas con el ruido y la vibración, lo que se expone en la Tabla 6.

**Tabla 6***Causas relacionadas con el ruido y las vibraciones en equipos split*

	Tipo de causa	Detalle del problema	Frec.	%
1	Falta de mantenimiento preventivo	El equipo está expuesto a factores ambientales en el mediano plazo, estos afectan su funcionalidad, por ello, se recomienda mantenimiento 1 - 2 veces al año.	16	35,6 %
2	Desgaste mecánico por antigüedad	El desgaste mecánico es parte de la vida útil del equipo y se puede detectar cuando el compresor tiene un nivel de presión menor a lo recomendable (300psi).	11	24,4 %
3	Partículas de polvo excesivo en el área de trabajo	Las partículas de polvo del viento y la humedad relativa en el ambiente crean una capa que cubre los filtros del evaporador, esto obstruye la salida del aire y genera esfuerzos mecánicos.	8	17,8 %
4	Exceso de trabajo para el que no fue diseñado	Se eligió un equipo cuya potencia de refrigeración (KW) no fue el adecuado para el ambiente o superficie a refrigerar.	3	6,7 %
5	Modificación inadecuada de piezas o accesorios	Fue manipulado por un tercero que modificó las piezas internas del equipo.	2	4,4 %
6	Deficiencia en el suministro eléctrico	Se genera ante una caída de tensión en la energía eléctrica por debajo de lo recomendable 120 V $\pm$ 10% (108 V ~ 132 V).	2	4,4 %
7	Diseño inadecuado en las tuberías de conexión	Suele detectarse en conexiones de altura vertical excesiva, debido a que el fluido líquido por fricción aumenta su temperatura y forma gas instantáneo a presión.	1	2,2 %
8	Incorrecta selección del insumo refrigerante	Refrigerante no adecuado para el equipo, este aumenta la fricción del fluido y la presión de descarga.	1	2,2 %
9	Incumplimiento en la guía de instalación del equipo	La omisión de alguna recomendación o especificación puede generar desbalance funcional y energético del equipo.	1	2,2 %
	Total		45	100 %

**Figura 8**  
*Causas relacionadas con el ruido en equipos de aire acondicionado*



Fuente: elaboración propia con software Minitab Versión 19.1.1.0.

### ***3.1.2.2 Definiciones sobre aire acondicionado***

#### *3.1.2.2.1 Equipo de aire acondicionado*

De conformidad con Esparza (1998), es un aparato eléctrico compuesto por 2 unidades (interna y externa) y un conjunto de mecanismos cuya función es disminuir la temperatura al interior de una habitación hasta lograr un ambiente fresco y confortable con la humedad, lo que termina en una temperatura deseada (Anexo 9).

#### *3.1.2.2.2 Unidad interna*

Es denominada unidad interna porque se ubica dentro del ambiente o el área en la que se necesita disminuir la temperatura a través de un proceso de extracción del aire y posterior salida de aire refrigerado; dentro de esta unidad se hallan los siguientes elementos.

- El evaporador: es un dispositivo con la función de llevar el líquido refrigerante a un estado gaseoso en el que pueda ser difuminado.
- Ventilador interior : su principal función es impulsar el caudal de aire refrigerado en estado gaseoso dentro del área o ambiente específico. Cuando no se desea enfriar o calentar el ambiente, su función se limita a mantener el aire en movimiento mediante los filtros y enfriar distintos mecanismos internos.
- Filtros: son piezas con la función de impedir el paso de impurezas, olores o partículas nocivas para conseguir una calidad óptima del aire refrigerado.
- Termostato: dispositivo que se encarga de controlar la temperatura ambiente por medio de mecanismos que funcionan como sensores y proporcionan la información al evaporador y compresor para que realicen su función.

### 3.1.2.2.3 *Unidad externa*

La unidad externa se ubica en la parte externa del ambiente en el que fue instalado el evaporador, por ejemplo, una pared lateral, la fachada de una casa, el techo o la azotea. Su función principal es comprimir la presión del gas refrigerante de estado gaseoso y disipar el calor del refrigerante al llevarlo a un estado líquido, este es expulsado como aire caliente a través de un ventilador externo; dentro de esta unidad se encuentran los siguientes elementos.

- **Compresor:** es el motor encargado de generar una fuerza que aumenta la presión del refrigerante gaseoso proveniente del evaporador, en tal marco, cuando comprime el gas, aumenta la temperatura del refrigerante. La velocidad del motor compresor está regulada por el termostato, esto de acuerdo con la temperatura deseada en la habitación.
- **Condensador:** cumple la función de intercambiador de calor y hace circular el refrigerante gaseoso a presión dentro de una superficie en forma de serpentín, así, es enfriado por el aire del ambiente. Durante esta fase de eyección de calor, el refrigerante a presión se condensa de vapor a líquido y el calor residual es expulsado al ambiente por un ventilador externo.
- **Ventilador externo:** facilita que el calor residual, producto de la condensación, sea liberado al ambiente y enfrié los componentes que alcanzan altas temperaturas.
- **Válvula de expansión:** está conectada a la salida del condensador y su función es restringir el flujo de refrigerante para reducir la presión del fluido. A medida que la presión disminuye, se evapora una parte del líquido refrigerante, a su vez, disminuye la temperatura ( $< 25^{\circ}\text{C}$  temperatura ambiente).

Para que este líquido refrigerante se transforme, nuevamente, a un estado gaseoso, pasa al evaporador donde absorberá el calor del ambiente interno y repetirá el ciclo.

#### 3.1.2.2.4 *Ciclo de refrigeración*

Para Esparza (1998), los sistemas de aire acondicionado son dispositivos cerrados y cíclicos, pues permiten la circulación de un fluido líquido refrigerante que absorbe el calor de un área específica (habitación, sala de máquinas, etc) y es transportado hasta una unidad externa para su disipación en el ambiente; el fluido continúa su recorrido hasta llegar a la unidad interna y repite el proceso.

El ciclo de refrigeración se basa en algunos principios de la termodinámica, de este modo, el refrigerante pasa por cambios de estados físicos de la materia.

- Absorción de calor a presión constante: ocurre cuando el evaporador succiona la energía interna presente en el aire caliente de un área específica, lo que mantiene la baja presión del fluido líquido refrigerante y aumenta, levemente, la temperatura, por lo tanto, sucede el primer cambio del estado del refrigerante de líquido a gaseoso en baja presión (evaporación).
- Compresión isoentrópica en un compresor: la energía interna, obtenida del evaporador mediante el fluido refrigerante, pasa a un proceso de aumento de presión en el que la cantidad de energía que gana el sistema es la temperatura del fluido refrigerante y no del medio externo, es decir, no transfiere calor (proceso adiabático).
- Disipación de calor a presión constante en un condensador: el fluido refrigerante de alta presión y temperatura es llevado a un condensador donde ocurre el segundo cambio de estado del refrigerante, esto de un estado gaseoso a líquido

en alta presión (condensación), lo que disminuye la temperatura del fluido refrigerante y la pérdida de energía es disipada, en forma de calor, en el medio ambiente.

- **Constricción en un dispositivo de expansión:** el fluido refrigerante de alta presión y baja temperatura es expandido a través de una válvula de expansión, esta disminuye, gradualmente, la presión del fluido líquido y lo lleva a un estado parcialmente líquido - gaseoso que es transferido hacia el evaporador.

### ***3.1.2.3 Definiciones sobre sonido y vibraciones***

#### *3.1.2.3.1 El sonido*

Es la difusión de ondas mecánicas cuyo origen se relaciona con el movimiento vibratorio de un cuerpo a través de un medio (sólido, líquido o gaseoso). El movimiento vibratorio se entiende como un fenómeno oscilatorio donde una partícula pasa en intervalos iguales de tiempo, esto con la misma velocidad y en posiciones idénticas respecto con un punto de reposo (Pérez, s.f).

#### *3.1.2.3.2 Propagación del sonido*

El movimiento oscilante que genera la partícula dentro de un medio elástico es transmitido, de alguna manera, a las partículas vecinas, estas hacen lo mismo con las partículas que están en su proximidad, fenómeno que es llamado “propagación”.

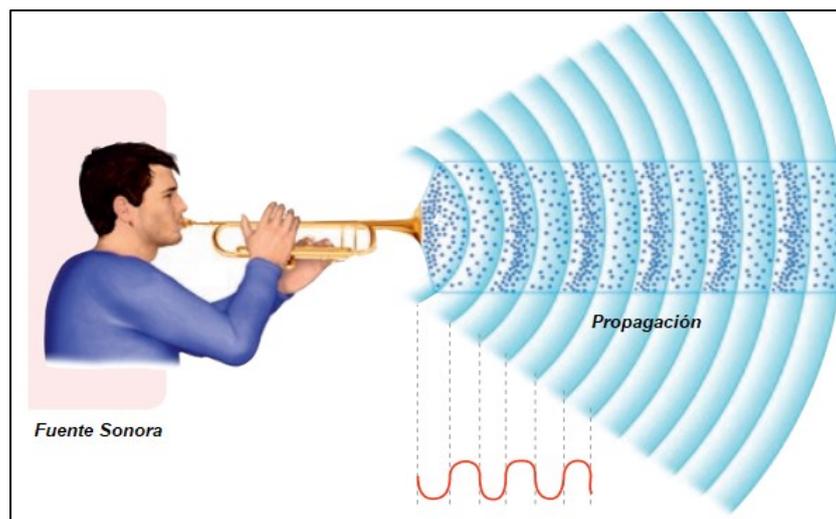
En la propagación, se debe tomar en cuenta la dirección de la onda, es decir, para el caso de la investigación en la que se pretende realizar mediciones sonoras, es preciso considerar en qué dirección se debe ubicar el instrumento respecto con el equipo y la maquinaria a inspeccionar.

Por lo tanto, según la propagación del sonido, esta puede ser de 2 clases, en la dirección de la onda (longitudinal) o perpendicular a esta (transversal); la propagación longitudinal es una característica propia de los gases y de algunos líquidos, mientras que en los sólidos se manifiestan los 2 tipos de propagación.

Para el caso de la investigación del ruido producido por la vibración en equipos de aire acondicionado, la propagación es en el aire. Entonces, se determinó que el tipo de propagación es longitudinal debido a que la vibración de la fuente sonora ocurre en la misma dirección que la perturbación originada, de este modo, es conveniente que la instrumentación apunte en la dirección de salida del sonido.

### Figura 9

*Representación de la propagación de la presión sonora en el aire*



Fuente: Unidad de Currículo y Evaluación (s.f).

En la Figura 9 es posible observar las partículas de aire originadas por el sonido de una trompeta, estas oscilan en torno a una posición de equilibrio y el sonido avanza al propagarse en la misma dirección.

### 3.1.2.3.3 *Presión sonora (P)*

En este orden de ideas, existen 2 clases de presiones que consideran los instrumentos de medición sonora para una respuesta más precisa, así, la presión atmosférica representa la presencia del aire que rodea al sujeto, mientras que la presión sonora es la diferencia entre la magnitud de presión atmosférica y el sonido de la fuente. La unidad en la que se expresa la presión sonora es el pascal (Pa).

$$1 \text{ pascal} = 1 \frac{\text{newton}}{\text{m}^2}$$

Por ello, es necesario saber que un ser humano solo percibe presiones sonoras pequeñas, estas van desde el tono mínimo audible de 20 uPa (micro pascales); por otro lado, el tono más intenso que se puede soportar en el oído, sin experimentar dolor agudo, es de 20 Pa.

Respecto con la presión sonora audible, el rango de valores positivos y negativos en los que alterna varían de 20 a 20 000 Hertz; este rango de frecuencia es más rápido que la presión atmosférica.

### 3.1.2.3.4 *Decibelio o decibel (dB)*

Esta expresión tiene su origen de uso en el campo de la electricidad, es definida como una relación de ganancia entre 2 magnitudes de presión sonora; esta relación se puede explicar mediante el funcionamiento de un amplificador.

**Figura 10***Relación de ganancia de un amplificador*

Fuente: Portal Academia (s.f).

En la Figura 10 se expone que una Intensidad ingresa ( $I_{in}$ ) a través de un amplificador que multiplica la intensidad inicial, lo que resulta en una intensidad de salida ( $I_{out}$ ); esta relación de ganancia se puede expresar del siguiente modo.

$$\frac{I_{out}}{I_{in}} = \text{Ganancia}$$

Esta relación, usada en el campo de la acústica, representaba un gran cálculo, esto por las grandes magnitudes del rango audible, por ende, se utilizó el cálculo logarítmico expresado en función de dB.

$$\text{Ganancia}[B] = 10\log\left(\frac{I_{out}}{I_{in}}\right) \quad (\text{ec.7})$$

Cabe precisar que esta expresión de relación entre 2 magnitudes en dB no tiene unidades, así, el resultado no hace referencia a una magnitud, sino al nivel de intensidad sonora.

### 3.1.2.3.5 Nivel de Presión Sonora

Es el resultado de las variaciones de presión que experimentan las ondas de sonido en el aire (Pérez, s.f). En esta línea, el rango audible para el ser humano puede ser expresado en dB, esto con la siguiente fórmula.

$$SPL = 10\log\left(\frac{P^2}{P_{\min}^2}\right)$$

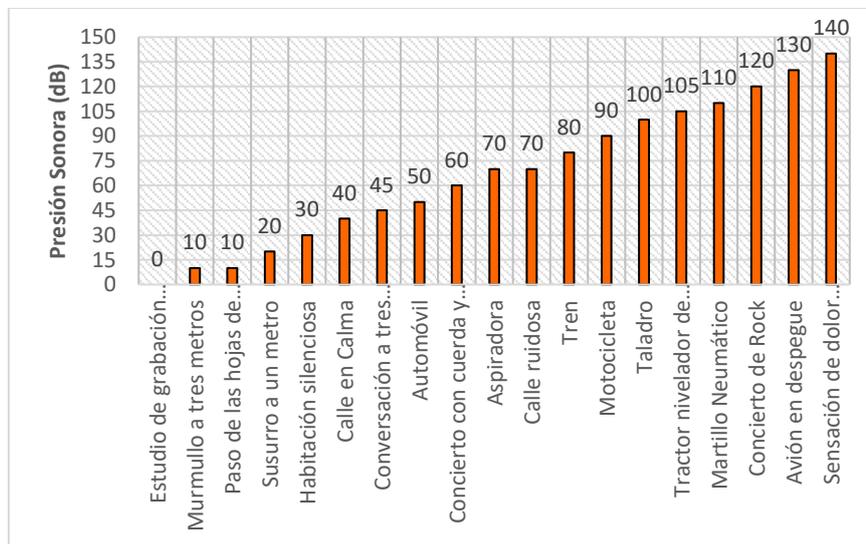
$P$  = presión sonora máxima tolerable

$P_{\min}$  = presión mínima audible

El umbral de audición para un ser humano está entre  $20 \mu Pa$  y  $20 Pa$ , así, al reemplazar esto en la fórmula anterior se obtiene que el rango audible para el ser humano, expresado en dB, es de 0 – 120 dB.

**Figura 11**

*Niveles de presión sonora para sonidos habituales en relación con  $20 \mu Pa$*



Fuente: Pérez (s.f).

### 3.1.2.4 Definición de instrumento de medición sonora

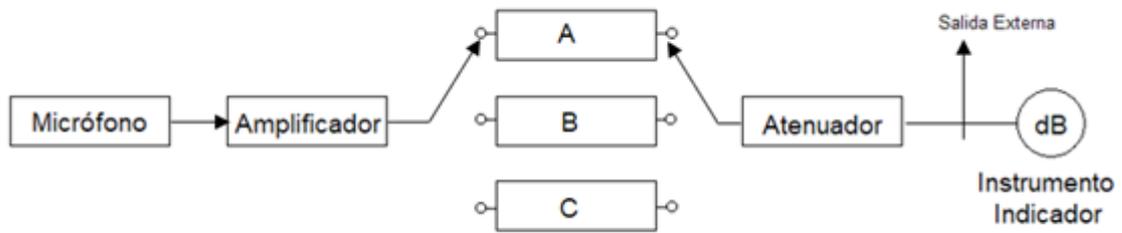
Respecto con el control de ruido y medición, existen 3 clases de instrumentos dedicados a la medición de presión sonora, esto desde menor a mayor complejidad (López y Moreno, 2013), entre estos se encuentran los siguientes.

- Dosímetro: este instrumento es de fácil uso, es empleado para calcular el ruido al que un individuo está sometido, por ende, su diseño es de fácil portabilidad y se sujeta a la prenda del usuario en la zona de la cintura, con la finalidad de medir todo tipo de ruido en puestos de trabajos fijos y móviles, asimismo, registra una suma total en una escala de tiempo determinado.
- Analizador de frecuencias: este instrumento es más complejo y requiere de un mayor conocimiento en el análisis del espectro de una señal sonora, por lo tanto, cuenta con sensores de señal acústica, eléctrica y ópticas, lo que otorga una medición más exacta de la forma de la señal, la fase oscilante, la amplitud y las demás variables necesarias para un estudio científico de alto nivel.
- Sonómetro (MNS): este instrumento es de fácil uso y posee una gran variedad de aplicaciones, entre ellas, se destaca la medición del ruido en el ambiente, en máquinas o en el tránsito. Las lecturas resultantes se expresan en dB, estas ayudan a determinar el nivel de aceptabilidad o peligrosidad del ruido en el lugar donde se realiza la medición.

Para la presente investigación, el instrumento empleado fue el MNS, debido a que su función se asemeja al comportamiento de un oído humano; como todo instrumento de medición sonora, está previsto de filtros correctores para diferentes frecuencias, estas se detallan a continuación.

**Figura 12**

*Diagrama en bloques de un sonómetro*



El diagrama de la Figura 12 representa la funcionalidad de un MNS, esta inicia en el micrófono que detecta el sonido como señales acústicas y lo interpreta como señales eléctricas producto de la relación existente entre la frecuencia y la intensidad. Estas señales pasan por un amplificador que aumenta la amplitud de la señal y, junto con un atenuador, cumple la función de disminuir la magnitud de la distorsión de las ondas eléctricas para obtener una mejor calidad de la medición. Antes de mostrarse la lectura en el instrumento, la señal tiene que pasar por un filtro de ponderación (“A”, “B” o “C”) según la configuración que necesite el investigador, finalmente, las respuestas del nivel sonoro de las mediciones se leerán en dB para su fácil interpretación.

#### 3.1.2.4.1 *Curvas ponderadas de Fletcher y Munson (“A”, “B”, “C”)*

Son conocidas como curvas de igual sonoridad y su aporte se basó en el estudio de cómo los seres humanos oyen las diferentes frecuencias; la investigación de las curvas ponderadas se realizó en referencia con la frecuencia de 1 000 Hertz, por lo que se estudiaron los distintos niveles de presión sonora para alcanzar a generar la misma sensación de frecuencia referencial.

Así, Fletcher y Munson descubrieron, durante su análisis, la presencia de 3 lecturas que se proyectaban con tendencia curva de acuerdo con el NPS analizado; de estas lecturas se encontró su utilidad.

La lectura de la curva (A) es útil para eliminar gran parte de las frecuencias bajas inaudibles y es utilizada al medir el ruido ambiente o de fondo de un equipo eléctrico, pues se trata de ruidos típicos de un nivel bajo.

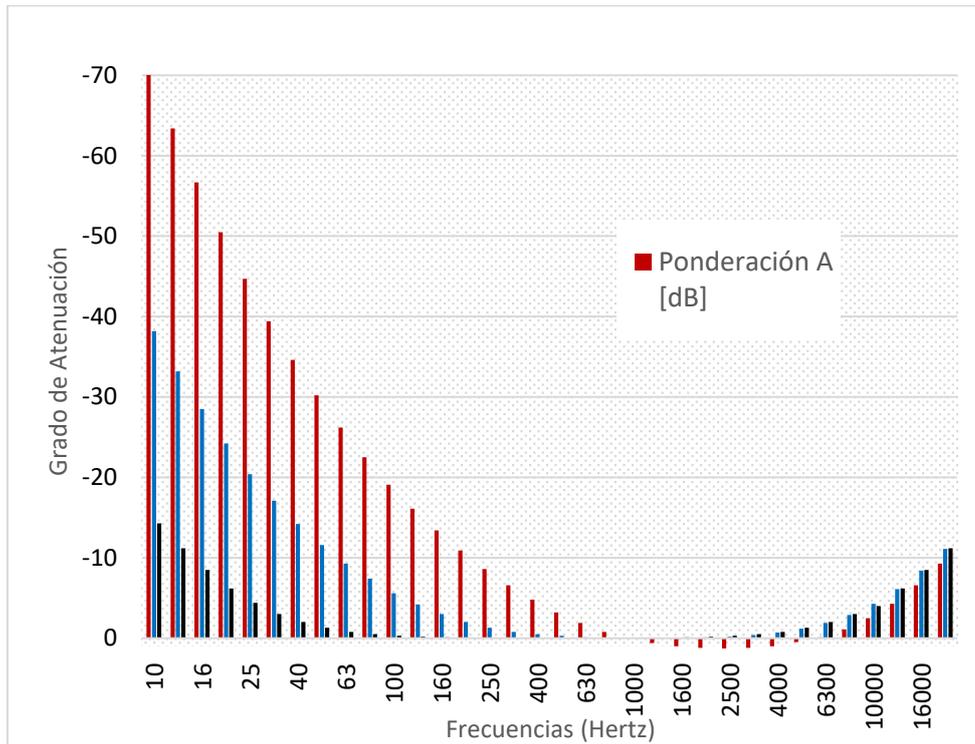
Análogamente, la lectura en la curva (B) se utiliza cuando la mayor parte de la energía sonora corresponde con frecuencias intermedias, a pesar de su poca utilización, se emplea para medir contenidos musicales o de emisión de sonidos graves, pero no tan profundos como la curva (A).

Igualmente, la lectura en la curva (C) se aplica para señales fuertes, por ende, no filtra la mayor cantidad de sonidos graves y agudos de otros contornos. Su función se aproxima al comportamiento del oído a niveles sonoros altos y se utiliza para estudios de ruido de tráfico en áreas ruidosas, por ello, su gráfica se mantiene plana debido a su poca variabilidad entre los tonos bajos, medios y altos.

Así, el tipo de filtro que se utilizó en la configuración del MNS fue la curva (A), puesto que su rango de actuación atenúa, en mayor proporción, las frecuencias bajas inaudibles, lo que otorga una lectura más limpia en lo que se espera medir.

**Figura 13**

*Atenuación de frecuencias de las curvas de ponderación A, B y C*



Fuente: Miyara (s.f).

### ***3.1.2.5 Definición de materiales aislantes y absorbentes acústicos***

Generalmente, un material aislante es pobre para permitir el paso de las ondas acústicas a través de él, así, su función es proteger que el sonido salga hacia el exterior, esto en mayor grado del nivel recepcionado. Entre los materiales aislantes, conforme con su densidad, se hallan los siguientes.

- Mayor densidad: presentan propiedades más densas y rígidas, es decir, tienen menos porosidad (plomo, terrazo, hormigón, acero, etc).
- Menor densidad: presentan propiedades más porosas para impedir el paso de las ondas sonoras (superlon, caucho, fibra o lana de vidrio, elastómeros, poliuretano, etc).

Es posible observar el comportamiento de estos materiales en diferentes frecuencias y determinar las mejores opciones, esto se expone a continuación (Salazar y Cabrera, 2007).

**Figura 14**

*Coefficientes de reducción de ruidos de materiales porosos en dB (A)*

<b>RESUMEN DE ATENUACION</b>			
<b>No</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>STC</b>	<b>NRC</b>
1	Superlon I	5,243	0,069
2	Sonoacustic T. Cubos	5,338	0,069
3	Sonoacustic T. Pirámides	7,218	0,093
4	Sonoacustic T. Ondas	10,49	0,138
5	Sonoacustic T. Domos	11,508	0,149
6	Superlon II	12,933	0,177
7	Poliuretano densidad 60	23,895	0,320
8	caucho Eva	27,41	0,368

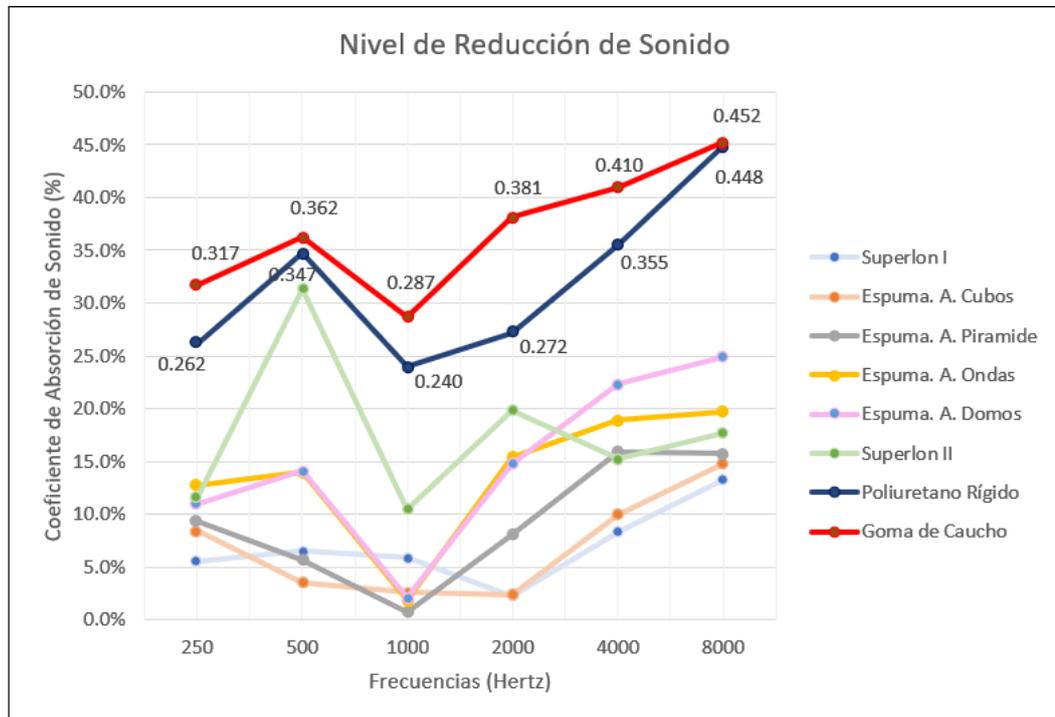
Fuente: Salazar y Cabrera (2007).

Nota: (NRC) es Coeficiente de Reducción de Ruido y (STC) es Coeficiente de Transmisión de Sonido.

De este modo, la investigación tomó en cuenta 8 materiales de menor densidad porque sus propiedades de mayor porosidad son las adecuadas para mitigar o reducir las vibraciones y los ruidos. Así, se determinó que los materiales de poliuretano y caucho presentan mejor comportamiento en el NRC, esto con un rendimiento hasta 3 veces más en el nivel de reducción en comparación con otros materiales analizados.

**Figura 15**

*Comportamiento de los materiales porosos en distintas frecuencias sonoras*



Fuente: Salazar y Cabrera (2007).

La frecuencia de 1 000 Hz es tomada como referencia en muchas investigaciones, esto porque el oído interno, específicamente, la cóclea (estructura interna del oído), tiene un comportamiento más sensible a partir de dicha frecuencia y permite codificar las presiones acústicas audibles de 0 a 120 dB, esto con mejor precisión (Merino y Muñoz, 2013).

### 3.1.3 Bases normativas

Para desarrollar el proyecto propuesto, se consideró respaldar la investigación en lo siguiente.

### ***3.1.3.1 Protocolo Nacional del Ministerio del Ambiente para el Monitoreo de Ruido Ambiental***

Mediante la Ley General del Ambiente (Ley N°28611), el protocolo tiene importancia en el manejo de instrumentos de monitoreo ambiental que, con el Decreto Supremo N°085-2003-PCM, se aprueba en los Estándares de Calidad Ambiental para el Ruido, con el fin de definir los niveles máximos de ruido en el ambiente, estos no deben superarse para proteger la salud humana. Cabe destacar que dicho protocolo incluye capítulos relativos con el Plan de Monitoreo, la frecuencia de monitoreo, el periodo de muestreo, la selección de métodos, los lugares de muestreo, entre otros puntos para realizar las mediciones de nivel de ruido en el país, lo que se desarrolla a través de 2 Normas Técnicas Peruanas (NTPs).

- a) Norma Técnica Peruana ISO 1996-1:2008: en esta se otorgan las descripciones, la medición y la evaluación del ruido en el ambiente, esto por medio de índices básicos y procedimientos de evaluación.
- b) Norma Técnica Peruana ISO 1996-2:2008: se otorgan las descripciones, la medición y la evaluación del ruido ambiental, esto mediante la determinación de los niveles de ruido ambiental.

Dichas normas permitieron realizar, de manera más precisa, la medición y la evaluación del ruido, lo que posibilitó la adopción de medidas preventivas o correctivas alineadas con el cumplimiento de la normativa ambiental en relación con el ruido.

### 3.1.3.1.1 Norma Técnica Peruana ISO 1996-1:2008 e ISO 1996-2:2008

Las normativas aplican para instrumentos de medición sonora como el MNS análogo o digital, con el propósito de monitorear el ruido ambiental; estas deben seguir directrices generales que se desarrollan con la siguiente metodología.

#### Figura 16

*Sonómetro análogo y digital*



Fuente: Ministerio del Ambiente de Perú (2013, p. 17).

#### 3.1.4 Metodología de monitoreo

- a) El sonómetro debe alejarse al máximo tanto de la fuente de generación de ruido, como de superficies reflectantes (paredes, suelo, techo, objetos, etc.).
- b) El técnico operador deberá alejarse lo máximo posible del equipo de medida para evitar apantallar el mismo. Esto se realizará siempre que las características del equipo no requieran tener al operador cerca. En caso lo requiera, deberá mantener una distancia razonable que le permita tomar la medida, sin apantallar el sonómetro. El uso del trípode será indispensable.
- c) Desistir de la medición si hay fenómenos climatológicos adversos que generen ruido: lluvia, granizo, tormentas, entre otras.
- d) Tomar nota de cualquier episodio inesperado que genere ruido.

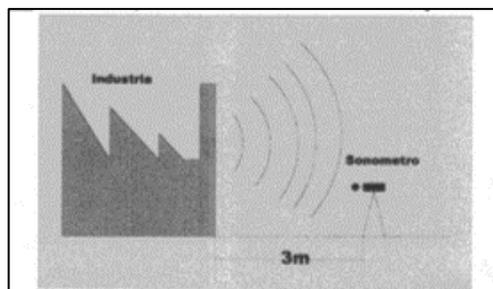
- e) Determinar o medir el ruido de fondo.
- f) Adecuar el procedimiento de medición y las capacidades del equipo al tipo de ruido que desea medir. (Diario El Peruano, s.f., párr. 36)

#### 3.1.4.1 *Mediciones de ruido producto del tipo de fuente*

En la emisión de ruido producto de una fuente fija hacia el exterior, el medidor de sonido deberá ubicarse mínimo a 3 m del recinto donde se sitúe.

#### **Figura 17**

*Medición para emisiones de una fuente fija hacia el exterior*

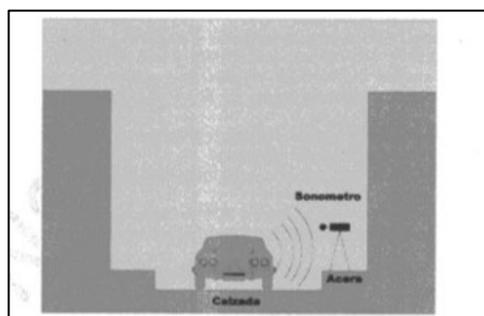


Fuente: Ministerio del Ambiente de Perú (2013, p. 21).

Para el caso de las fuentes móviles, tal como en las mediciones de fuentes vehiculares, se deberá ubicar el MNS en el límite de la calzada, esto de la siguiente manera.

#### **Figura 18**

*Medición para fuentes vehiculares*



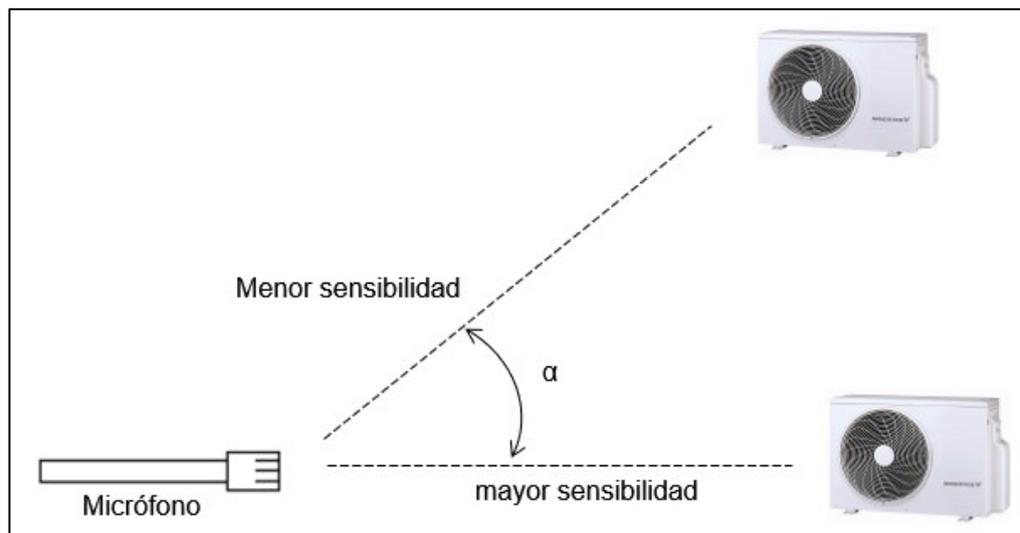
Fuente: Ministerio del Ambiente de Perú (2013, p. 21).

### 3.1.4.2 Direccionalidad del medidor de nivel sonoro

Un aspecto importante que se debe considerar en la medición es la direccionalidad de la procedencia del sonido frente a la posición del instrumento de medición, lo que varía en relación con el diseño del instrumento y la sensibilidad del micrófono.

#### Figura 19

*Sensibilidad de un micrófono respecto con la orientación de la fuente*



Fuente: elaboración propia con base en el Ministerio del Ambiente de Perú (2013).

En la Figura 19 se expone cómo varía la sensibilidad del micrófono, lo que genera un ángulo entre el eje principal y la fuente sonora, por ende, lo más recomendable es realizar la medición en dirección frontal a la fuente de emisión de sonido para tener una mejor precisión.

### 3.1.4.3 Campo sonoro de medición

Existen, principalmente, 3 clases de campo sonoro en los que se pueden realizar mediciones: el campo de presión, el campo libre y el campo difuso.

- El campo de presión: la medición se realiza al nivel de una superficie dentro de una cavidad de dimensiones reducidas como una tubería, en estas, la presión sonora corresponde con una sumatoria de pequeñas variaciones de ondas acústicas originadas por la fuente.
- El campo libre: la dirección de procedencia de la onda sonora está totalmente definida, por ello, se recomienda el uso de un micrófono que incida, perpendicularmente, en la fuente de sonido para conseguir una medición válida.
- El campo difuso: la dirección de procedencia de la onda sonora está determinada en un instante y en un punto, así, es aleatoria. Esta característica es propia de los ambientes reverberantes, es decir, un ambiente donde las ondas sonoras tienen mayor tendencia a reflejarse y superponerse, lo que produce una onda resultante cuya dirección fluctúa aleatoria y dinámicamente. El micrófono de incidencia aleatoria es apropiado en este campo debido a su funcionamiento omnidireccional.

Para la presente investigación, la medición se llevó a cabo al aire libre, con ausencia de obstáculos que reflejaran la propagación de sonido (reflexión); con este conocimiento acerca del campo sonoro de medición y la direccionalidad, se realizó la medición en la dirección específica de la fuente de sonido.

#### ***3.1.4.4 Categoría del ruido para la medición***

##### ***3.1.4.4.1 El ruido***

Es definido como todo sonido no deseado, relacionado este con el elemento subjetivo de la percepción que tenga un sujeto frente a la fuente sonora, esto significa que lo que puede ser tolerable por un sujeto, puede ser intolerable para otro.

La importancia de controlar este tipo de sonido no deseado está vinculada con evitar condiciones que, en el largo plazo, puedan ocasionar molestias más agudas como sorderas. En concordancia con la Norma Técnica Peruana ISO 1996-1:2008, para efectos del cumplimiento del Protocolo de Medición de Ruido del Ministerio del Ambiente, se categorizaron 4 niveles de ruido de fondo en función del tiempo.

- Ruido estable: es un sonido externo y emitido por cualquier tipo de fuente sonora que no presente fluctuaciones considerables, a más de 5 dB, durante un minuto.
- Ruido intermitente: es el sonido externo que solo está presente durante ciertos periodos y su duración es más de 5 segundos, por ejemplo, el ruido originado en una avenida con un mínimo flujo vehicular.
- Ruido fluctuante: en el sonido externo y emitido por cualquier tipo de fuente sonora que presenta fluctuaciones de 10 dB durante un minuto.
- Ruido impulsivo: son sonidos externos de corta duración y de presión sonora; por lo general, suelen ser menores a 1 segundo y, en ocasiones, más prolongados, por ejemplo, el ruido originado por campanas de iglesias, un disparo, entre otras.

#### 3.1.4.5 *Correcciones y condiciones a tomar en cuenta*

Para la investigación, un ruido intermitente o impulsivo, por su breve duración, pudo ser excluido en los resultados de la medición; respecto con los ruidos fluctuantes, sí hubiera sido necesario aplicar una corrección en el resultado del NPS, esto basado en la siguiente ecuación.

$$L_{Corregida} = 10\log(10^{(L_{medido}/10)} - 10^{(L_{fluctuante}/10)}) \text{ dB}$$

L Corregida: es el NPS corregida

L Medida: es el NPS medida

L Fluctuante: es el NPS fluctuante

Por otro lado, las condiciones climatológicas que favorecen a la propagación del ruido o la atenuación de este provocan incertidumbre (la humedad relativa, la dirección del viento, etc); así, de conformidad con la Norma Técnica Peruana ISO 1996-2:2008, debe cumplirse la siguiente condición.

$$\frac{(hs + hr)}{r} \geq 0,1$$

hs: altura de la fuente sonora

hr: altura del receptor

r: distancia entre la fuente y el instrumento receptor.

#### ***3.1.4.6 Guía técnica: vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a ruido (DIGESA)***

La finalidad de esta guía es otorgar las definiciones operativas de la medición del ruido y su implicancia en la salud humana, así como definir o estandarizar los niveles de riesgo sonoro para la actuación y los efectos a la exposición del ruido.

##### *3.1.4.6.1 Nivel de presión sonora*

Es una característica que permite conocer la cantidad de energía sonora que es propagada en el medio y cuyo origen es una fuente sonora. De este modo, mientras mayor es el NPS, mayor es la probabilidad de sufrir un daño auditivo.

##### *3.1.4.6.2 Exposición ocupacional a ruido*

Es la exposición de los trabajadores al ruido en sus lugares de trabajo; en la Figura 20 se relaciona la pérdida del umbral auditivo con el NPS y su repercusión en el ámbito de comunicación.

**Figura 20**

*Grado de hipoacusia y repercusión a nivel de comunicación*

Grado de Hipoacusia	Umbral de audición	Déficit auditivo
Audición Normal	0-25 dB	
Pérdida Leve	25-40 dB	Dificultad en conversación en voz baja o a distancia
Pérdida Moderada	40-55 dB	Conversación posible a 1 ó 1,5 metros.
Pérdida Marcada	55-70 dB	Requiere conversación con voz fuerte.
Pérdida Severa	70-90 dB	Voz fuerte y a 30cm.
Pérdida Profunda	>90 dB	Oye sonidos muy fuertes; pero no puede utilizar los sonidos como medio de comunicación.

Fuente: (Ministerio de Salud de Perú (s.f., p. 11).

#### 3.1.4.7 *Efectos del nivel de ruido*

Los efectos del ruido aumentan en proporción con el NPS, estos pueden ser psicológicos y físicos, y alteran la vida social de la persona.

- Dificultad para oír durante una conversación.
- Alteración del estado de reposo.
- Trastorno del sueño nocturno.
- Dificultad para la capacidad de concentración.
- Molestias, estrés, ansiedad.

En la Figura 21 se expresa la relación entre la intensidad de nivel sonoro y la sensación subjetiva de molestia.

**Figura 21**

*Intensidad del ruido en dB y valoración subjetiva de su percepción*

Nivel de dB	Valoración (subjetiva)
30	Débil
50-60	Moderado
70-80	Fuerte
90	Muy fuerte
120	Ensordecedor
130	Umbral de sensación dolorosa

Fuente: Ministerio de Salud de Perú (s.f., p. 12).

### 3.1.5 Desarrollo del proyecto

#### 3.1.5.1 Material de caucho

Actualmente, Air Master Cold S.A.C. utiliza las gomas de caucho antivibratorio para reducir los inconvenientes del ruido y las vibraciones que producen las unidades externas. El caucho es un material con buenas propiedades para dicha función, empero, la empresa importa el 100 % de sus productos del extranjero, lo que implica un costo en la compra de este material.

**Figura 22**

*Presentaciones de soporte de caucho antivibraciones*

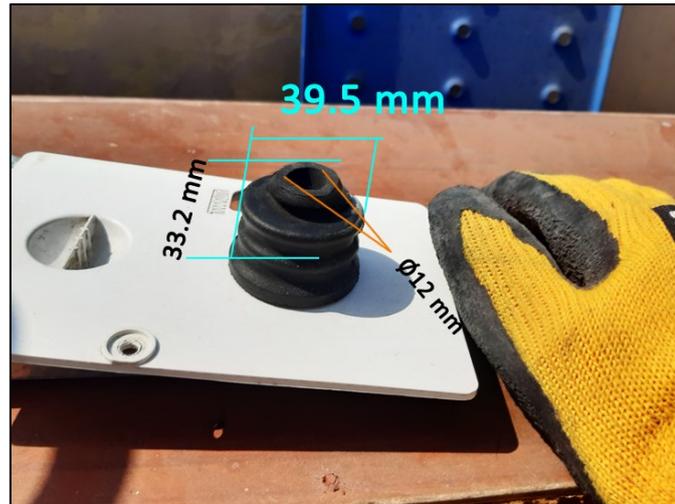


Fuente: Shenzhen Adela Technology Co., Ltd. (s.f).

Además, la logística de compras de la empresa lo adquiere como soporte de goma antivibraciones importado del extranjero, así, su país de origen puede ser China o Malasia. Por otro lado, el tipo de soporte de caucho utilizado es WTG-SG60, este posee una capacidad de carga desde 6,3 – 54,4 kg y sus dimensiones son las siguientes.

### **Figura 23**

*Dimensiones del soporte de caucho*



Fuente: elaboración propia.

#### **3.1.5.2 Material de poliuretano**

Como alternativa en esta propuesta, se pretendió usar el material poliuretano, cuyo uso es fundamental en la instalación de sistemas de aire acondicionado como aislante térmico, sin embargo, en esta investigación se analizaron sus propiedades como reductor de vibraciones acústicas, por lo tanto, se tuvo la finalidad de aprovechar dicha propiedad.

La logística de compras de la empresa adquiere el poliuretano como tubo de aislamiento térmico para aire acondicionado, así, se presenta en diferentes dimensiones según el diámetro tubo de cobre a aislar, por ejemplo, los tubos de aislamiento de poliuretano de 2 1/8" x 3/4", 1 5/8" x 9 mm y 3/4" x 9 mm para el servicio de instalación, con unas presentaciones de una longitud de 1,80 m.

**Figura 24***Presentación del tubo de aislamiento de poliuretano***Figura 25***Especificaciones físicas del tubo de aislamiento de poliuretano*

Artículo	Método de inspección	Unidad	Resultado de la prueba
Densidad	Reemplazo de agua método	KG/mY sup3;	60-80
¿ Temperatura de trabajo?	Experimento real	°C	-40 ~ 105
Longitudinales de temperatura	GB6344	MPA	0.49
Horizontal resistencia a la tracción	GB6344	MPA	0.40
Resistencia a la compresión de 25%	Muestra (longitud 20mm)	MPA	0.065
Calor de compresión	110°C/168 H	%	5,8
Resistencia al envejecimiento	120°C/1 H	/	Pasado
Brillo de cable	GB5969 (550°C)	/	Pasado
Inflamabilidad	GB5969.5-85	/	No-flam
Conductividad factor	ESTADO ESTABLE método	W/M.K	0.038
Cobre corrosividad	60°C/100% RH/240 H	/	No la corrosión
Anti-ozono	24 H en contenedor sellado	/	Inodoro

*Chongqing Xincheng, equipo de refrigeración. Ltd*

### 3.1.5.2.1 Utilización del poliuretano

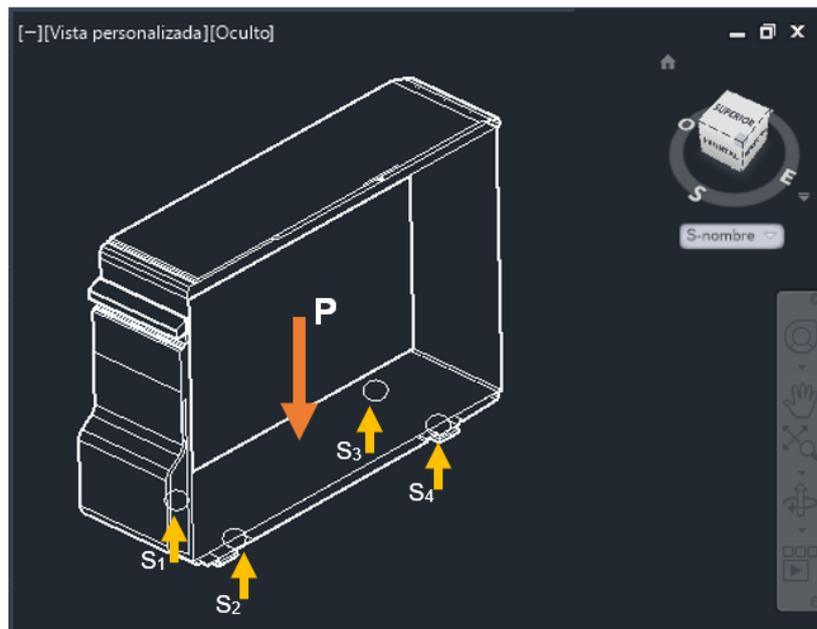
Los retazos o recortes sobrantes de este material son desperdiciados y los técnicos especialistas prefieren retornar al almacén solo el material sobrante, pues este tiene una longitud mínima de ½ m y está en buen estado para su uso en otras instalaciones; los retazos menores a 1/2 m son desechados para venta de reciclado.

En este contexto, al ser consciente del impacto económico del país, Air Master Cold S.A.C. ha visto la alternativa de hacer uso de este material como un soporte antivibraciones en los equipos de aire acondicionado, todo mediante la reutilización de sus propiedades.

### 3.1.5.2.2 *Diseño del soporte de poliuretano*

La distribución del peso del equipo de estudio AAMS-24 es de 52 kg, lo que es sostenido por 4 soportes de poliuretano, además, sus características de fabricación, respecto con la compresión, son de 0,065 Mpa equivalentes a 0,6628 kgf/cm<sup>2</sup>.

**Figura 26**  
*Distribución de cargas de la unidad externa*



Fuente: elaboración propia con Software AutoCAD 2019.

Mediante la información de resistencia a compresión, se definió el diámetro del área que cada soporte debía tener para resistir el peso de la unidad externa, para ello, se utilizó la siguiente ecuación.

$$S_n = R_c \times A$$

$R_c$  es la resistencia de compresión

$A$  es el área donde es aplicada la fuerza.

$S_n$  es la carga del soporte.

El peso de la unidad externa es de 52 kg, mientras que las cargas de soporte ( $S_1+S_2+S_3+S_4=4S$ ) tienen distribuciones iguales, por ende, se aplicó una sumatoria de fuerzas en el eje Y.

$$-52 + 4S = 0$$

$$S = 13kg$$

Finalmente, se expresó en la siguiente ecuación.

$$R_c \times A = S_n$$

$$A = 13 \text{ kg} / (0.6628 \text{ kgf/cm}^2)$$

$$A = 19.614 \text{ cm}^2$$

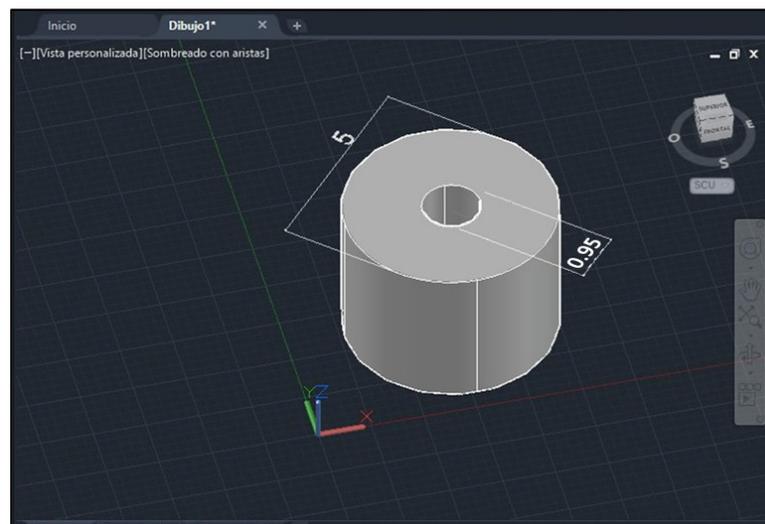
Para el área circular se tuvo lo siguiente.

$$A = \pi r^2 \rightarrow r = 2.5 \text{ cm}$$

El valor de la  $r_E=2.5 \text{ cm}$  representa el radio del diámetro mayor, este para el cálculo de la longitud lateral, así, se calculó con la diferencia del radio del diámetro interno ( $r_I$ ).

### Figura 27

*Diseño de las dimensiones de soporte de poliuretano en cm*



Fuente: elaboración propia con Software AutoCAD 2019.

En este sentido, se concluyó el diámetro circular del soporte y la longitud.

$$\text{Diámetro} = 2r$$

$$\text{Diámetro} = 5 \text{ cm}$$

El radio del diámetro interno  $r_i$  representa el tamaño del perno de fijación utilizado para la instalación del soporte.

$$\text{Longitud} = 2\pi (r_E - r_i)$$

$$\text{Longitud} = 2\pi (2.5 - 0.476)$$

$$\text{Longitud} = 12.72 \text{ cm}$$

### 3.1.5.2.3 *Fabricación del soporte de poliuretano*

#### **Figura 28**

*Lista de materiales para fabricación del soporte*



Fuente: elaboración propia.

### 3.1.5.3 Lista de materiales

- Cinta aislante 3M  $\frac{3}{4}$ " de espesor y 4,5 mm de diámetro.
- Perno de fijación: 2  $\frac{1}{2}$ " de longitud total y  $\frac{3}{8}$ " de diámetro+ tuercas.
- Cúter de plástico de 125 mm de largo y 15 mm de ancho
- Tubo aislante de poliuretano 2  $\frac{1}{8}$ " diámetro interno x  $\frac{3}{4}$  "grosor x 1,8 m largo.
- Arandela de acero inoxidable de  $\frac{3}{8}$ " diámetro.
- Wincha Stanley 3 m de longitud.

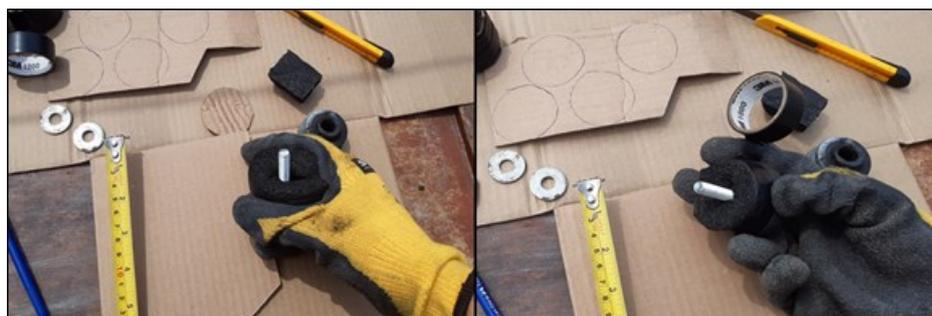
Paso 1. Se realizó el corte de las dimensiones de longitud (12,72 cm) y ancho 3,32 cm sobre la plancha del tubo aislante del poliuretano.

**Figura 29**  
Paso 1



Paso 2. El retazo de poliuretano se dobló en forma circular en torno al perno de fijación y, para asegurar la forma, se empleó la cinta flexible 3M hasta proteger toda la cara lateral, lo que le otorgó más firmeza.

**Figura 30**  
Paso 2



Paso 3. Se introdujo la arandela, para este caso, se utilizó un corte circular de cartón de diámetro 5 cm para demostrar que el diámetro del soporte correspondía con la misma medida.

**Figura 31**  
Paso 3



**Tabla 7**  
*Costos para fabricación del soporte de poliuretano*

Materiales	Cantidad comercial	Costo x paquete	Costo unitario comercial (A)	Cantidad utilizada (B)	Costo total A x B
Cinta aislante 3M ¾” de espesor y 4.5 mm de diámetro	100 Unidades	S/ 185,00	S/ 1,85 /c.u	1	S/ 1,85
Perno de fijación: 2 ½” de longitud total y 3/8” de diámetro+ tuercas	10 unidades	\$ 14,36	\$,1 436 /c.u	4	S/ 22,04
Cúter de plástico 125 mm de largo y 15 mm de ancho	12 unidad/ caja	S/ 28,20	S/ 2,35 /c.u	1	S/ 2,35
Tubo aislante de poliuretano 2 1/8” diámetro interno x ¾ “grosor x 1.8 m largo	10 segmentos de tubo 1,8m	\$ 57,00	\$ 5,70 /c.u	1	S/ 21,87
Arandela de acero inoxidable de 3/8” diámetro	Bolsa 100 unidades	S/ 21,90	S/ 0,219 /c.u	4	S/ 0,876
Wincha Stanley 3m de longitud	1 unidad	S/ 12,00	S/ 11,50 /c.u	1	S/ 12,00
Total					S/ 60,99

Cabe indicar que, en un área de 30 x 30 cm<sup>2</sup>, se pueden obtener 10 piezas para soporte de poliuretano, entonces, en un tubo aislante de 1,80 m de largo x 25 cm de ancho se pueden obtener 50 piezas.

**Tabla 8**  
*Comparación de costos comerciales*

Materiales	Costo comercial x paquete	Costo unitario aprox.
Soporte goma de caucho x menor	\$ 95 / 100 piezas	S/ 3,65 /pieza
Soporte goma de caucho x mayor	\$ 580/1000 piezas	S/ 2,23/pieza
Soporte de poliuretano en estudio	S/ 60,99 / 50 piezas	S/ 1,22/pieza
Bujes de poliuretano x mayor	\$ 750 / 500 piezas	S/ 5,76/pieza

Nota: valores calculados con base en \$ 1 tipo de cambio dólar estadounidense (S/

3,84). Fecha: 27/04/2020.

#### ***3.1.5.4 Procedimiento de mantenimiento correctivo***

El servicio de mantenimiento correctivo fue programado para el viernes 16 de abril del 2021, en el que el cliente Sr. Carlos Aguilar Susaya, secretario de la asociación Fenvendrelp, se comunicó para solicitar limpieza completa de su equipo de aire acondicionado y solucionar el inconveniente de un molesto ruido que ocasionaba su unidad externa. Como evidencia, se tomaron fotos del estado actual del equipo y sus especificaciones técnicas.

**Figura 32**

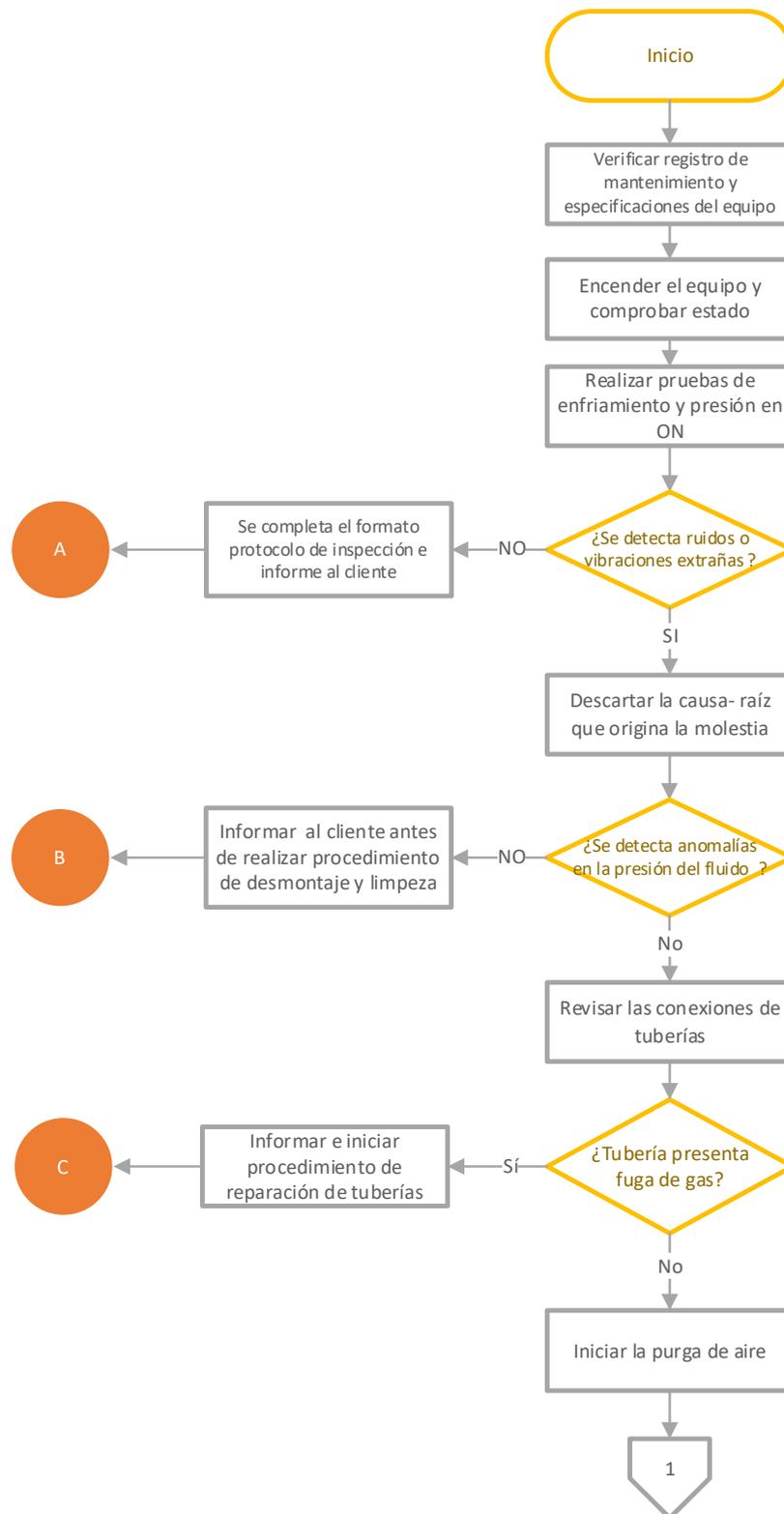
*Fotografía del estado actual del equipo AAMS-24*



Fuente: elaboración propia.

En conjunto con la experiencia del técnico especialista Sr. Jorge Fiestas Salcedo, se realizaron los descartes correspondientes en seguimiento del protocolo de ejecución. Así, el procedimiento de inspección realizado se interpretó a través del siguiente diagrama de operaciones del servicio de mantenimiento correctivo.

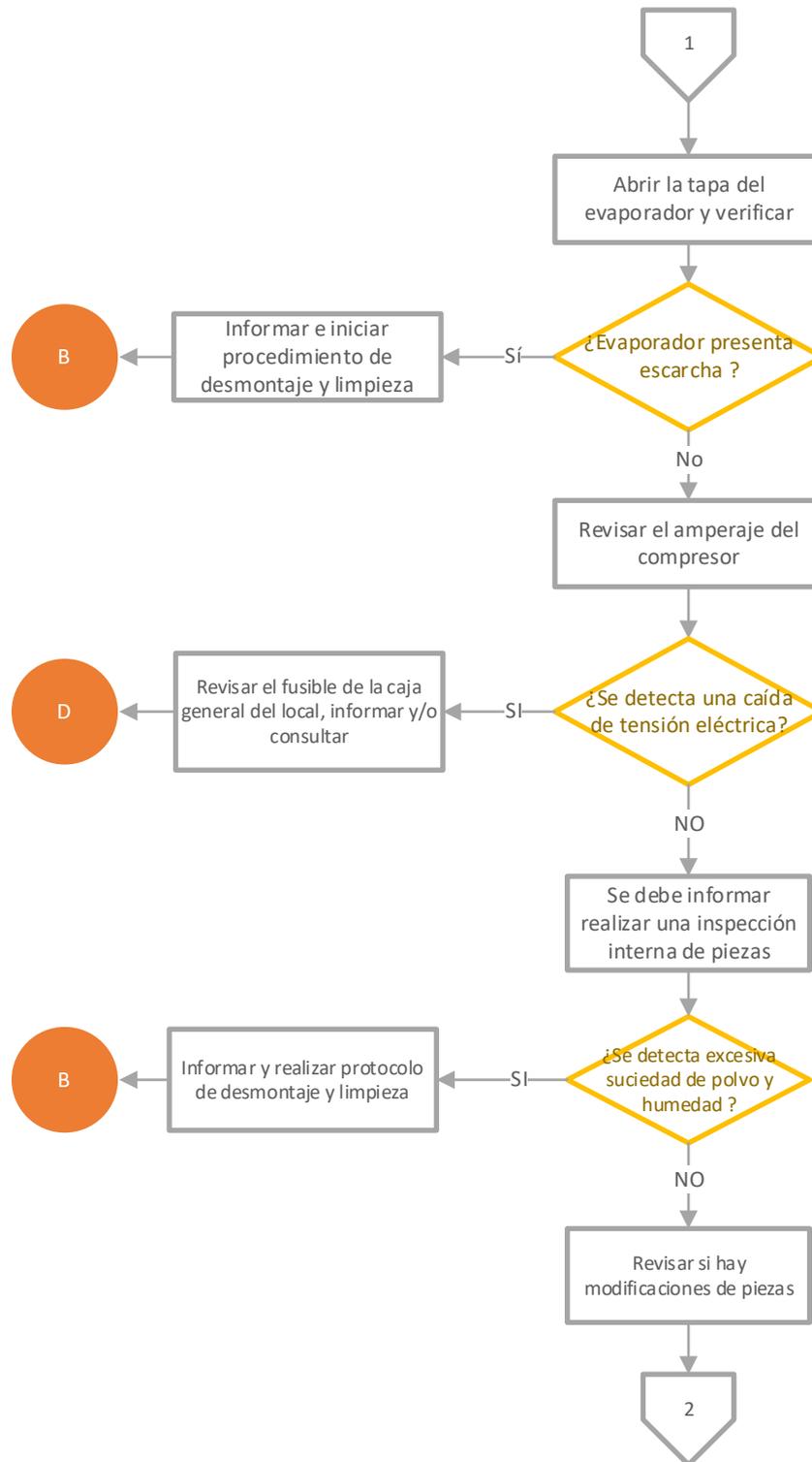
**Figura 33**  
*Diagrama de operaciones de mantenimiento correctivo- sección 1*



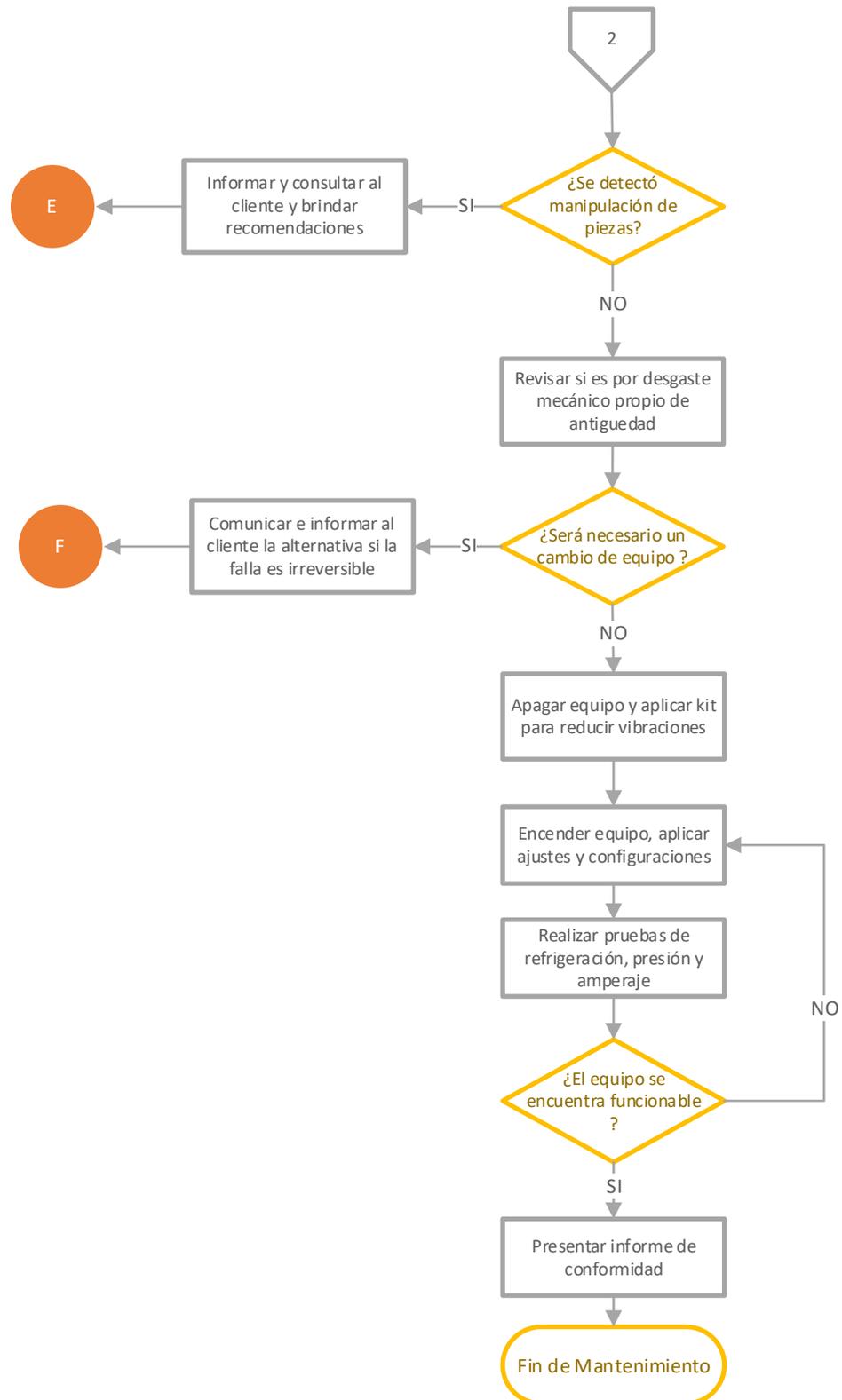
Fuente: elaboración propia.

**Figura 34**

*Diagrama de operaciones de mantenimiento correctivo- sección I-2*



Fuente: elaboración propia.

**Figura 35***Diagrama de operaciones de mantenimiento correctivo- sección 2*

Fuente: elaboración propia.

En esta línea de ideas, se le informó al cliente del inconveniente detectado, esto fue el desgaste de su equipo relacionado con su vida útil, cuyas características indicaban ser antes del 2010, así como la suciedad acumulada en la unidad externa. Por lo tanto, se le recomendó que para dar solución a estos inconvenientes, incluido el ruido y las vibraciones que producía el equipo de aire acondicionado, se realizara una limpieza general del equipo y se aplicara el *kit* para reducir ruidos - vibraciones en un rango aceptable de las especificaciones de fabricación. Con la aprobación del Sr. Carlos Susaya, se realizó la limpieza de las unidades del equipo de aire acondicionado para la reducción de la molestia del ruido y la vibración.

### ***3.1.5.5 Procedimiento de medición***

#### ***3.1.5.5.1 Justificación de la elección del instrumento***

Paso 1: configuración de instrumento de medición

El instrumento utilizado fue el MNS digital debido a que se asemeja más al comportamiento de un oído humano (0 - 120 dB), además, la medición fue aplicada para detectar el nivel de aceptabilidad del ruido de acuerdo con las especificaciones técnicas del equipo, así, la fuente sonora fue emitida por un equipo electrónico fijo y, para su mejor comprensión, la respuesta se leyó en dB.

#### **Figura 36**

*Sonómetro digital profesional GM-1357*

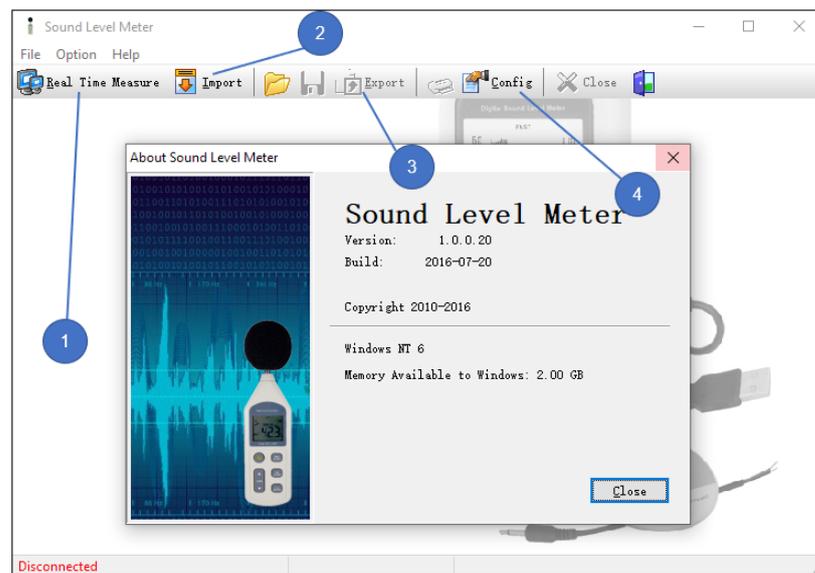


### 3.1.6 Configuración del software del sonómetro

El software SoundLab. v. 1.0.0.20 complementó las funciones del MNS digital, lo que permitió realizar las configuraciones correspondientes para llevar a cabo una medición precisa. A continuación se detalla la interfaz.

1. Menú de medición de tiempo real: permite realizar la medición en el instante del MNS en complemento de un dispositivo ordenador (laptop, tablet, pc), esto para identificar, con una gráfica, si se presentan picos de sonido en tiempo real.
2. Menú importación de archivos: permite obtener la información de las mediciones del MNS y plasmarla en el software como una lista de mediciones en el tiempo y las gráficas.
3. Menú exportación de archivos: permite extraer la información analizada en el software y compartirla con otros programas; por *default*, permite extraer la información en formato \*.xls compatible con Microsoft Excel.
4. Menú configuración: permite realizar la configuración respecto con el rango de medición, la alarma en límites de niveles de presión de sonido, entre otros.

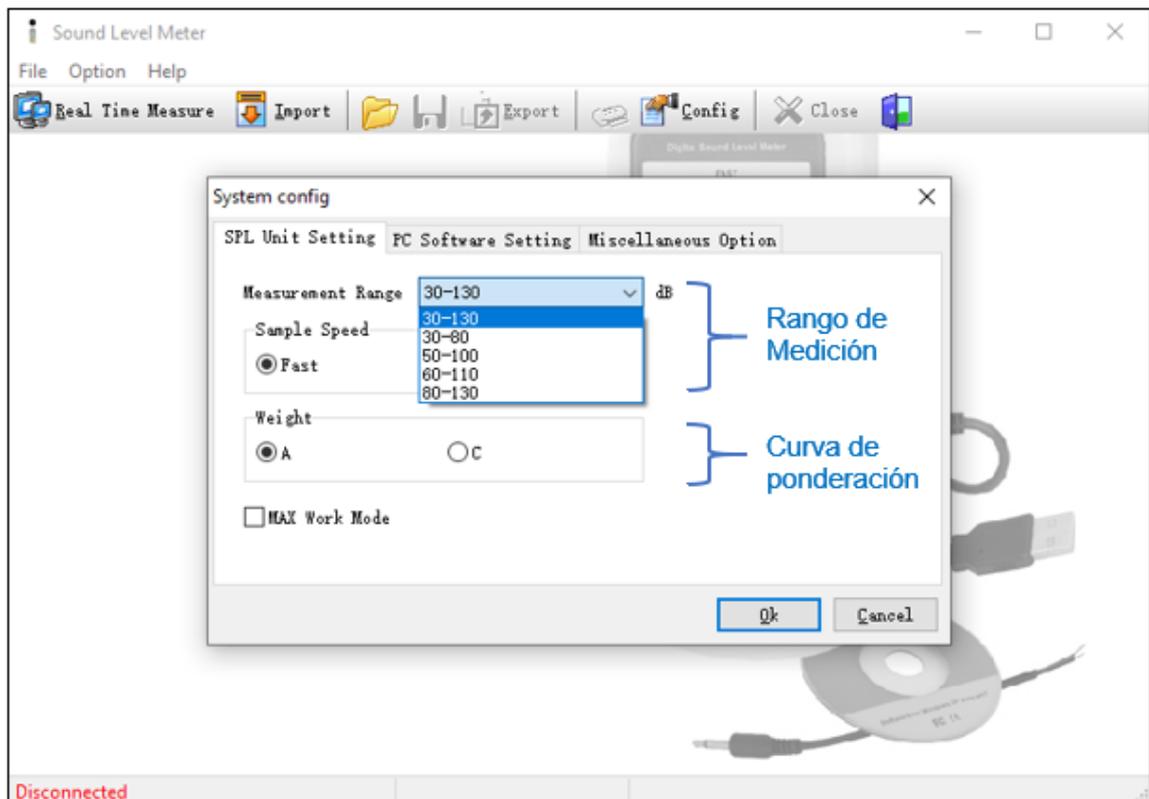
**Figura 37**  
Características del software Sound Level Meter



El software es compatible con las versiones de Microsoft Windows XP, Windows 7, Windows 8 y Windows 10, asimismo, el requerimiento mínimo de memoria es de 2,0 GB.

Para la configuración de las unidades de medición, se tomó en cuenta que el NPS audible por el ser humano se establece de 0 dB a 120 dB, por ende, la opción de 30-130 dB fue la más recomendable.

**Figura 38**  
*Configuración de unidades SPL en sonómetro*



Fuente: elaboración propia con software SoundLab v.1.0.0.20.

Respecto con la curva de ponderación, el filtro que presentó una mejor atenuación de sonidos bajos inaudibles fue la curva A, uno de los más recomendables en la industria para medir ruido de fondo de equipos eléctricos y ruido ambiental.

Cabe añadir que este instrumento, por su gran afinidad con el comportamiento del oído humano, analizó los NPS en el rango audible de frecuencias desde 20 a 20 000 Hertz. La lectura de las mediciones estuvo definida como NPS, representado este en unidades de dB.

La opción configuración pc software tiene como función indicar, mediante una alarma, si una o más mediciones sobrepasan un límite mínimo o máximo de NPS, pues los equipos de aire acondicionado tienen especificaciones de fabricación estándar respecto con el nivel sonoro emitido.

### Figura 39

*Valores promedios del nivel sonoro en equipos de aire acondicionado*

<i>Modelo de Equipo Split por capacidad Btu/h</i>			
<i>Modelo</i>	<i>MSAF-12HRN1</i>	<i>MSAF-18HRN1</i>	<i>MSAF-24HRN1</i>
<i>Capacidad (Btu /h)</i>	<i>12000</i>	<i>18000</i>	<i>24000</i>
<i>Nivel de Sonido (Alto, Medio, Bajo)</i>			
<i>Unidad Interna (Evaporador)</i>	<i>39.7 dB</i>	<i>42,1 dB</i>	<i>47.3 dB</i>
<i>Unidad Externa (Compresor)</i>	<i>65,7 dB</i>	<i>67,1 dB</i>	<i>67,4 dB</i>

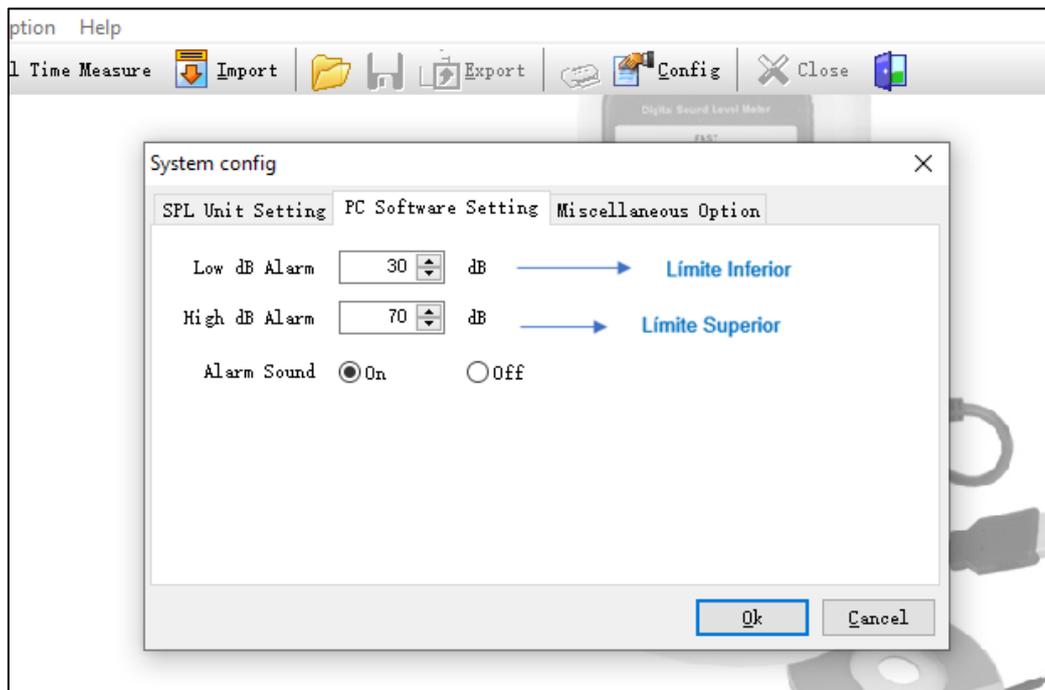
Nota: los valores para la unidad interna son promedios obtenidos de un nivel alto, medio y bajo.

Se puede observar que, en promedio, los niveles de presión sonora emitidos por las unidades externas, según sus especificaciones de fabricación, suelen ser mayor a los emitidos por las unidades internas.

De este modo, las especificaciones técnicas elaboradas por DIGESA y el estudio de investigación del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2016) llegaron a un común criterio donde se calculó que, a partir de 70 dB, se pueden percibir molestias en el oído humano, por ello, las especificaciones técnicas de fabricación de los equipos de aire acondicionado cumplen con estos límites.

#### Figura 40

*Configuración pc software en sonómetro*



Finalmente, en la opción “misceláneo” se ingresaron los datos de Air Master Cold S.A.C. para un asunto de presentación de informe.

## Paso 2: características y especificaciones del equipo

### a. Etiqueta técnica de fabricación

**Tabla 9**

*Resumen de la etiqueta técnica de fabricación*

Etiqueta técnica	
Equipo para aire acondicionado tipo <i>split</i> - doméstico	
Modelo: MIRAY AAMS-24	
Funcionalidad: enfriamiento	
Fecha de lanzamiento: 24/03/2010	
Nivel de ruido 60 dB (A)	
Capacidad 24000 Btu/h	

**Figura 41**

*Etiqueta de fabricación del equipo AAMS-24*



Fuente: elaboración propia.

b. Dimensiones del equipo

El equipo de aire acondicionado modelo AAMS-24 se encuentra ubicado en un espacio de fácil acceso y sin obstrucciones, por esto, en relación con la base teórica del campo sonoro de medición, se consideró como un campo libre, esto quiere decir que la incidencia del micrófono del MNS tiene que encontrarse de forma perpendicular a la fuente sonora, esto para una mejor precisión de lectura.

Para lo anterior se tomaron en cuenta las dimensiones del equipo para una mejor ubicación del MNS.

**Figura 42**

*Dimensiones en cm del equipo de aire acondicionado*



Fuente: elaboración propia.

Paso 3: metodología de la medición

Respecto con el Protocolo Nacional del Ministerio del Ambiente para Medición de Ruido, se siguieron las siguientes directrices generales.

- a. El MNS debe estar alejado a una distancia recomendable de, aproximadamente, 3,0 m de la fuente emisora de ruido, así como de superficies reflectantes (techo, objetos, paredes, etc).
- b. El técnico especialista o las personas externas deben alejarse, en lo posible, del equipo a medir para evitar reflejar el sonido de la fuente sonora. Esto se debe realizar siempre y cuando las características del equipo no requieran tener al operario cerca, en caso de que se requiera, se debe mantener a una distancia razonable.

**Figura 43**

*Distancia apropiada de medición del equipo.*



Fuente: elaboración propia.

- c. Desistir de la medición si se presentan fenómenos climatológicos adversos que generen ruido, por ejemplo, granizo, lluvia, tormentas, etc.

#### Figura 44

Condiciones meteorológicas para Lima Centro



Fuente: The Weather Channel (s.f).

Las condiciones meteorológicas del clima, para el 16 de abril del 2021, se presentaban como no adversas para la medición, es decir, para el distrito de Lima se pronosticó nula probabilidad de presencia de lluvias, además, no es una zona donde se genere granizo, rayos o vientos huracanados, por ende, el ambiente estuvo dentro de lo aceptable del Protocolo de Medición del Ministerio del Ambiente.

#### 3.1.7 Condiciones de incertidumbre

De conformidad con la Norma Técnica Peruana ISO 1996-2:2008, debe cumplirse la siguiente condición óptima para minimizar los efectos meteorológicos en la medición.

$$\frac{(hs + hr)}{r} \geq 0,1$$

La altura del equipo (hs): 66,40 cm.

La altura del MNS respecto con el nivel (hr): 33,20 cm.

La distancia entre el equipo y el MNS: 300 cm.

$$\frac{(66.40 + 33.20)}{300} \geq 0,1$$

$$0.332 \geq 0,1$$

Se cumple

Se debe tomar nota de cualquier episodio inesperado que genere ruido.

d. Determinar o medir el ruido de fondo.

Con el equipo de aire acondicionado en estado *off*, se dio inicio a la medición del entorno ambiental para validar si existía alguna perturbación de ruido externo que afectara la medición y tomar apuntes.

### Figura 45

*Medición sonora del entorno ambiental*



Los resultados de las mediciones de presión sonora del ambiente se realizaron durante un lapso de 10 minutos, estos se presentan en la Figura 46.

### Figura 46

*Resultados de las mediciones sonoras del entorno ambiental*

SoundLab Report				
RecNo	MeaValue	Weight	Time	Date
1	60.4A		5:48:29	2021-4-16
2	58.7A		5:49:29	2021-4-16
3	60.0A		5:50:29	2021-4-16
4	60.2A		5:51:29	2021-4-16
5	58.9A		5:52:29	2021-4-16
6	58.0A		5:53:29	2021-4-16
7	58.4A		5:54:29	2021-4-16
8	60.5A		5:55:29	2021-4-16
9	55.9A		5:56:29	2021-4-16
10	58.3A		5:57:29	2021-4-16

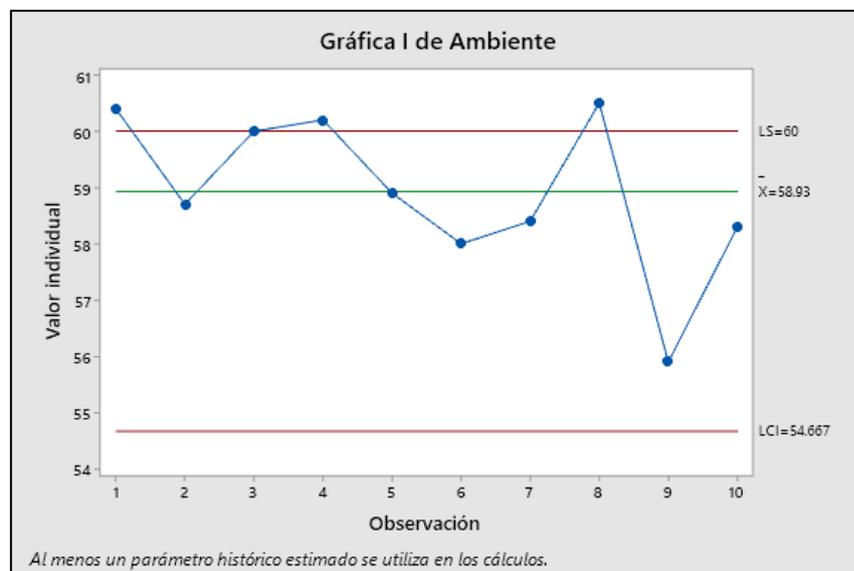
Fuente: reporte de resultados del software SoundLab v.1.0.0.20.

Por medio del reporte del software SoundLab, se analizaron los datos obtenidos a través del software Minitab 19.1 para comprobar la variabilidad de las fluctuaciones sonoras en el ambiente de trabajo y determinar si era necesario aplicar corrección en dichas mediciones.

Estadísticas			
Variable	Media	Desv.Est.	Varianza
Ambiente	58.930	1.421	2.018

**Figura 47**

*Gráfica de control de las mediciones del entorno ambiental en dB*



Fuente: resultados obtenidos con software Minitab 19.1.

#### Interpretación

- Se utilizó la gráfica de observaciones individuales porque es útil para analizar datos de mediciones continuas (minutos) y datos que no estén ubicados en subgrupos.
- Según la NTP-ISO 1996-2:2008, para fluctuaciones mayores a 5 dB se debe aplicar la corrección.

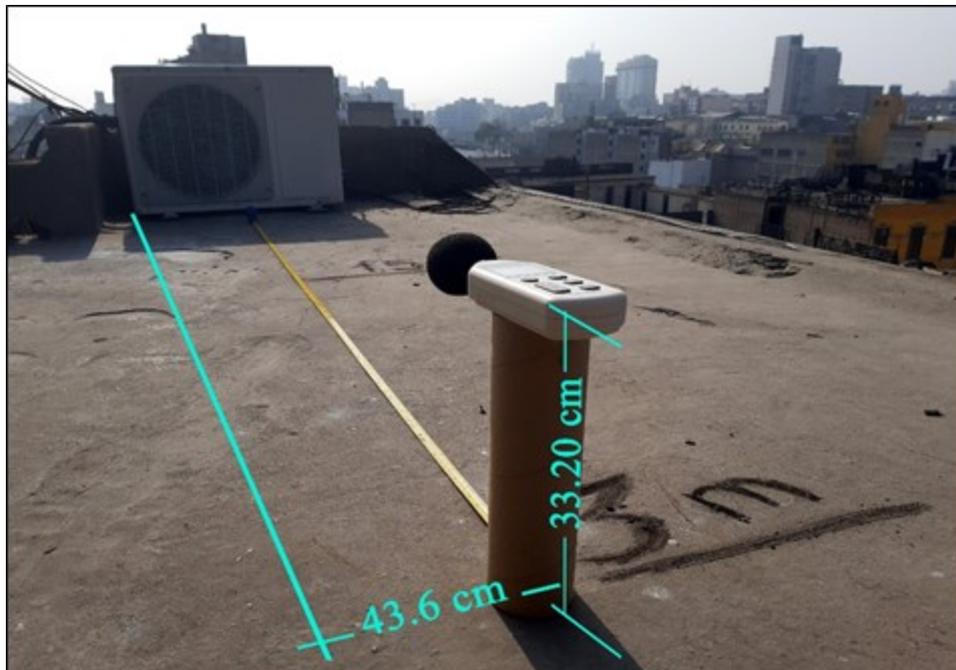
- Los valores se encuentran dentro de un proceso estable y el valor promedio de los datos se obtuvo  $\bar{x} = 58,93$  dB, así, la diferencia de fluctuación fue de 4,6 dB (valor máx. 60,5 - min. 55,9).
- Se concluyó que las fluctuaciones de presión sonora en el ambiente eran mínimas para afectar la medición principal del equipo de aire AAMS-24.

#### Paso 5: medición del ruido

Se estableció que, en las mediciones de ruido generado por actividades productivas o industriales, el intervalo de tiempo a medir recomendable es de 5 a 10 minutos, esto a una distancia donde se pueda percibir el ruido de la fuente principal (no menor a 3 m); esta distancia no debe ser tan alejada para minimizar los efectos meteorológicos conforme con el Protocolo Nacional de Ruido Ambiental.

#### Figura 48

*Ubicación del sonómetro respecto con el equipo AAMS-24*



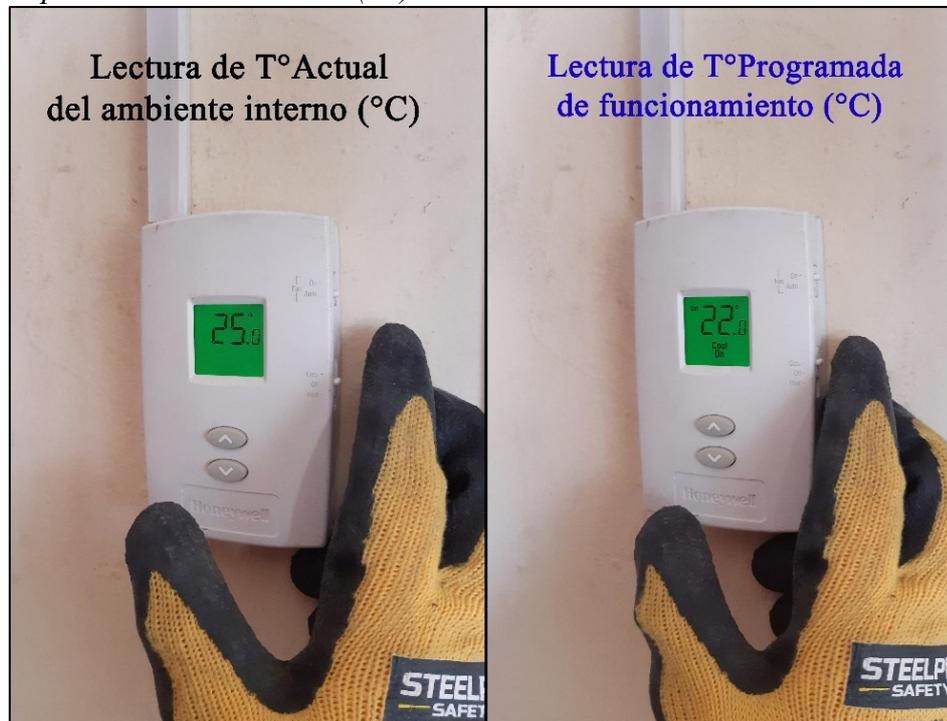
Fuente: elaboración propia.

El MNS se ubicó de forma perpendicular a la fuente sonora, pues la fuente sonora fue un equipo o maquinaria en un espacio considerado como campo libre, por lo que se situó en la posición más precisa respecto con la distancia y la altura de la unidad externa, con el propósito de conseguir mejores lecturas.

La medición de la unidad externa inició a las 6:01:29 p.m. (16/04/2021) durante unos 20 minutos, cuya configuración de funcionamiento fue de 22 °C dentro del rango de *comfort* para el ser humano (21 ° - 22 °C); finalmente, se obtuvo el siguiente resultado.

**Figura 49**

*Lecturas de temperatura del termostato (°C).*



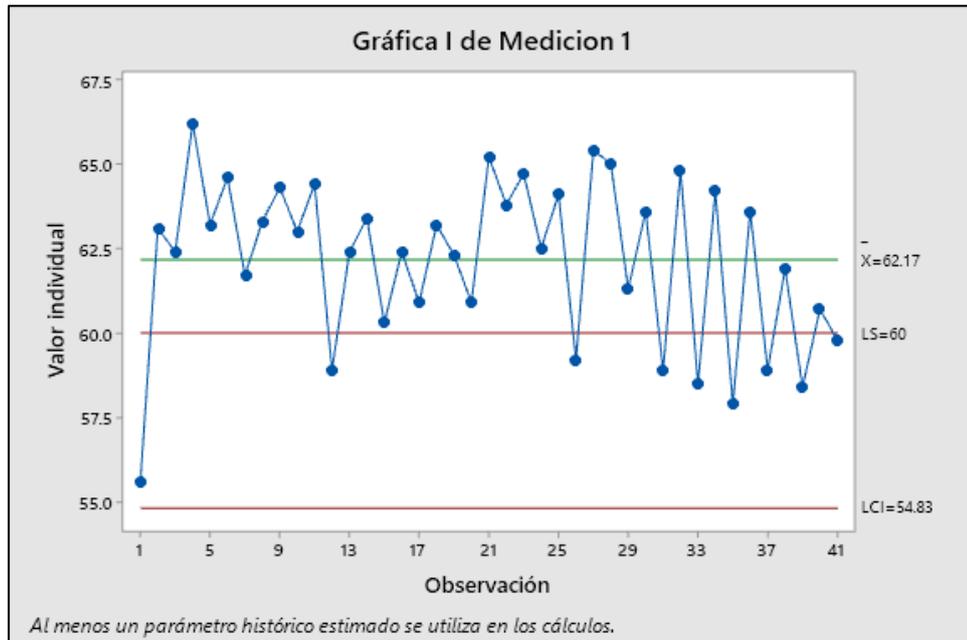
En este sentido, se utilizó el gráfico de control para valores individuales, en virtud de que las mediciones fueron ejecutadas, continuamente, durante el lapso de 10 minutos, tal como lo recomienda la Norma Técnica Peruana ISO 1996-2:2008; estos datos se encuentran ordenados en una sola columna y no por subgrupos.

## Estadísticas

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza
Medición 1	62.168	2.447	5.987

**Figura 50**

Gráfico del nivel de presión sonora emitida por el equipo AAMS-24



Fuente: resultado obtenido de software Minitab 19.1.

### Interpretación

- En la Figura 50 se exponen las lecturas del NPS que emitió el equipo compresor en cuestión, esta unidad externa presentó fluctuaciones por encima de sus especificaciones técnicas de 60 dB.
- Existen 25 de 40 puntos cuyos valores superaron el límite máximo de las especificaciones técnicas de sonido de la unidad externa (Anexo 18).
- En estas fluctuaciones, el nivel máximo se lee en el minuto y medio 4 (66,2), por lo tanto, en concordancia con el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental y la guía técnica de DIGESA, se estableció un nivel de ruido fuerte a partir de 70 dB.

- Así, se concluyó que el nivel de ruido obtenido no representó un nivel de riesgo alto para el oído en el mediano plazo, pero sí se ubicó dentro del rango de molestias de ruido moderado, tal como lo apreció el cliente Sr. Carlos Susaya.

Posteriormente, se procedió con la instalación del *kit* para reducir vibraciones, esto para reducir el nivel de las especificaciones técnicas del equipo, lo que implicó añadir el soporte de poliuretano antivibraciones y realizar, nuevamente, las mediciones de NPS.

### Figura 51

*Instalación de soportes de poliuretano antivibratorio*



Fuente: elaboración propia.

Los resultados de las nuevas mediciones de presión sonora de la unidad externa se efectuaron durante el lapso de 20 minutos para detectar posibles variaciones en el cambio de temperatura (Anexo 19).

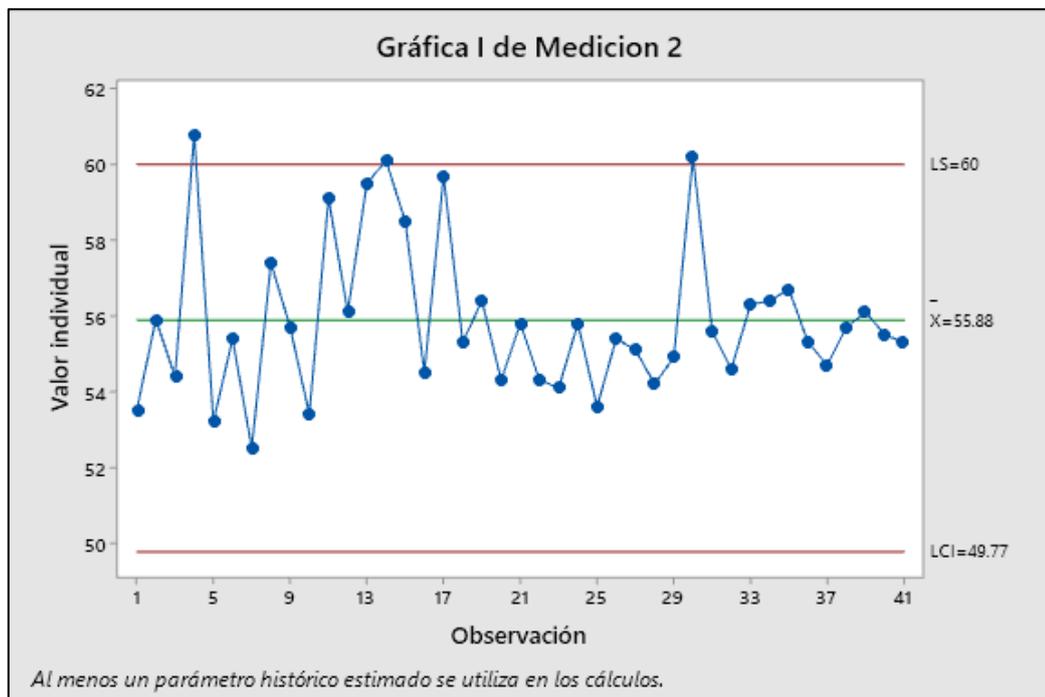
#### Estadísticas

Variable	Media	Desv.Est.	Varianza
Medición	55.885	2.040	4.162

2

**Figura 52**

*Resultados de la medición de presión sonora en la unidad externa con soportes antivibratorios*



Fuente: elaboración propia con software SoundLab 1.0.0.20.

En esta segunda lectura se apreció que las fluctuaciones de ruido se vieron reducidas en gran parte, esto debido a la limpieza general de la unidad externa y al soporte de poliuretano para reducir vibraciones y ruidos.

#### Interpretación

- En la Figura 52 se muestran las lecturas de NPS que emite la unidad externa, esto con mínimas fluctuaciones por encima de sus especificaciones técnicas de 60 dB.
- Hubo 3 de 40 puntos cuyos valores superaron el límite máximo de las especificaciones técnicas de sonido de la unidad externa, estos valores son: 4 (60,8), 14 (60,1) y 30 (60,2).

### 3.1.8 Resultados

Por medio del uso del instrumento de medición sonora (MNS) utilizado para el estudio, se obtuvo una reducción del nivel de ruido en la unidad externa del equipo de aire acondicionado, esto con la aplicación del material de poliuretano como soporte antivibratorio. Así, se procedió a ejecutar las mediciones repetitivas en un lapso de 20 minutos para obtener una muestra más amplia durante el funcionamiento del equipo. De este modo, los factores determinantes fueron el equipo *split* de aire acondicionado frío y el material de tubo rígido de poliuretano, asimismo, se consideraron factores del entorno para realizar las mediciones con la menor perturbación del ambiente, con el seguimiento de las pautas y las recomendaciones del Protocolo del Ministerio del Ambiente respecto con la medición de ruido; es preciso mencionar que se utilizaron las siguientes fórmulas.

$$\frac{(hs + hr)}{r} \geq 0,1$$

$$L_{Corregida} = 10\log(10^{(L_{medido}/10)} - 10^{(L_{fluctuante}/10)})$$

Se obtuvo una reducción del nivel de ruido producido por las vibraciones de la unidad externa del equipo de aire acondicionado en un 10,11 %, lo que benefició, profundamente, al cliente y al Departamento de Mantenimiento en nuevas alternativas de solución. Esta alternativa de solución se reflejará en una mejora en las atenciones postventa con los clientes.

En la Tabla 10 se puede observar la reducción del nivel sonoro promedio, lo que se logró con 41 mediciones en un tiempo de 20 minutos.

**Tabla 10**  
*Reducción del ruido en equipo de aire acondicionado de 24 000 Btu*

Nivel presión sonora promedio (dB)			
Descripción	Antes	Después	Reducción
Ruidos producidos por vibraciones del equipo de aire acondicionado	62 168	55 885	10,11 %

Nota: valor promedio obtenido de 41 mediciones realizadas.

Análogamente, en la Tabla 11 se expone que, según el estudio aplicado, se generó una reducción del 53,66 % en el número de fluctuaciones sonoras que superaban las especificaciones técnicas de sonido de la unidad externa de aire acondicionado. La aplicación del uso del soporte de poliuretano para corregir y minimizar los niveles de ruido del equipo de aire acondicionado se detalla a continuación.

**Tabla 11**  
*Reducción del número de fluctuaciones sonoras de la unidad externa*

Descripción	Nº Fluctuaciones (> 60 dB)		
	Antes	Después	Reducción
Ruidos producidos por vibraciones del equipo de aire acondicionado	25/ 41	3 / 41	53,66 %

Nota: fluctuaciones obtenidas de 41 mediciones realizadas.

#### ***3.1.8.1 Planificación de la capacitación de personal***

El Plan de Capacitación se elaboró sobre la base de las horas y las personas disponibles para el trabajo efectuado por el Departamento de Mantenimiento en conjunto con el Área de Recursos Humanos, con el fin de alcanzar una mayor productividad individual y empresarial.

#### ***3.1.8.2 Beneficios de la capacitación del personal***

Las capacitaciones son uno de los medios más efectivos para conseguir que el personal adquiera conocimientos permanentes de acuerdo con las funciones que debe desarrollar en su puesto de trabajo, lo que produce una mayor competencia individual e institucional; entre los beneficios se pueden indicar los siguientes.

- Eliminar temores de incompetencia por parte de los técnicos.
- Desarrollar el sentido de crecimiento y el progreso profesional.

- Posicionar y proyectar una buena imagen institucional.
- Incrementar la productividad y la variedad de alternativas de solución del personal técnico.
- Incrementar el nivel de satisfacción con los clientes.

### ***3.1.8.3 Programa de capacitación del personal***

El programa tuvo el tema principal de la capacitación sobre medición, evaluación y control de ruido, lo que fue llevado a cabo por un ingeniero ambiental en conjunto con el jefe de operaciones a cargo del Departamento de Mantenimiento.

Debido a la situación de la pandemia, se tomaron todas las medidas de seguridad para garantizar la seguridad sanitaria de los técnicos. Actualmente, se cuenta con 16 técnicos que laboran 6 días a la semana durante todo el mes, por ello, se planeó desarrollar el tema principal en 4 módulos, cada uno con una duración de 3 horas una vez a la semana.

**Tabla 12**  
*Capacitación sobre medición, evaluación y control de ruido*

Capacitación sobre medición, evaluación y control de ruido		
Día	Módulo	Duración
03 de julio 2021	Módulo 1 Legislación, normas e instrumental de ruido laboral	17:30 hs. a 20:30 hs.
10 de julio 2021	Módulo 2. Protocolo para Medición de Ruido. Resolución 227/2013 MINAM	17:30 hs. a 20:30 hs.
17 de julio 2021	Módulo 3. Estrategias para evaluación de exposición a ruido laboral	17:30 hs. a 20:30 hs.
24 de julio 2021	Módulo 4. Conocer las posibles soluciones con nociones básicas de acústica.	17:30 hs. a 20:30 hs.

La exposición se realizó, de forma presencial, a través de una plataforma virtual como Zoom, igualmente, se utilizaron recursos como un instrumental para medición, videos, software o aplicaciones, diapositivas y ejemplos prácticos para complementar los contenidos; cada técnico participante tuvo material del tema y módulos para desarrollar.

**Figura 53***Cronograma de ejecución de las capacitaciones*

Item	ACTIVIDADES	TIEMPO															
		MES 1				MES 2				MES 3				MES 4			
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16
1	<b>FASE 01: ETAPA PLAN DE TESIS DEL PROYECTO</b>																
2	Planificación del proyecto de tesis	■															
3	Revisión del proyecto del Plan de tesis		■														
4	Desarrollo del diseño de poliuretano como alternativa propuesta			■													
5	Consolidación de información de los resultados del Proyecto				■												
6	Presentación del borrador de proyecto con Jefe inmediato				■												
7	Aprobación del contenido macro de la tesis					■											
8	<b>FASE 02: ETAPA INICIO FORMAL</b>																
9	Elaboración del Listado del Personal al que se dirijan las comunicaciones						■										
10	Elaboración de comunicación para Difusión de capacitaciones						■										
11	Elaboración y designación de responsabilidad de cada unidad							■									
12	Desarrollo de Legislación, Normas e Instrumental de Ruido Laboral								■	■							
13	Desarrollo de Protocolo para medición de Ruido. Resolución 227/2013 MINAM										■						
14	Desarrollo de Estrategias para Evaluación de exposición a Ruido Laboral											■					
15	Desarrollo para conocer posibles soluciones con nociones básicas de acústica.												■				
16	Desarrollo de las Propiedades del Poliuretano como soporte antivibraciones													■			
17	Análisis y revisión de objetivos estratégicos de la Institución														■		
18	Desarrollo de resultados para el Departamento de Mantenimiento															■	

Fuente: Air Master Cold S.A.C.

**Tabla 13**  
*Determinación de costos del proyecto*

Materiales	Cantidad comercial	Costo x paquete	Costo unitario comercial (A)	Cantidad utilizada (B)	Costo total A x B
Cinta aislante 3M ¾” de espesor y 4,5 mm de diámetro.	100 Unidades	S/ 185,00	S/ 1,85 /c.u	1	S/ 1,85
Perno de fijación: 2 ½” de longitud total y 3/8” de diámetro+ tuercas	10 unidades	\$ 14,36	\$ 1,436 /c.u	4	S/ 22,04
Cúter de plástico 125 mm de largo y 15 mm de ancho	12 unidad/ caja	S/ 28,20	S/ 2,35 /c.u	1	S/ 2,35
Tubo aislante de poliuretano 2 1/8” diámetro interno x ¾ “grosor x 1,8 m largo	10 segmentos de tubo 1,8m	\$ 57,00	\$ 5,70 /c.u	1	S/ 21,87
Arandela de acero inoxidable de 3/8” diámetro	Bolsa 100 unidades	S/ 21,90	S/ 0,219 /c.u	4	S/ 0,876
Wincha Stanley 3m de longitud	1 unidad	S/ 12,00	S/ 11,50 /c.u	1	S/ 12,00
Total					S/ 60,99

1 tubo aislante de poliuretano permite obtener 50 piezas de soporte por un costo de S/ 60,99 y, actualmente, la División Logística de compras adquiere soportes de caucho por 1 000 piezas al mes, así, se realizó un cálculo con base en esto.

**Tabla 14**  
*Materiales*

Materiales	Paquete	Costo mensual total
Soporte de poliuretano en estudio	1 000 piezas	S/ 1219,80
Sonómetro digital profesional GM-1357	8 unidades (\$ 55,35 c/u)	S/ 1695,92
Total		S/ 2915,72

**Tabla 15**  
*Costos de capacitación*

Encargado	Tema de capacitación	Persona	Costos mensual total
Ingeniero industrial y/o ambiental	Capacitación sobre medición, evaluación y control de ruido	1	\$ 512,00
Supervisor de operaciones	Aprovechamiento de las propiedades del poliuretano	1	S/ 1 250
Total			S/ 3210,96

Nota: tipo de cambio dólar estadounidense \$1 <> S/3,83.

### 3.1.8.4 Costo total de inversión

El costo total de materiales y capacitación de personal se calculó en S/ 6126,68 (\$ 580,00), mientras que el costo total que invirtió la División de Compra Logística en comprar el soporte de caucho antivibración fue de \$ 580/1 000 piezas. Para calcular el tiempo en el que se retornará la inversión del proyecto, se determinó lo siguiente.

**Figura 54**

*Tasa de rendimiento efectivo anual de bancos y cajas municipales nacionales*

AL 04/05/2021

La TREA es la tasa que muestra el rendimiento total de un depósito

Entidad	Tasa de Rendimiento Efectivo Anual (TREA) (%)
CRAC RAIZ	4,4 %
FINANC. CREDINKA	4,3 %
CRAC LOS ANDES	4,1 %
CMCP LIMA	4 %
CMAC CUSCO	3,1 %
CMAC PIURA	3 %
BANCO PICHINCHA	3 %
CMAC ICA	3 %
CMAC AREQUIPA	2,8 %
FINANCIERA EFECTIVA	2,5 %
CMAC SULLANA	2,4 %
CMAC HUANCAYO	2,25 %
CMAC TACNA	2,2 %
BANCO FALABELLA	2 %
CRAC CENCOSUD SCOTIA	2 %

1. Seleccione la Región  
LIMA

2. Seleccione el Tipo de Operación  
DEPOSITOS

3. Seleccione el Producto  
PLAZO FIJO EN SOLES

4. Seleccione las Condiciones  
DEPOSITOS A PLAZO POR S/ 5 000 A 360 DIAS

Consultar

Fuente: Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (s.f).

### 3.1.8.5 Periodo de recuperación de capital

A través de un flujo de caja se pudo determinar el tiempo de retorno de la inversión inicial, así, se concluyó que la inversión de capital inicial se retornará al tercer mes.

**Tabla 16**  
*Periodo de recuperación del capital*

Mes	0	1	2	3	4
Inversión	S/ 6,126,68	0	0	0	0
Flujo de caja	0	S/ 2,221,40	S/ 2,221,40	S/ 2,221,40	S/ 2,221,40
Flujo de caja acumulado	-S/ 6,126,68	-S/ 3,905,28	-S/ 1,683,88	S/ 537,52	S/ 1,683,88

Para una evaluación financiera acerca de la rentabilidad del proyecto, se calcularon las variables VAN y TIR por medio de la siguiente fórmula.

$$VAN = -D_0 + \frac{FC_1}{(1+k)^1} + \frac{FC_2}{(1+k)^2} + \frac{FC_3}{(1+k)^3} + \dots, > 0$$

FC: flujo de caja del periodo

D<sub>0</sub>: desembolso inicial

K: tasa de rentabilidad

### 3.1.8.6 Valor actual neto

Se tomó en cuenta la tasa de rendimiento efectivo anual para la entidad bancaria del Banco Pichincha (TREA= 3 %), puesto que es el banco que presenta mejor rentabilidad a plazo fijo y menor riesgo a diferencia de las cajas municipales, lo que se evaluó en la siguiente fórmula.

$$VAN = -S/.6126.68 + \frac{S/.2221.40}{(1 + 0.247\%)^1} + \frac{S/.2221.40}{(1 + 0.247\%)^2} + \frac{S/.2221.40}{(1 + 0.247\%)^3}$$

$$VAN = -S/.6126.68 + S/.6631.41$$

$$VAN = S/.504.73$$

### 3.1.8.7 Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno permitió conocer si era viable la inversión de este proyecto en el negocio, esto con la medición de la rentabilidad promedio por periodo y en consideración con los fondos que permanecen invertidos en el proyecto; lo anterior se evaluó con la siguiente fórmula.

$$\sum_{n=1}^N \frac{FC_n}{(1 + TIR)^n} - I = 0$$

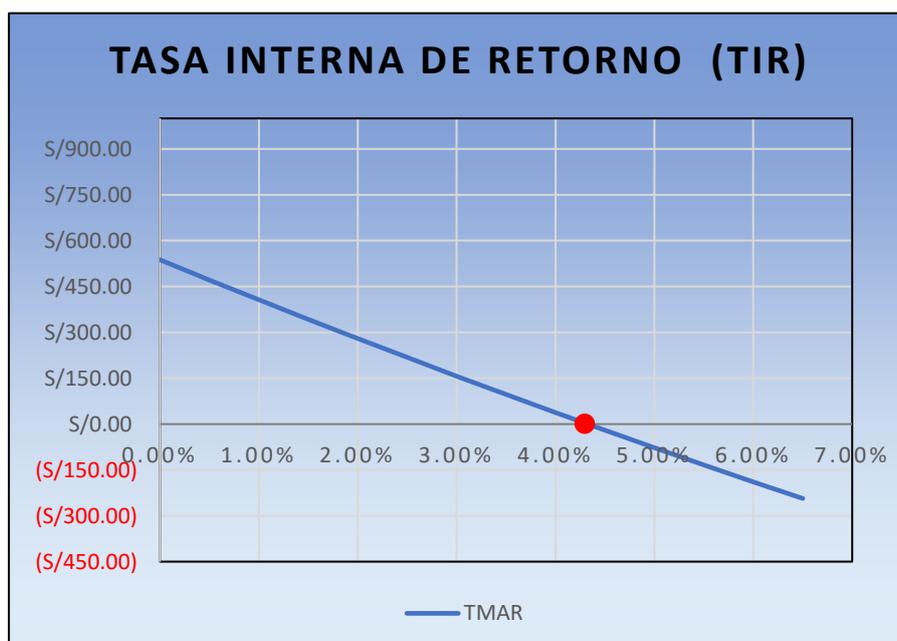
$FC_n$ : flujo de Caja en diferentes periodos

$n$ : número de periodos

$I$ :: valor de la inversión inicial

Por consiguiente, al reemplazar y polarizar valores se obtuvo lo expuesto a continuación.

**Figura 55**  
*Tasa interna de retorno*



**Tabla 17**  
*TMAR y VAN*

MAR	VAN
0,0 %	S/ 537,52
0,5 %	S/ 471,43
1,5 %	S/ 342,48
2,0 %	S/ 279,58
2,5 %	S/ 217,69
3,0 %	S/ 156,80
3,5 %	S/ 96,88
4,0 %	S/ 37,91
4,5 %	-S/ 20,13
5,0 %	-S/ 77,26
5,5 %	-S/ 133,49
6,0 %	-S/ 188,85
6,5 %	-S/ 243,36

$$\left( \frac{2221.40}{(1 + TIR)^1} + \frac{2221.40}{(1 + TIR)^2} + \frac{2221.40}{(1 + TIR)^3} \right) - 6126.68 = 0$$

$$TIR = 4.33\%$$

#### Interpretación

El valor VAN > 0 indicó que la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad, por ende, el proyecto está por encima de lo aceptable.

El Valor TIR > TREA (tasa de Rentabilidad bancaria) denotó que el monto invertido en este proyecto obtendrá mayor beneficio rentable en comparación con invertirlo, a plazo fijo, en la entidad bancaria.

## Conclusiones

Objetivo 1: análisis y estudio del nivel de vibración de los equipos de aire acondicionado.

- La aplicación de la propuesta del uso del material poliuretano, así como del instrumento de medición sonora (MNS), permitió identificar los niveles de presión sonora que emitía la unidad externa del equipo de aire acondicionado, con lo que se demostró que el 60,9 % de las mediciones superaban las especificaciones técnicas de 60 dB permitidas en la unidad externa AAMS-24. Además, se detectó que estos niveles de presión sonora estaban relacionados, en cierta parte, con el desgaste durante su vida útil y la falta de mantenimiento preventivo, lo que generaba vibraciones y ruidos inusuales en la unidad externa.

Objetivo 2: corrección y aplicación del material poliuretano a los equipos de aire acondicionado.

- Con la aplicación de la propuesta, que planteaba utilizar el material de poliuretano como un elemento de soporte, se obtuvo una reducción del 53,66 % del ruido producto de las vibraciones de la unidad externa del equipo de aire acondicionado, por lo tanto, se logró la reducción de las fallas y del consumo de energía, y una mejora en la satisfacción del cliente.
- En los resultados se determinó la viabilidad del proyecto, pues se consideró el costo de elaborar soportes antivibratorios de poliuretano, esto en comparación con el soporte de caucho comúnmente utilizado por Air Master Cold S.A.C. Por otro lado, se determinó una inversión inicial de S/ 6126,68, la que será recuperable en el transcurso de 3 meses al culminar la ejecución de los procedimientos planificados; esto generó un ahorro de costos del material de goma de caucho que se ha reemplazado con el poliuretano.

Objetivo 3: estandarización y monitoreo de las correcciones implantadas.

- El presente proyecto de propuesta estuvo dirigido a la Empresa Air Master Cold S.A.C., con la finalidad de ampliar la gama de soluciones del Departamento de Mantenimiento para afrontar las fallas reportadas por sus clientes, relacionadas estas con el ruido de las vibraciones en equipos de aire acondicionado. La investigación será accesible para todo el Departamento de Mantenimiento como precedente en la reutilización de materiales, a la vez, permitirá que otros técnicos puedan desarrollar alternativas afines con base en los resultados evaluados en el proyecto.
- Los resultados del proyecto actual representan una alternativa que beneficiará al Departamento de Mantenimiento, en este sentido, con el apoyo del Sr. Héctor Casas Pacheco, jefe supervisor de mantenimiento, y el Sr. Jorge Fiestas Salcedo, técnico especialista, se planificó la comunicación y programación de las capacitaciones, así como el monitoreo de dichas actividades.

### **Recomendaciones**

- Para Air Master Cold S.A.C., especialmente, para el Departamento de Mantenimiento, se sugiere adquirir la instrumentación del MNS profesional digital para detectar un rango de 20- 120 dB, así, este debe ser configurable con la curva de sonoridad A para una mejor lectura de las mediciones. Igualmente, debe permitir la grabación de lecturas por lapso para plasmarlo en una hoja formato de mediciones y comparar los valores obtenidos en tiempo real durante el mantenimiento correctivo.
- La aplicación del poliuretano como soporte antivibraciones puede adaptarse al peso de carga de la unidad externa del equipo de aire acondicionado, esto con la aplicación de las ecuaciones presentes en el procedimiento de este proyecto.

- Por ende, se sugiere conocer las dimensiones y el peso del equipo de aire acondicionado, pues de esto dependerá el tamaño y el diámetro del soporte de poliuretano que será colocado.
- Para recomendaciones prácticas de la implementación de esta propuesta en otras organizaciones o sectores económicos, es importante tomar en cuenta que, en la propuesta, el poliuretano es adquirido por la División de Compras de Air Master Cold S.A.C. e importado del mercado internacional, por ello, es dependiente del valor del dólar en el mercado.
- Para recomendaciones académicas, se invita a la Universidad Alas Peruanas y a la Facultad de Ingeniería Industrial a continuar con las investigaciones sobre las diversas propiedades del poliuretano y considerar, como precedente, el uso que se le dio a dicho material en el presente proyecto, esto para solucionar los ruidos producidos por vibraciones en equipos eléctricos afines.

## Referencias

- Air Master Cold S.A.C. (s.f). <https://www.airmastercold.com.pe/nosotros/>
- Ashrae. (2019). *ANSI/ASHRAE Standard 34-2019, Designation and Safety Classification of Refrigerants*. <https://www.ashrae.org/technical-resources/standards-and-guidelines/standards-addenda/addenda-to-standard-34-2019>
- Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado. (s.f). *Espuma de poliuretano*. Metaportal Construmática: [https://www.construmatica.com/construpedia/Espuma\\_de\\_Poliuretano](https://www.construmatica.com/construpedia/Espuma_de_Poliuretano)
- Banco Central de Reserva del Perú. (2021). *Reporte de inflación: panorama actual y proyecciones macroeconómicas 2021-2022*. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/junio/reporte-de-inflacion-junio-2021.pdf>
- BASF SE. (s.f). *Portal BASF*. <https://www.basf.com/co/es.html>
- Costta, G., y Guevara, J. (2015). *Elaboración del plan de mejora para el mantenimiento preventivo en los sistemas de aire acondicionado de la red de telefónica del Perú Zonal Norte, basado en la metodología Ishikawa- Pareto [Tesis de Pregado]*. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Diario El Peruano. (s.f). *Anexos de la Ordenanza N° 410-MSI que estableció disposiciones de regulación, prevención y control de la contaminación sonora en el distrito de San Isidro*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/anexos-de-la-ordenanza-n-410-msi-que-establecio-disposicion-anexo-ordenanza-no-410-msi-1320929-1/>
- Esparza, E. (1998). *Control de ruido en sistemas de aire acondicionado [Tesis de Maestría]*. Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Espinel, C., y Romero, F. (2013). *Plan de negocio empresa aire acondicionado y ventilación mecánica Cooler ingeniería [Tesis de Especialización]*. Universidad EAN.

- González, F. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado* (2 ed.). FC Editorial.
- López, J., y Moreno, J. (2013). *Control de ruido con barreras acústicas [Tesis de Pregrado]*. Instituto Politécnico Nacional.
- ManualsBase. (s.f). *Manual de instrucciones*. Portal ManualsBase.com:  
<https://www.manualsbase.com/es/brand/details/6591/york/>
- Merino, J., y Muñoz, L. (2013). La percepción acústica: física de la audición. *Revista de Ciencias*, 2, 19-26.
- Ministerio de Salud de Perú. (s.f). *Guía técnica: vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a ruido*. Gobierno de Perú:  
[http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma\\_consulta/Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20de%20Vigilancia%20de%20la%20Salud%20de%20los%20Trabajadores%20Expuestos%20a%20Ruido.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20de%20Vigilancia%20de%20la%20Salud%20de%20los%20Trabajadores%20Expuestos%20a%20Ruido.pdf)
- Ministerio del Ambiente de Perú. (2013). Resolución Ministerial N 227-2013. *Gobierno de Perú*.
- Miyara, F. (s.f). *Introducción a la psicoacústica*.  
<https://www.analfatecnicos.net/archivos/04.IntroduccionPsicoacusticaFedericoMiyara.pdf>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental . (2016). *La contaminación sonora en Lima y Callao*. [http://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=19088](http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=19088)
- Pérez, C. (s.f). *Sonido y Audición*. Universidad de Cantabria:  
<https://personales.unican.es/perezvr/pdf/sonido%20y%20audicion.pdf>
- Portal Academia. (s.f). *Amplificadores operacionales*.  
[https://www.academia.edu/24671677/Amplificadores\\_operacionales](https://www.academia.edu/24671677/Amplificadores_operacionales)

Salazar, E., y Cabrera, C. (2007). *Cálculo del coeficiente de reducción de ruido (NRC) de materiales utilizando una cámara de insonorización [Proyecto de Grado Técnico]*.

Universidad Tecnológica de Pereira.

Shenzhen Adela Technology Co., Ltd. (s.f). <https://www.ice-loong.com/contact.html>

Sociedad de Comercio Exterior del Perú. (2021). Informe top 10 del comercio exterior.

*Revista Negocios Internacionales*, 25(278), 1-53.

<https://www.comexperu.org.pe/upload/articles/revista/febrero2021/mobile/index.html#p=24>

Superintendencia de Banca, Seguros y AFP. (s.f). *Portal SBS*. <https://www.sbs.gob.pe/>

The Weather Channel. (s.f). *Tiempo en Lima, Perú*. [https://weather.com/es-](https://weather.com/es-US/tiempo/hoy/1/Lima+LIM+Peru+PEXX0011:1:PE)

[US/tiempo/hoy/1/Lima+LIM+Peru+PEXX0011:1:PE](https://weather.com/es-US/tiempo/hoy/1/Lima+LIM+Peru+PEXX0011:1:PE)

Toshiba. (2016). *Catálogo general*.

[https://issuu.com/casamayor/docs/catalogo\\_general\\_toshiba\\_aire\\_2016](https://issuu.com/casamayor/docs/catalogo_general_toshiba_aire_2016)

Unidad de Currículo y Evaluación. (s.f). *Ciencias Naturales 1° Medio Eje Física*. Ministerio

de Educación de Chile: [https://www.curriculumnacional.cl/portal/Educacion-](https://www.curriculumnacional.cl/portal/Educacion-General/Ciencias-Naturales-1-medio/Ciencias-Naturales-1-Medio-Eje-Fisica/)

[General/Ciencias-Naturales-1-medio/Ciencias-Naturales-1-Medio-Eje-Fisica/](https://www.curriculumnacional.cl/portal/Educacion-General/Ciencias-Naturales-1-medio/Ciencias-Naturales-1-Medio-Eje-Fisica/)

## Anexos

### Anexo 1

#### Glosario

**Aislamiento (acústico):** material que es pobre conductor del sonido, por ello, se usa para retardar o disminuir el flujo de sonido. Algunos materiales aislantes son el corcho, la fibra de vidrio, los plásticos espumados (poliuretano y poliestireno), etc.

**Adiabático, compresión:** proceso de compresión de gas refrigerante en el que este no gana ni pierde calor con el ambiente.

**Aislamiento (eléctrico):** material o sustancia que casi no posee electrones libres, lo que hace que sea pobre en la conducción de corriente eléctrica.

**Calor de compresión:** es la energía producida cuando se comprime un gas, es decir, la energía mecánica de la presión se convierte en energía calorífica.

**Capacidad:** propiedad de contener o almacenar cierta cantidad de sustancia hasta un límite determinado; en refrigeración, esta capacidad es expresada en Kcal/h, Watts/h o en Btu/h.

**Ciclo:** serie de operaciones que tienen una tendencia a repetirse.

**Compresor rotatorio:** compresor con un cilindro y un rotor excéntrico interior, este gira dentro del cilindro. Igualmente, las aletas deslizables dentro del rotor son las que comprimen el vapor durante la rotación.

**Decibel (dB):** unidad utilizada para determinar la intensidad de los sonidos; un dB detectable al oído humano está en un rango aproximado de 120 dB en una escala que inicia con 1 para los sonidos débilmente audibles.

**Evaporador:** componente de un sistema de refrigeración en el que el refrigerante se evapora debido a la absorción de calor del ambiente.

**Filtro:** dispositivo para contener partículas extrañas de un fluido.

**Fluido:** sustancia que contiene partículas que se mueven y cambian de posición sin separación de masa, estas pueden encontrarse en estado líquido o gaseoso.

**Frío:** es la representación de la ausencia de calor, una temperatura considerablemente por debajo de lo normal.

**Hertz (Hz):** unidad para medir la frecuencia, es decir, el número de ciclos por segundos.

**Instrumento:** dispositivo con las habilidades o las capacidades para indicar, medir, registrar o controlar.

**Manómetro:** instrumento para medir presiones de fluidos contenidos en recipientes cerrados.

**Pascal (Pa):** unidad de presión absoluta en el sistema internacional, esta es igual a la fuerza de un Newton aplicado sobre una superficie de un metro cuadrado ( $m^2$ ).

Generalmente, la escala más utilizada es el kilo Pascal (kPa) o el BAR  $1kPa= 1\ 000\ Pa$  y  $1\ BAR= 100\ kPa$ .

**Poliuretano:** cualquier polímero de hule sintético producto de la polimerización de un grupo HO y NCO, esto a partir de 2 compuestos diferentes; en refrigeración se utiliza como aislante.

**Presión:** energía o fuerza de acción continua que actúa sobre una superficie o unidad de área.

**Presión atmosférica:** energía o fuerza que ejerce el aire atmosférico sobre la tierra, esta es medida en kPa, mm de Hg, lb/pulg<sup>2</sup>, etc; a nivel del mar, tiene un valor de 1 atmósfera (101,325 kPa).

**Refrigerante:** sustancia utilizada en mecanismos de refrigeración, cuya función es absorber el calor en el evaporador al cambiar de estado líquido a gaseoso, por ello, libera su calor en el condensador regresando, de nuevo, del estado gaseoso al estado líquido.

**Serpentín de aire:** tubo en forma de canalización espiral presente en algunos tipos de bombas de calor, es utilizado como evaporador o condensador.

**Temperatura ambiente:** temperatura de un fluido que rodea un objeto (generalmente el aire).

**Termostato:** dispositivo que detecta las condiciones de la temperatura ambiente, a su vez, acciona para controlar un circuito.

## Anexo 2

### Materiales e insumos usados en instalaciones y mantenimiento.

#### REPUESTOS, CONSUMIBLES Y HERRAMIENTAS



##### Compresores, bombas y motores

- Compresores semi herméticos
- Compresores rotativos 12,000 18,000 y 24,000 BTU/H.
- Compresores scroll y alternativos monofásicos y trifásicos de 3, 4, 5, 6, 7.5, 10, 12, 15 hp.
- Bombas de condensado tanque alto, bajo y minibombas.
- Motores eléctricos para evaporadoras y condensadoras, de uno y doble eje.
- Controles remoto universales



##### Tuberías y Conexiones de Cobre y Bronce



- Tubería de cobre flexible.
- Tubería de cobre rígida.
- Uniones, tees, reducciones, conexiones y codos de cobre.
- Tuercas, uniones y tees flare de bronce.

##### Herramientas



- Manifolds y manómetros.
- Llaves ratchet.
- Termómetros láser.
- Aspersores.
- Limpiadores de evaporadoras y condensadoras.

##### Materiales para Instalación



- Ductos flexibles de 6", 8", 10", 12" y 14", asilados con lana de vidrio y foil de aluminio.
- Cintas foam y cintas de aluminio.
- Soldaduras de plata de 0%, 5%, 15%.
- Fundente en polvo y pasta.
- Soldaduras de aluminio.
- Elastómeros

##### Accesorios para Instalación



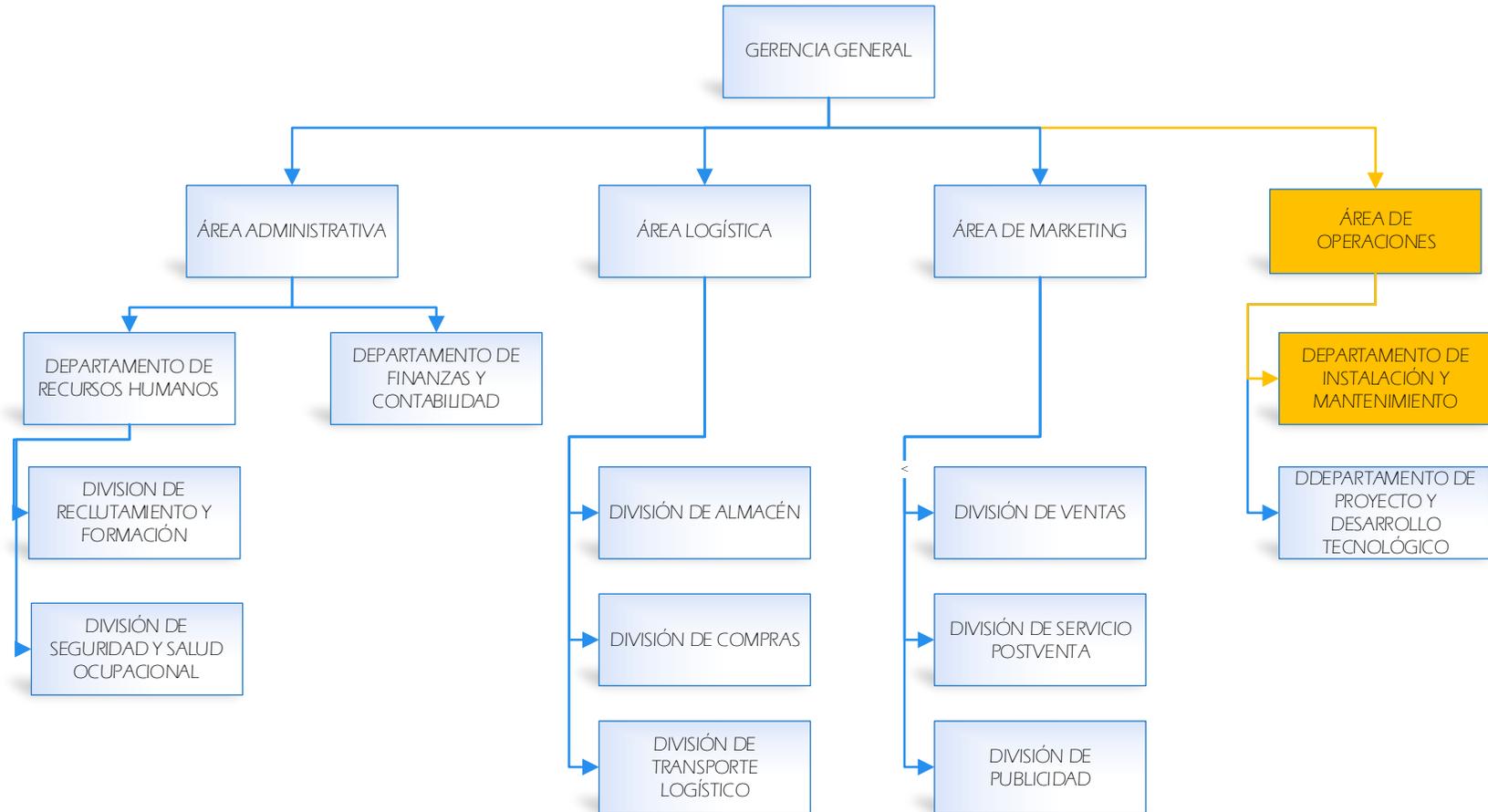
- Termostatos ambientales analógicos y digitales.
- Presostatos tipo cápsula y soldables.
- Válvulas de expansión termostática para R22, ecológicos y amoniaco.
- Separadores de aceite.
- Filtros deshidratadores tipo cartucho y soldables.
- Portafiltros.
- Válvulas reguladoras, solenoides, de paso, de 1,2 y 3 vías.
- Visores de nivel de líquido.

##### Gases refrigerantes, aceites y limpiadores.



- Gases refrigerantes fluorocarbonados R22.
- Gases ecológicos R 134<sup>a</sup>, R410A, R404A, R406A, R407C.
- Solventes R141B.
- Aceites refrigerantes minerales y polyolester.
- Limpiadores químicos para serpentines de evaporadores y condensadores.

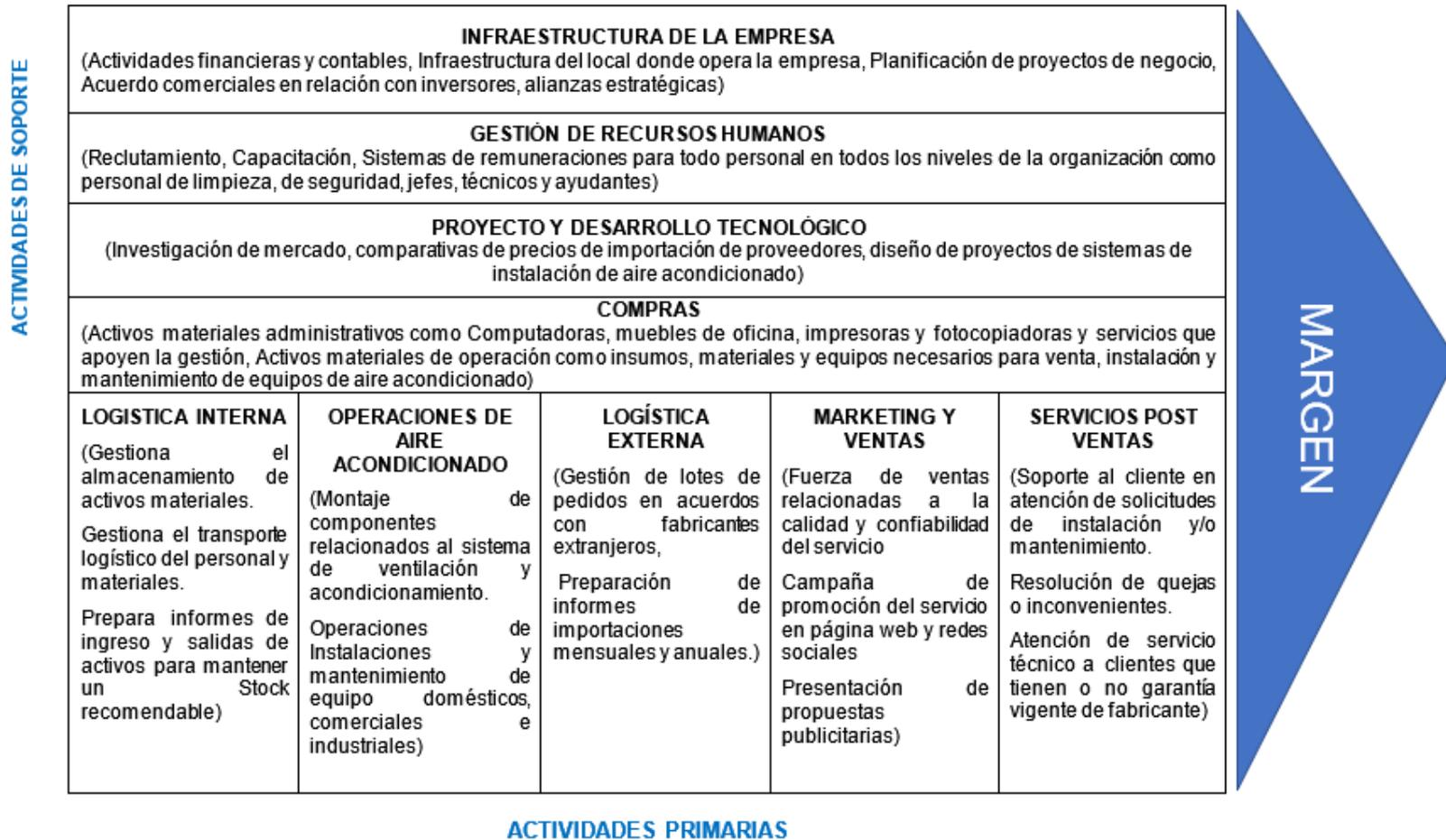
Fuente: revista Air Master Cold S.A.C. (2020).

**Anexo 3***Estructura orgánica de Air Master Cold S.A.C.*

Fuente: elaboración propia.

**Anexo 4**

*Cadena de valor de Air Master Cold S.A.C.*



Fuente: Air Master Cold S.A.C.

## Anexo 5

### Entidades de normalización del sector de aire acondicionado

Entidades y/o normativas internacionales	Función reguladora	Importancia en el sector de acondicionamiento de aire
<p>AHRI (American Heating and Institute)</p> 	<p>Asociación comercial norteamericana de fabricantes de aire, equipos de acondicionamiento, calefacción y refrigeración comercial. Proporciona una evaluación exacta e imparcial de la calefacción, la ventilación, el aire acondicionado y los equipos de refrigeración comercial.</p>	<p>AHRI estándar 420-2008 aplicado a evaporadores alimentados de refrigerante, del tipo de expansión directa o de sobrealimentación líquida. El objetivo de AHRI estándar 420 es asegurar que los evaporadores sean capaces de manipular la carga de trabajo esperada dentro de los parámetros diseñados de la unidad.</p>
<p>ASTM (American Society for Testing Materials)</p>  <p>ASTM INTERNATIONAL</p>	<p>Organización que se encarga de emitir normas técnicas y estándares producto de evaluar y medir patrones y especificaciones de materiales, productos o procesos referidos a construcción, metales, concretos y petróleo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma 96E / 96 M de ASTM métodos de prueba para la transmisión de vapor de agua de materiales.</li> <li>• Cables de acero para ductos de acero galvanizado: el acero galvanizado cumple la norma ASTM A603.</li> <li>• Cables de acero para ductos de acero inoxidable: el acero inoxidable cumple la norma ASTM A492.</li> <li>• Norma 34 designación y clasificación de seguridad de refrigerantes.</li> <li>• Norma 52.2: establece el método de limpieza de aire para la eficiencia de remoción por tamaño de partícula.</li> <li>• Norma 55: condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana, en lo que se establecen ciertos parámetros en el acondicionamiento de aire acondicionado para una zona de “<i>comfort</i>”.</li> <li>• Estándar 62.1: ventilación para una calidad de aire interior aceptable.</li> <li>• Estándar 62.2: ventilación y calidad del aire interior aceptable en edificios residenciales de poca altura.</li> <li>• Estándar 90.1: estándar de energía para edificios, excepto edificios residenciales de poca altura.</li> <li>• Norma 189.1: norma para el diseño de edificios ecológicos de alto</li> </ul>
<p>ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado)</p>  <p>AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATION AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS</p>	<p>Otorga los criterios en la instalación de los sistemas en edificios, la eficiencia energética, la calidad del aire interior y la sostenibilidad dentro de la industria a través de los <i>standard</i> ASHRAE.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma 34 designación y clasificación de seguridad de refrigerantes.</li> <li>• Norma 52.2: establece el método de limpieza de aire para la eficiencia de remoción por tamaño de partícula.</li> <li>• Norma 55: condiciones ambientales térmicas para la ocupación humana, en lo que se establecen ciertos parámetros en el acondicionamiento de aire acondicionado para una zona de “<i>comfort</i>”.</li> <li>• Estándar 62.1: ventilación para una calidad de aire interior aceptable.</li> <li>• Estándar 62.2: ventilación y calidad del aire interior aceptable en edificios residenciales de poca altura.</li> <li>• Estándar 90.1: estándar de energía para edificios, excepto edificios residenciales de poca altura.</li> <li>• Norma 189.1: norma para el diseño de edificios ecológicos de alto</li> </ul>

rendimiento, excepto edificios residenciales de poca altura.

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 6

### Evaluación de oportunidades y amenazas, parte A-1

Factor	Aspecto	Tipo de impacto		Oportunidad o amenaza	Impacto
		Positivo	Negativo		
Entorno político	Cuarentena rígida ante la crisis sanitaria del Covid-19 dispuesto en el Decreto Supremo N°044-2020-PCM.		x	A	Las actividades de Air Master Cold S.A.C. fueron totalmente suspendidas, por ende, los proyectos no culminaron, se suspendió la labor de los trabajadores, se postergó el pago de los proveedores y se aplazaron las fechas de trabajo.
	Nuevas elecciones 2021 y nuevas variables del mercado.		x	A	Las nuevas elecciones 2021 generaron incertidumbre de riesgo en los inversionistas y expectativas no concisas para ampliar el negocio.
	Presupuesto gubernamental para financiamiento de MYPES.	x		O	Oportunidad para que la empresa categorizada como MYPE pueda solicitar un fondo de capital de trabajo y afrontar, a mediano plazo, el pago de sus proveedores.
Entorno económico	La tasa de inflación anual inestable, según reporte del BCRP en febrero 2021, se posicionó en una tasa de 2,40 %.		x	A	Para el negocio, una tasa de inflación baja facilita la realización de contratos de compra con proveedores nacionales y proyectos de inversión, la tasa de inflación presentada aún no es significativa para tomar decisiones de crecimiento del negocio.
	Tendencia del precio del dólar estadounidense posicionándose en S/ 3,754 por dólar para abril del 2021.		x	A	Para el negocio, el aumento del precio de compra del dólar no es beneficioso, debido a que los equipos e insumos de A.A. son 100 % importados y se valoriza en dólares americanos, lo que aumenta el costo logístico de compras.

Fuente: elaboración propia.

**Anexo 7***Evaluación de oportunidades y amenazas, parte A-2*

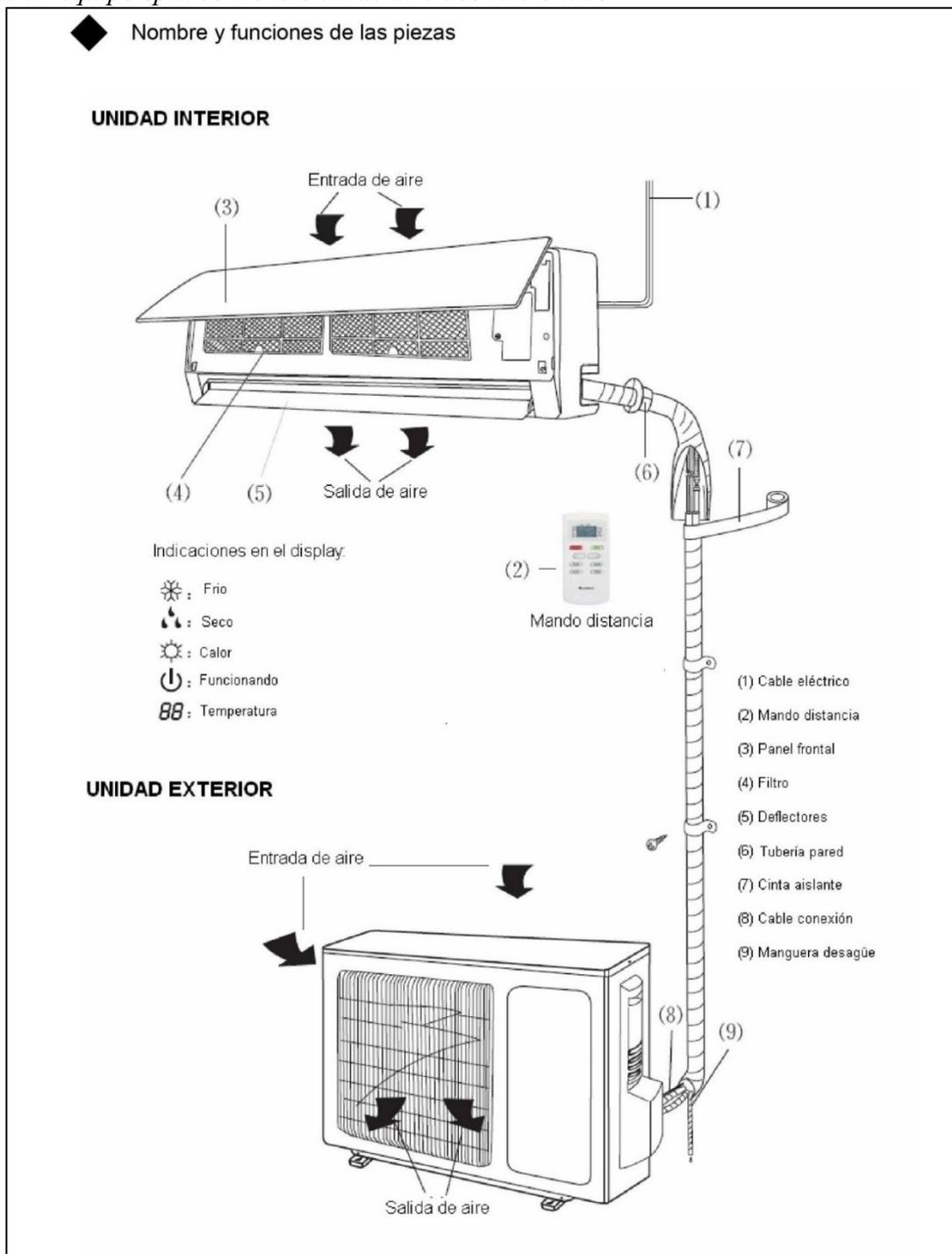
Factor	Aspecto	Tipo de impacto		Oportunidad o amenaza	Impacto
		Positivo	Negativo		
Entorno económico	La caída de las importaciones nacionales 2020-2021 afectó gran parte del sector de servicios de aire acondicionado, lo que redujo sus importaciones en más del 30 % en 2020.			X	A Incertidumbre en la cadena de suministros debido a los cambios de los aranceles, los impuestos y los trámites de importación ante la situación pandémica en países de Estados Unidos, China y Japón (países proveedores).
	La tasa de inflación anual inestable, según reporte del BCRP, en febrero 2021 se posicionó en una tasa de 2,40 %.			X	A Para el negocio, una tasa de inflación baja facilita la realización de contratos de compra con proveedores nacionales y proyectos de inversión. La tasa de inflación presentada aún no es significativa para tomar decisiones de crecimiento del negocio.
Entorno social	La tasa de desempleo anual se centró en 23,1 % en 2020 por medidas de cuarentena estricta.			X	A La empresa, debido a la cuarentena estricta, fue afectada, directamente, en sus actividades económicas, por lo que no podía solventarse en el pago de sus trabajadores, proveedores y colaboradores, así, en segunda instancia se vio en la necesidad de reducir el número de sus trabajadores.
	Nuevas medidas laborales en la prestación de servicio de los trabajadores.		X		O Oportunidad de la empresa para optar por medidas de común beneficio que permitan reducir la pérdida de personal y no induzcan en gastos desproporcionados para la empresa.
Entorno tecnológico	Modernización de la tecnología inverter frío / calor con ahorro de hasta el 50 % de energía eléctrica.		X		O Ventaja comercial de ventas para que la empresa garantice a sus clientes que sus equipos pueden generar un mayor ahorro reflejado en menores costos en el mediano plazo.
	Nueva clasificación de refrigerantes según toxicidad e inflamabilidad (ISO 817:2014)		X		O Marco Normativo Internacional que respalda la toma decisiones en la compra de insumos de menor toxicidad e inflamabilidad como el refrigerante R134a, lo que incentiva a promover la responsabilidad ambiental.

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 8

### Análisis de factores internos y externos

<p style="text-align: center;"><b>MATRIZ FODA</b> Minimizar, en lo posible, el grado de la debilidad e impulsar las metas de conseguir el éxito a través de las fortalezas.</p>	Oportunidades	Amenazas
<p style="text-align: center;">Fortalezas</p> <p>F6. Experiencia del Dpto. de Proyectos en sistemas de acondicionamiento de aire.</p> <p>F7. Conocimiento del sector, inversores, proveedores y posibles clientes.</p> <p>F8. Personal con alta capacidad en el desarrollo tecnológico de soluciones de mantenimiento.</p> <p>F9. Fuerte compromiso con el cuidado medioambiental y sostenible en el tiempo.</p> <p>F10. Convenios de exclusividad con proveedores estratégicos de Estados Unidos, China y Japón.</p>	<p>O5. Presupuesto gubernamental para financiamiento de MYPES</p> <p>O6. Modernización de la tecnología inverter frío / calor con ahorro de hasta el 50 % de energía eléctrica.</p> <p>O7. Ingreso de nuevos refrigerantes al mercado con menor toxicidad e inflamabilidad.</p> <p>O8. Normativas Internacionales ASHRAE Standard 34 (2020) que respaldan la política de calidad medioambiental y de seguridad.</p> <p style="text-align: center;">Objetivo estratégico FO</p> <p>F1.F3.O2. Lograr posicionamiento en el mercado al ser reconocido por el factor diferenciador de ofrecer soluciones tecnológicas de primera mano y equipos de gran eficiencia energética con ahorro en costos para los clientes.</p> <p>F2.O1. Aprovechar los programas económicos gubernamentales para atenuar los pagos a proveedores y trabajadores en el corto y mediano plazo.</p> <p>F4.O3.O4. Orientar la imagen del negocio hacia el uso de tecnologías limpias y eficientes para cuidar el medio ambiente, respaldado por políticas internacionales de calidad, medioambiente y seguridad.</p>	<p>A5. Nuevas elecciones presidenciales abril 2021 y nuevas variables del mercado.</p> <p>A6. Tasa de inflación anual ligeramente inestable, centrándose en 2,40 % para febrero 2021, mayor esto al año pasado.</p> <p>A7. Crisis pandémica Covid-19 que no promueve la contratación de nuevo personal.</p> <p>A8. Competencia que ofrece servicios a precios relativamente bajos usando insumos de refrigerantes de baja calidad.</p> <p style="text-align: center;">Objetivo estratégico FA</p> <p>F2.A1.A2. Planificar, en un corto y mediano plazo, las actividades de acuerdos comerciales del negocio.</p> <p>F4.A4. Aumentar la ventaja sobre los competidores ubicando un perfil de clientes en el mercado que prefieran la calidad y durabilidad en el tiempo antes que el precio.</p> <p>F1.F3.A3. Minimizar la pérdida de personal con experiencia, llegando a acuerdos de común beneficio para afrontar la situación pandémica del Covid-19.</p>
<p style="text-align: center;">Debilidades</p> <p>D4. Limitación del Dpto. Logístico para comprar equipos y/o repuestos y accesorios de aire acondicionado a los clientes.</p> <p>D5. Poca diversificación de la marca para brindar servicios afines.</p> <p>D6. Falta de software actualizados para el área de administración y área de proyectos.</p>	<p style="text-align: center;">Objetivo estratégico DO</p> <p>D1.O2.O4. Orientar la imagen de la empresa en el mercado nacional a través de la confianza tecnológica de los servicios que tienen garantía de fabricante y están regulados por entes internacionales de gran reputación.</p> <p>D3.O1.O3. Evaluar los costos/beneficios de adquirir nueva tecnología en software en mediano plazo para impulsar la eficiencia de las actividades de las áreas de administración y proyectos.</p>	<p style="text-align: center;">Objetivo estratégico DA</p> <p>D2.A5. Ampliar la base de datos de clientes y enfocarse en una estrategia de reforzar la confianza del servicio a través de la disponibilidad técnica inmediata y de encuestas de satisfacción vía correo electrónico.</p> <p>D2.A5. Promover, vía web y virtual, un catálogo de especificaciones de los equipos y nuevas tecnologías en aire acondicionado para aumentar la confianza en la información del servicio que se está adquiriendo.</p>

**Anexo 9***Partes de un equipo split convencional de aire acondicionado*

Fuente: ManualsBase (s.f).

## Anexo 10

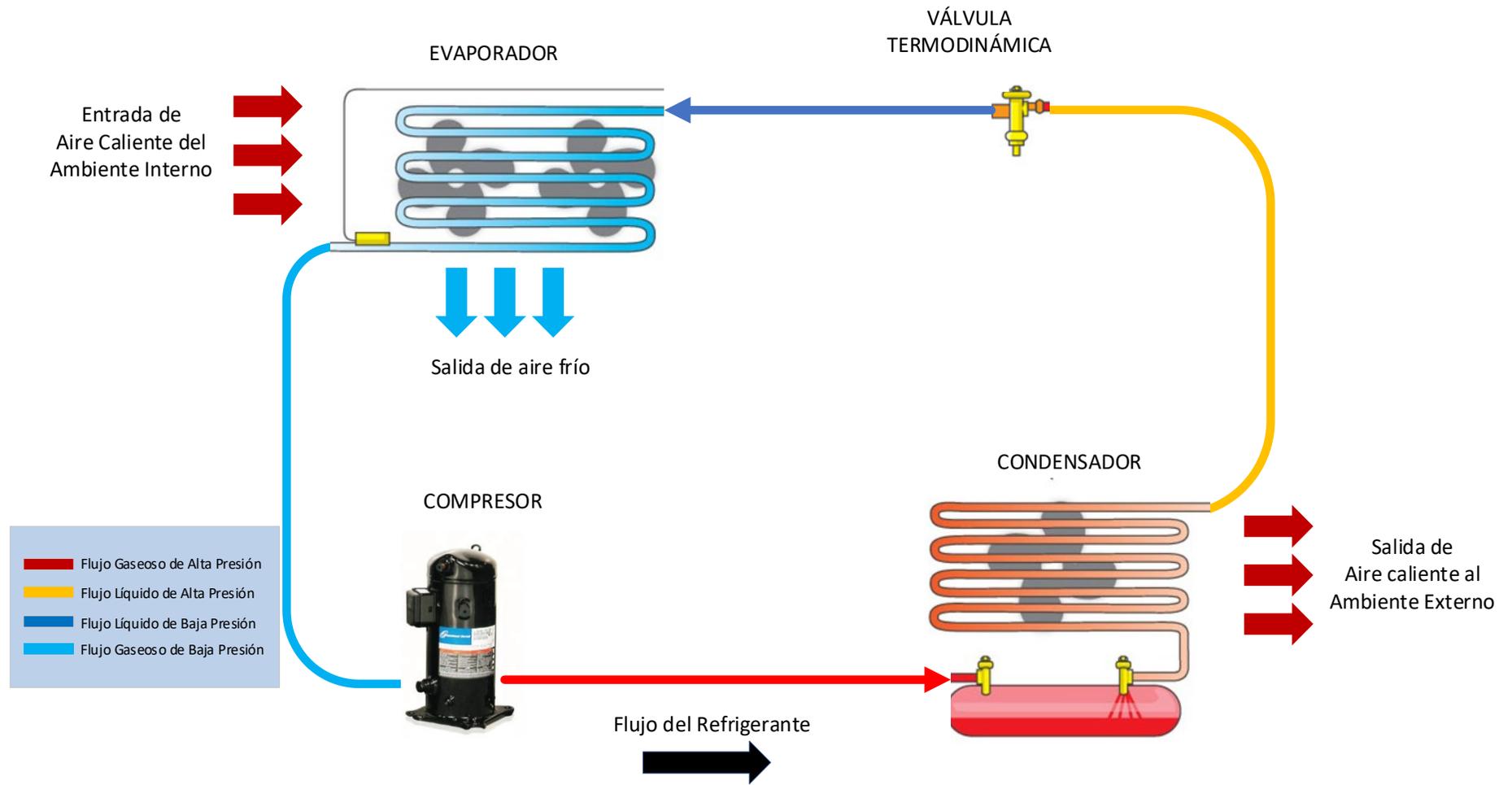
### Especificaciones técnicas de un equipo de split modelo standard

			MSAF-12HRN1	MSAF-18HRN1	MSAF-24HRN1
<b>Split BLANCO FRIO – CALOR</b>					
					
<b>► Especificaciones técnicas</b>					
<b>Capacidad</b>					
Alimentación	Suministro Eléctrico	Ph-V-Hz	220-230V - 60hZ - 1Ph	220-230V - 60hZ - 1Ph	220-230V - 60hZ - 1Ph
Enfriamiento	Capacidad	Btu/h	12000	18000	24000
	Potencia	W	1300	1820	2400
	Corriente	A	5,6	8	11
	EER	W/W	2,7	2,9	2,93
Calefacción	Capacidad		12000	18000	24000
	Potencia	W	1220	1650	2200
	Corriente	A	5,3	7,2	10,8
	COP	W/W	2,9	3,2	3,2
Máxima Potencia		W	1750	3000	3650
Máxima Corriente		A	8	15	18
<b>Unidad Evaporadora</b>					
	Potencia	W	47.4	58.5	89
Ventilador	Capacitor	uF	1.5	1.5	3
	Velocidad (Alto/Medio/Bajo)	r/min	1320	1180/1000/850	1200/1100/950
	Flujo de aire interior (Alto/Medio/Bajo)	m3/h	550/430/340	790/640/500	1000/900/750
	Nivel de Sonido (Alto/Medio/Bajo)	dB(A)	53.2/35/31	54.2/39/33	59.9/43.5/38.5
	Dimensiones (Largo/Ancho/Alto)	mm	805x194x285	957x213x302	1040x220x327
	Empaque (Largo/Ancho/Alto)	mm	870x270x365	1035x295x385	1120x405x315
	Peso Neto / Bruto	Kg	8.4 / 10.6	10.5 / 13.6	13.5 / 16.9
<b>Unidad Condensadora</b>					
	Tipo		ROTARY	ROTARY	ROTARY
	Potencia	W	1128/1135	1645/1660	1865/1885
	RLA	A	5.5/5.1	8.05/7.35	9.15/8.40
Compresor	LRA	A	28.5	41.9	62
	Protector Térmico		UP3-41/HPA -622	UP3-64	UP3-68
	Capacitor	uF	40.040.0	40.0	60.0
	Tipo Aceite / Carga Aceite	mL	VG74/300	VG74/420	VG74/620
	Modelo		YKT-32-6-3L	YKT-48-6-206	YKT-63-6-200L
Ventilador	Potencia	W	77.5	103.8	136.0
	Capacitor	uF	2.5	3	3
	Velocidad (Alto/Medio/Bajo)	r/min	860/740	860/700	930/830
	Nivel de Sonido (Alto/Medio/Bajo)	dB(A)	65,7	67,1	67,4
	Dimensiones (Largo/Ancho/Alto)	mm	770x300x555	770x300x555	845x363x702
	Empaque (Largo/Ancho/Alto)	mm	900x345x595	900x348x62525	965x395x775
	Peso Neto / Bruto	Kg	30 / 32.2	36.9 / 39.7	54.9 / 58.1

Fuente: Air Master Cold S.A.C. (s.f).

**Anexo 11**

*Ciclo de refrigeración de un sistema de aire acondicionado*



Fuente: elaboración propia con información obtenida de Air Master Cold S.A.C.

## Anexo 12

### Procedimiento de limpieza de equipo de aire acondicionado, parte A-1

**Nota:**

Asegúrese de apagar y desenchufar el acondicionador de aire antes de limpiarlo.

## Limpieza y mantenimiento

### Limpieza del filtro de aire

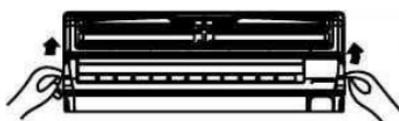


Ilustración 1

Un filtro de aire sucio disminuye el rendimiento de esta unidad.

1. Levante el panel de la unidad interior hasta un ángulo en que se quede fijo con un chasquido. (ilustración 1 )

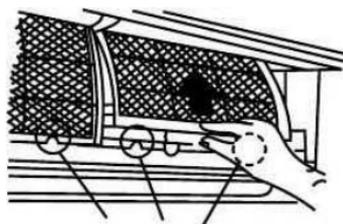
2. Levante un poco el filtro de aire por su mango, sáquele del portafiltros y extráigalo tirando hacia abajo. (ilustración 2 )

3. Retire el filtro de aire de la unidad interior. (ilustración 3)

-Limpie el filtro de aire cada dos semanas.

-Limpie el filtro de aire con una aspiradora o con agua y déjelo secar en un lugar fresco.

4. Introduzca la parte superior del filtro en la unidad, teniendo cuidado de que los bordes izquierdo y derecho estén correctamente alineados y encájelo en su sitio. (ilustración 4 )



Mango del Filtro Ilustración 2

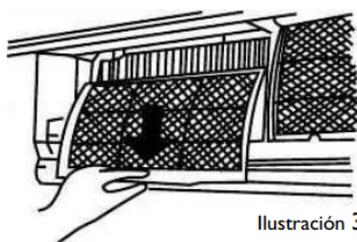


Ilustración 3

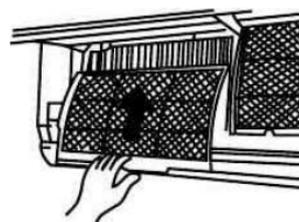
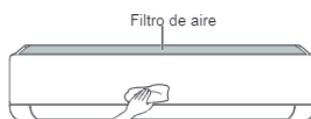


Ilustración 4

### Mantenimiento

- Nunca toque las partes metálicas del aire acondicionado cuando retire el filtro de aire.
- Utilice un banco resistente o una escalera para limpiar, mantener o reparar el aire acondicionado ubicado en lo alto.
- Nunca utilice solventes o productos de limpieza fuertes para limpiar el aire acondicionado. Utilice un paño suave.



## Anexo 13

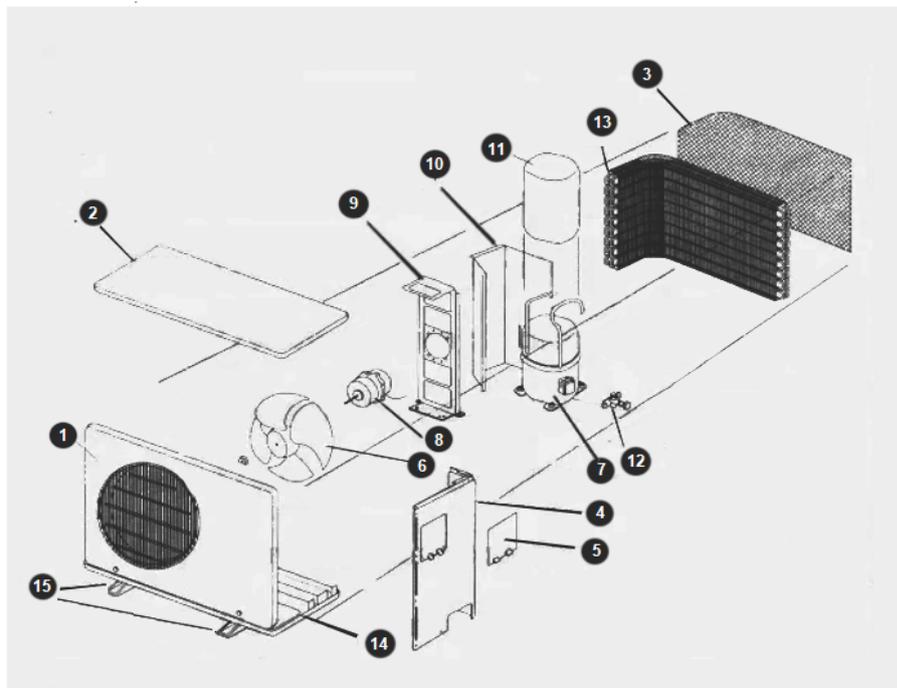
### Procedimiento de limpieza de equipo de aire acondicionado, parte A-2

#### Mantenimiento

- Desconectar Vastagos que conecta el circuito del flujo refrigerante hacia la unidad externa.
- Retirar tornillos que sujetan la carcasa
- Desmontar Tapa delantera, laterales y posteriores.
- Desconectar circuitos electronicos del ventilador y retirar eje para limpieza.
- Alternativamente se puede retirar el motor compresor si en caso sea necesario.
- Retirar serpentín del condensador si en caso sea necesario.

#### NOTA

- Nunca use agua con una temperatura superior a 40 °C cuando limpie los filtros. Puede ocasionar que se deformen o decoloren.
- Nunca utilice sustancias volátiles cuando limpie los filtros. Pueden dañar la superficie del producto.
- No limpie el micro filtro para polvo con agua, le podría ocasionar algún daño (opcional).
- No lave el Filtro triple (opcional) con agua, ya que puede dañarse.



#### 1. Tapa Delantera

- ◆ Desmontar y montar

#### 2. Tapa Superior

- ◆ Desmontar y montar

#### 3. Tapa Posterior

- ◆ Desmontar y montar

#### 4. Tapa Lateral

- ◆ Desmontar y montar

#### 5. Cubierta

- ◆ Cable de Conexión

#### 6. Ventilador para radiador

- ◆ Desmontar y montar

#### 7. Compresor

#### 8. Eje del ventilador

- ◆ Desmontar y montar

#### 9. Soporte

- ◆ Para Ventilador

#### 10. Tapa Lateral

- ◆ Desmontar y montar

#### 11. Carcasa

- ◆ Suele estar protegiendo al Compresor

#### 12. Válvula de Detección

- ◆ Va sujeto al Compresor

#### 13. Serpentin del Condensador

- ◆ Esquema de conexiones de los tubos flexibles de liquido refrigerante
- ◆ Desmontar y montar

#### 14. Estructura Base

- ◆ De la Unidad externa

#### 15. Soporte

- ◆ Para radiador
- ◆ Observar la posición de montaje

Fuente: Air Master Cold S.A.C. (s.f).

## Anexo 14

### Pruebas básicas de funcionamiento

#### Prueba de Funcionamiento

1. Comprobar que tanto las tuberías como el cableado hayan sido colocadas correctamente.
2. Comprobar que las válvulas de gas y la de gas de líquido estén completamente abiertas.

Realizar una prueba de funcionamiento luego de chequear la prueba de fuga y la instalación eléctrica. La prueba de funcionamiento debe durar menos de 30 minutos.

1. Encienda el equipo desde el control remoto (botón ON/OFF).
2. Seleccione modo COOL, HEAT o FAN.
3. Comprobar si todas las funciones trabajan correctamente durante la prueba de funcionamiento. Especialmente compruebe que la manguera de drenaje no esté doblada.
4. Agregar refrigerante adicional en longitudes de más de 5 metros de cañería.
5. Presionar el botón manual de apagado luego de finalizar la prueba de funcionamiento. La luz que indica el funcionamiento de la unidad se apagará y la unidad dejará de funcionar.

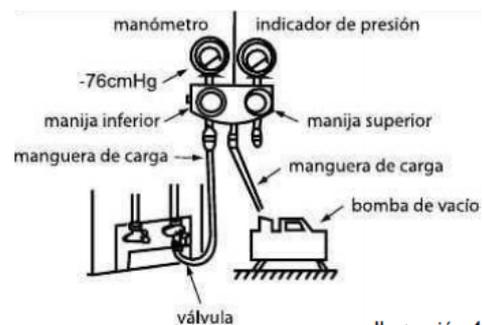


Ilustración 4

#### Nota:

Todas las ilustraciones de este manual son sólo con fines explicativos. Podrían ser diferentes del acondicionador de aire que usted compró.

Fuente: Air Master Cold S.A.C. (s.f).

**Anexo 15***Intervalo de limpieza en unidades de aire acondicionado***RECOMENDACIONES DE LIMPIEZA**

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Intervalo</b>
<b>Filtro de aire</b>	Limpie con aspiradora o lave a mano.	2 semanas
<b>Filtro triple</b>	Limpie con aspiradora o cepillo.	Cada 3 meses
<b>Micro Filtro para polvo</b>	Limpie con aspiradora o cepillo.	Cada 6 meses
<b>Ionizador (opcional)</b>	Utilice un hisopo de algodón seco para quitar el polvo.	Cada 6 meses
<b>Unidad interior</b>	Limpie la superficie de la unidad interior con un paño suave y seco.	Regularmente
	Contrate a un profesional para que limpie la bandeja colectora de condensación.	Una vez al año
	Contrate a un profesional para que limpie el tubo de drenaje de condensación.	Cada 4 meses
	Cambie las baterías del control remoto.	Una vez al año
<b>Unidad exterior</b>	Contrate a un profesional para que limpie las serpentinas del intercambiador de calor y los conductos del panel. (Consulte con un técnico.)	Una vez al año
	Contrate a un profesional para que limpie el ventilador.	Una vez al año
	Contrate a un profesional para que limpie la bandeja colectora de condensación.	Una vez al año
	Contrate a un profesional para que verifique que todo el conjunto del ventilador se encuentre firmemente sujeto.	Una vez al año
	Limpie los componentes eléctricos con aire.	Una vez al año

Fuente: Air Master Cold S.A.C. (s.f).



**Anexo 17**

*Reporte de resultados de la medición sonora de la unidad externa AAMS-24, Med.1*

## SoundLab Report

<b>RecNo</b>	<b>Mea Value</b>	<b>Weight</b>	<b>Time</b>	<b>Date</b>
1	55,6	A	6:01:29	2021-4-16
2	63,1	A	6:01:59	2021-4-16
3	62,4	A	6:02:29	2021-4-16
4	66,2	A	6:02:59	2021-4-16
5	63,2	A	6:03:29	2021-4-16
6	64,6	A	6:03:59	2021-4-16
7	61,7	A	6:04:29	2021-4-16
8	63,3	A	6:04:59	2021-4-16
9	64,3	A	6:05:29	2021-4-16
10	63,0	A	6:05:59	2021-4-16
11	64,4	A	6:06:29	2021-4-16
12	58,9	A	6:06:59	2021-4-16
13	62,4	A	6:07:29	2021-4-16
14	63,4	A	6:07:59	2021-4-16
15	60,3	A	6:08:29	2021-4-16
16	62,4	A	6:08:59	2021-4-16
17	60,9	A	6:09:29	2021-4-16
18	63,2	A	6:09:59	2021-4-16
19	62,3	A	6:10:29	2021-4-16
20	60,9	A	6:10:59	2021-4-16
21	65,2	A	6:11:29	2021-4-16
22	63,8	A	6:11:59	2021-4-16
23	64,7	A	6:12:29	2021-4-16
24	62,5	A	6:12:59	2021-4-16
25	64,1	A	6:13:29	2021-4-16
26	59,2	A	6:13:59	2021-4-16
27	65,4	A	6:14:29	2021-4-16
28	65,0	A	6:14:59	2021-4-16
29	61,3	A	6:15:29	2021-4-16
30	63,6	A	6:15:59	2021-4-16
31	58,9	A	6:16:29	2021-4-16
32	64,8	A	6:16:59	2021-4-16
33	58,5	A	6:17:29	2021-4-16
34	64,2	A	6:17:59	2021-4-16
35	57,9	A	6:18:29	2021-4-16
36	63,6	A	6:18:59	2021-4-16
37	58,9	A	6:19:29	2021-4-16
38	61,9	A	6:19:59	2021-4-16
39	58,4	A	6:20:29	2021-4-16
40	60,7	A	6:20:59	2021-4-16
41	<b>59,8</b>	<b>A</b>	<b>6:21:29</b>	<b>2021-4-16</b>

Nota: mediciones de presión sonora “Mea Value” expresadas en dB durante un lapso

de 20 minutos.

Anexo 18

Hoja de campo para evaluación de ruidos en equipos- Med.2

**FORMATO DE EVALUACIÓN DE RUIDOS EN EQUIPOS**



01. Descripción

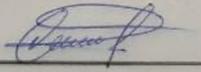
Departamento:	Mantenimiento	Hoja Número:	MGE-002
Proceso:	Mantenimiento Correctivo	Fecha:	16-04-21
Modelo de Equipo:	A.A. SPLIT MIRAY AAMS-24	Inicio:	06:30 PM
Tipo:	FIJO: (X)    MÓVIL: ( )	Fin:	07:00 PM
		Observador por:	ALFREDO NUÑEZ PRESTAS

02. Detalle

Item	Actividad	Medición #1	Tiempo (min)	Medición #2	Tiempo (min)	Observaciones / Incidencias
1	Medición de presión	53.5	6:30:25	59.1	6:35:25	
2	Sonora en la Unidad	55.7	6:30:55	56.1	6:35:55	
3	externa del Equipo	54.4	6:31:25	59.5	6:36:25	
4	de aire acondicionado	60.8	6:31:55	60.1	6:36:55	
5		53.2	6:32:25	58.5	6:37:25	
6		55.4	6:32:55	54.5	6:37:55	
7		52.5	6:33:25	60.7	6:38:25	
8		57.4	6:33:55	55.3	6:38:55	
9		55.7	6:34:25	56.4	6:39:25	
10		53.4	6:34:55	54.3	6:39:55	
Valor Promedio:				56.335	5	
Valor Máximo:				60.80		

03. Observaciones y/o comentarios:

Medición post mantenimiento de la Unidad Externa del Equipo  
 Instrumento: Sonómetro profesional 8M1357 en Decibels

  
 TÉCNICO DE MANTENIMIENTO

AIR MASTER COLD S.A.C.  
 Departamento de Mantenimiento  
 16 ABR. 2021  
**RECIBIDO**  
 Hora: 8:15 Firma: 

 COORDINADOR MANTENIMIENTO

Fuente: Air Master Cold S.A.C.

**Anexo 19**

*Reporte de resultados de la medición sonora de la unidad externa AAMS-24-Med.2*

## *SoundLab Report*

<i>RecNo</i>	<i>Mea Value</i>	<i>Weight</i>	<i>Time</i>	<i>Date</i>
1	53,5	A	6:30:25	2021-4-16
2	55,9	A	6:30:55	2021-4-16
3	54,4	A	6:31:25	2021-4-16
4	60,8	A	6:31:55	2021-4-16
5	53,2	A	6:32:25	2021-4-16
6	55,4	A	6:32:55	2021-4-16
7	52,5	A	6:33:25	2021-4-16
8	57,4	A	6:33:55	2021-4-16
9	55,7	A	6:34:25	2021-4-16
10	53,4	A	6:34:55	2021-4-16
11	59,1	A	6:35:25	2021-4-16
12	56,1	A	6:35:55	2021-4-16
13	59,5	A	6:36:25	2021-4-16
14	60,1	A	6:36:55	2021-4-16
15	58,5	A	6:37:25	2021-4-16
16	54,5	A	6:37:55	2021-4-16
17	60,7	A	6:38:25	2021-4-16
18	55,3	A	6:38:55	2021-4-16
19	56,4	A	6:39:25	2021-4-16
20	54,3	A	6:39:55	2021-4-16
21	55,8	A	6:40:25	2021-4-16
22	54,3	A	6:40:55	2021-4-16
23	54,1	A	6:41:25	2021-4-16
24	55,8	A	6:41:55	2021-4-16
25	53,6	A	6:42:25	2021-4-16
26	55,4	A	6:42:55	2021-4-16
27	55,1	A	6:43:25	2021-4-16
28	54,2	A	6:43:55	2021-4-16
29	54,9	A	6:44:25	2021-4-16
30	60,2	A	6:44:55	2021-4-16
31	55,6	A	6:45:25	2021-4-16
32	54,6	A	6:45:55	2021-4-16
33	56,3	A	6:46:25	2021-4-16
34	56,4	A	6:46:55	2021-4-16
35	56,7	A	6:47:25	2021-4-16
36	55,3	A	6:47:55	2021-4-16
37	54,7	A	6:48:25	2021-4-16
38	55,7	A	6:48:55	2021-4-16
39	56,1	A	6:49:25	2021-4-16
40	55,5	A	6:49:55	2021-4-16
41	55,3	A	6:50:25	2021-4-16

Nota: mediciones de presión sonora “Mea Value” expresadas en dB durante un lapso

de 20 minutos.