



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación



GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA
LA MITIGACIÓN DE RUIDO EN LA

INDUSTRIA METALMECÁNICA

Cartilla elaborada en el marco del convenio interadministrativo No. 945 de 2020
entre el Distrito de Medellín y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá



GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA
LA MITIGACIÓN DE RUIDO EN LA

INDUSTRIA METALMECÁNICA

Ejecuta:



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación

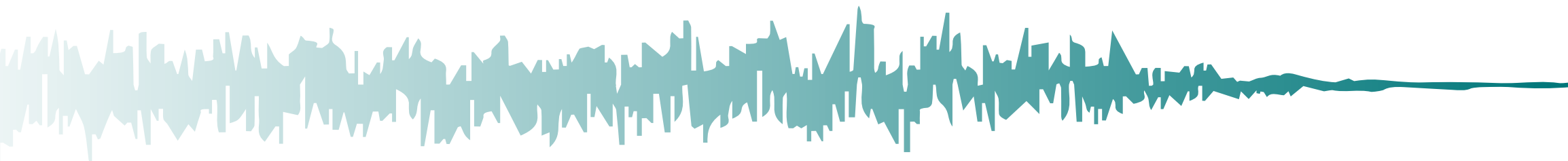
Un proyecto de:



GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS PARA
LA MITIGACIÓN DE RUIDO EN LA

INDUSTRIA METALMECÁNICA

Una publicación del
Área Metropolitana del Valle de Aburrá



Juan David
Palacio Cardona
Director

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

Diana María
Montoya Velilla
Subdirectora ambiental

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ

Vanesa
Álvarez Restrepo
Secretaria de Medio Ambiente

DISTRITO DE MEDELLÍN



Equipo de trabajo

- › **Diego Mauricio Murillo Gómez**
Director del Proyecto - Universidad de San Buenaventura Medellín
- › **Jonathan Ochoa Villegas**
Coordinador Técnico - Universidad de San Buenaventura Medellín
- › **Luis Esteban Gómez Cadavid**
Coordinador Técnico, SIG - Universidad de San Buenaventura Medellín
- › **Jehny Marcela Martínez Castañeda**
Ingeniera Técnico, Administrativa - Universidad de San Buenaventura Medellín
- › **Jose Fernando Cano Valencia**
Profesional en Ingeniería - Universidad de San Buenaventura Medellín
- › **Susana Arias Arboleda**
Profesional en Ingeniería - Universidad de San Buenaventura Medellín



Supervisión

- › **Diana Catalina Hoyos Giraldo**
Profesional Universitario - Área Metropolitana del Valle de Aburrá
- › **Enrique Raúl Córdoba Castro**
Apoyo a la supervisión - Área Metropolitana del Valle de Aburrá
- › **Paula Cristina Guzmán Carazo**
Profesional Universitario - Distrito de Medellín



Coordinación de la publicación

- › Oficina asesora de comunicaciones del
Área Metropolitana del Valle de Aburrá



Diseño

- › **Ana Duque**
Publicidad - Diagramación en Ilustraciones

ISBN: 978-958-5560-29-1

Fecha de Publicación: Diciembre de 2022

Presentación

El ruido está definido de manera subjetiva como todo sonido molesto o no deseado que afecta el bienestar y la salud de las personas. Esto es un factor que acompaña la vida del hombre debido a sus propios procesos de desarrollo.

En la Región se ha comenzado desde hace varios años a darle un lugar a la problemática del ruido para entender su comportamiento y de igual forma buscar las herramientas que hagan posible su disminución para el bienestar de la población.

Lo anterior, en el marco del Plan de Acción para la Prevención y Control de la Contaminación por ruido del Valle de Aburrá (2019-2030), elaborado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y adoptado mediante el Acuerdo Metropolitano No. 24 de 2019. El plan está estructurado en 6 ejes transversales y 7 ejes temáticos, donde el “Eje temático 5: Industrias, comercios y servicios competitivos y de bajas emisiones de ruido” busca impulsar una cultura contra la contaminación acústica en los sectores industria, comercio y servicios, a través del fortalecimiento de la efectividad y alcance de los programas de prevención,

diagnóstico y control del ruido ambiental.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá en convenio con el Distrito de Medellín y ejecutado por la Universidad San Buenaventura, realizó la caracterización acústica de la industria metalmecánica, no solo con el fin de conocer el estado actual de las emisiones de ruido que pueden afectar y generar molestias en la población, sino de elaborar una guía técnica que sirva como herramienta a las empresas para establecer estrategias para la prevención, mitigación y control de ruido.

Los puntos abordados en esta guía son el resultado de la caracterización de 20 pequeñas y medianas empresas del sector metalmecánico (Talleres automotrices, talleres de metalmecánica, talleres de transformación de metales) que fueron evaluadas, a través de diferentes metodologías de estimación del nivel de ruido emitido por su actividad.

Esta evaluación no solo se basó en mediciones de ruido, según lo establecido en



la Resolución 0627 de 2006, sino que abordó la estimación de niveles de potencia acústica para maquinaria y edificios industriales con metodologías establecidas en los estándares internacionales ISO 8297 de 1994 y ISO 3744 de 2010. Además, se complementó con modelos y métodos de cálculo para la estimación de la propagación sonora en el sector colindante a los edificios industriales evaluados.

A partir del análisis cuantitativo y cualitativo de la industria metalmecánica evaluada, las actividades que se desarrollan y el tipo de maquinaria que utilizan, se diseñó esta guía estructurada en cinco (5) partes, en la primera se describen las características cualitativas de los hallazgos en la industria metalmecánica. La segunda aborda el diseño conceptual para la evaluación orientada al control de ruido. En la tercera se describen prácticas orientadas al mantenimiento de equipos de refrigeración, sistemas de transporte de materias primas, hornos y otros sistemas con rodamientos y engranajes. La cuarta asociada a estrategias para el control en el medio de propagación, como control de reverberación, cerramientos y distribución de procesos y tiempos de actividades. Por último, se dispone de una sección dedicada a la radiación sonora de estructuras y el control de ruido en ellas.

Juan David
Palacio Cardona
Director

ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ



Indice

Presentación | ^{PAG} 04

1. Marco legal | ^{PAG} 07

2. Definiciones | ^{PAG} 11

3. Características de la industria de metalmecánica | ^{PAG} 14

4. Diseño conceptual para la evaluación de sistemas de control en la industria metalmecánica | ^{PAG} 16

5. Acciones y buenas prácticas | ^{PAG} 20

6. Control de ruido en la maquinaria | ^{PAG} 23

6.1. Control de ruido en la fuente ^{PAG} 25
6.2 Control de ruido en el medio de propagación ^{PAG} 28

7. Radiación del ruido | ^{PAG} 31

7.1 Radiación de ruido aéreo procedente de las aberturas ^{PAG} 31
7.2 Radiación de ruido transmitido por estructuras ^{PAG} 31

8. Bibliografía | ^{PAG} 33

Marco legal

1. Marco legal

En el país se han adoptado diversas normativas que contextualizadas a nivel ambiental establecen niveles máximos permisibles de contaminantes. En la temática específica de la calidad acústica se abarca el ruido ambiental, la emisión de ruido, el ruido intradomiciliario y el ruido ocupacional.

A continuación, se puede apreciar el marco legal a nivel nacional para la temática de ruido.

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE 1991

Decreto - Ley 2811 de 1974

Código Nacional de Recursos Naturales

Decreto 948 de 1995

Prevención y control de la contaminación atmosférica

Ley 1801 de 2016

Código Nacional de policía y convivencia



NORMAS RUIDO

Resolución 8321 de 1983 Ministerio de Salud

Protección y conservación
de la salud

Resolución 0627 de 2006 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Emisión de ruido y
ruido ambiental

Decreto 1076 de 2015 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible

Decreto Único Reglamentario
del Sector Ambiente y Desarrollo
Sostenible

FALLO

Tribunal Administrativo de Antioquia

Dirime competencias entre
el Municipio de Medellín y el Área
Metropolitana del Valle de Aburrá

CONCEPTO

Concepto No. 2 de 2019 Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Competencias de las diferentes
autoridades administrativas



1.1



RESOLUCIÓN 0627 DE 2006

Esta resolución establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental, y determina:

- Estándares máximos permisibles según el uso del suelo, es decir, si es zona residencial, comercial, industrial o rural. Cuando se tienen diferentes actividades en el mismo uso, por ejemplo, residencias con locales comerciales permitidos, la evaluación del cumplimiento normativo, se valora respecto al nivel más restricto, que para el caso el residencial.
- Estándares máximos permisibles según los horarios, que son diurno y nocturno.



Día 07-21 h.



Noche 21-07 h.

- Metodología de medición, equipos requeridos para la captura de datos (sonómetro) y procesamiento de la información que entregan estos instrumentos.



Emisión de ruido:

Es la presión sonora que generada en cualquier condición trasciende al medio ambiente o al espacio público



Ruido Ambiental:

Sonido exterior no deseado que tiene efectos nocivos sobre la salud generado por las actividades humanas.





((())) Estándares máximos permisibles de niveles de ruido de emisión y ruido ambiental por sector.

SECTOR	SUBSECTOR	Niveles de Ruido Ambiental dB(A)		Niveles de Ruido de emisión dB(A)	
		☉ Día	☾ Noche	☉ Día	☾ Noche
A	Tranquilidad y Silencio <ul style="list-style-type: none"> Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos. 	55	45	55	50
B	Tranquilidad y Ruido Moderado <ul style="list-style-type: none"> Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes. Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación. Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre. 	65	50	65	55
C	Ruido Intermedio Restringido <ul style="list-style-type: none"> Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas. 	75	70	75	75
	<ul style="list-style-type: none"> Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos. 	70	55	70	60
	<ul style="list-style-type: none"> Zonas con usos permitidos de oficinas. 	65	50	65	55
	<ul style="list-style-type: none"> Zonas con usos institucionales. Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre. 	80	70	80	75
D	Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado <ul style="list-style-type: none"> Residencial suburbana. Rural habitada destinada a explotación agropecuaria. Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales. 	55	45	55	50

Definiciones

2. Definiciones

A continuación, se dan algunas definiciones para una mejor comprensión a la hora de abordar esta guía de buenas prácticas, donde se enuncian los elementos típicos para el sector metalmeccánico: talleres automotrices, talleres de metalmeccánica, talleres de transformación de metales.

2.1 COMPONENTES DE RUIDO ACTIVO

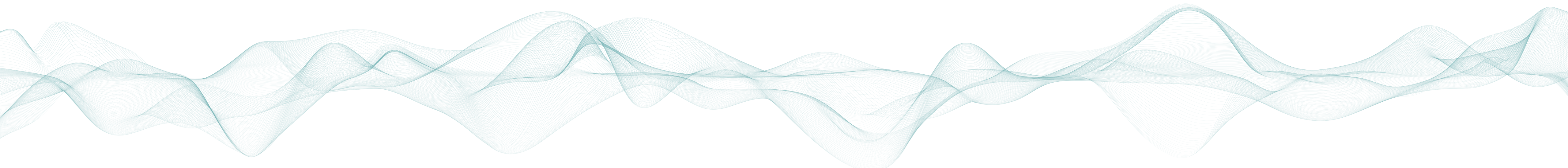
Son todas aquellas partes de la maquinaria que generan ruido. En muchos casos, estos son los dispositivos de conversión de energía que generan trabajo mecánico a partir de recursos de energía, como energía eléctrica, mecánica, magnética, presión hidráulica, fuerzas internas o fricción. Otros componentes de ruido pueden ser regiones con flujo irregular y superficies de contacto entre partes móviles.

En este sector se logran identificar componentes activos como motores de combustión, motores eléctricos, sopletes, compresores, sierras, cortadoras, perforadoras, herramientas manuales eléctricas.

2.2 COMPONENTES DE RUIDO PASIVO

Partes de la maquinaria que transmiten el ruido generado por los componentes activos; no contienen fuentes de ruido, pero pueden ser radiadores de ruido. Los componentes pasivos típicos son las piezas estructurales y los paneles de revestimiento de la maquinaria.

En este sector se pueden definir como componentes pasivos, las carcasas de las maquinarias, muros y soportes.



2.3 RUIDO DE BANDA ANCHA

Ruido generado por choques únicos, es decir, pulsos de presión o impactos de corta duración, o por turbulencias en un flujo de aire o fluido. Las características del ruido de banda ancha se dan en el análisis de frecuencia donde se muestra un espectro continuo en un amplio rango de frecuencias.

2.4 RUIDO IMPULSIVO

Sonido caracterizado por el aumento de la presión sonora en un intervalo de tiempo corto. La duración de un simple sonido impulsivo es usualmente menor a 1 segundo. Son producto de impactos, explosiones, disparos. Algunos ejemplos para el sector son las dobladoras

2.5 RUIDO CONTINUO

Es aquel cuyo nivel de presión sonora permanece constante o casi constante y que no presenta cambios repentinos durante su emisión. El nivel de presión sonora es relativamente uniforme, con muy pocos cambios, respecto al tiempo. Algunos ejemplos para el sector son los motores y compresores.

2.6 RUIDO FLUCTUANTE

Sonido caracterizado por una única componente de frecuencia de banda estrecha que emerge de forma audible. El contenido tonal es producto, por ejemplo, de maquinaria de proceso ininterrumpido o con partes rotativas. También se puede presentar por el flujo de gases y líquidos. Algunos ejemplos para el sector son los Tornos, pantógrafos, punzadoras, centros de mecanizado.



2.7 RUIDO TONAL

Sonido caracterizado por una única componente de frecuencia de banda estrecha que emerge de forma audible. El contenido tonal es producto, por ejemplo, de maquinaria de proceso ininterrumpido o con partes rotativas. También se puede presentar por el flujo de gases y líquidos. Algunos ejemplos para el sector son las fresadoras, sierras sinfín, cortadoras, hornos, pulidoras.

2.8 RUIDO DE BAJA FRECUENCIA

Ruido que contiene frecuencias de interés en un rango de 1/3 de octava entre 16 Hz y 200 Hz. Algunos ejemplos para el sector son compresores de aire durante proceso de carga y plantas eléctricas.



Características

3. Características de la industria metalmecánica



En la industria metalmecánica la emisión de ruido generalmente es producto de procesos con maquinaria para la manipulación de piezas de metal, además del uso de herramientas manuales eléctricas. Los procesos más relevantes contemplan el corte, el grabado y mecanizado de piezas, así mismo el ensamble y mantenimiento de maquinaria y vehículos. Dentro de la maquinaria típica generadora de ruido se ha descrito tornos, compresores, sierra, pulidoras, entre otras.

Es común encontrar que los diferentes componentes de la maquinaria producen distintos tipos de fuentes de ruido que son transmitidos hacia el exterior, no solo por vía aérea sino por vía estructural.



En la Tabla 1 se describen las fuentes generadoras de ruido típicos en las maquinarias utilizadas en la industria metalmeccánica.

Tabla 1. Ejemplos de fuentes generadoras de ruido en las maquinarias.

TRANSMISIÓN DE RUIDO POR ESTRUCTURA					TRANSMISIÓN DE RUIDO AÉREO		
Engranajes	Rodamiento	Impacto	Inercia	Fricción	Turbulencia	Choque	Pulsación
Maquinaria que cuenta con sistemas de cajas de cambios y transmisiones de cadena	Producido por sierras, transponte de material, equipos rotatorios	Máquinas grapadoras, perforadoras	Maquinaria con mecanismos de manivela	Frenos de disco y sierras	Sopladores, sopletes	Se produce en sistemas de compresores y motores	Máquinas de pistones

El uso de estas herramientas en cada proceso genera en algunos casos ruido continuo, pero es más frecuente la presencia de ruidos intermitentes e impulsivos donde se presentan mayores niveles de ruido.

El funcionamiento de la industria metalmeccánica puede ser descrito con funcionamiento en horarios diurnos laborales, típicamente se halló una jornada que comienza a las 6:00 hasta las 17:00.

4. Diseño conceptual

para la evaluación de sistemas de control en la industria metalmecánica

El control de ruido es el proceso por el cual se establecen objetivos para la mitigación de los niveles de ruido producidos por una fuente sonora. En mucho de los casos busca la protección auditiva de los operarios y demás receptores dentro de las plantas de producción, pero también disminuir los niveles de emisión hacia el exterior que tengan impacto sobre el ruido ambiental.

Para definir los objetivos de control de ruido de una maquinaria, es necesario tener en cuenta:

Cantidad de medida

Escoger el indicador acústico adecuado conforme a las condiciones de operación y emisión. Generalmente, se evalúa primero el nivel de presión sonora en el operario, luego la posición en cualquier receptor identificado como expuesto (interior o exterior), y por último de ser necesario se realiza una evaluación de los niveles de potencia acústica.

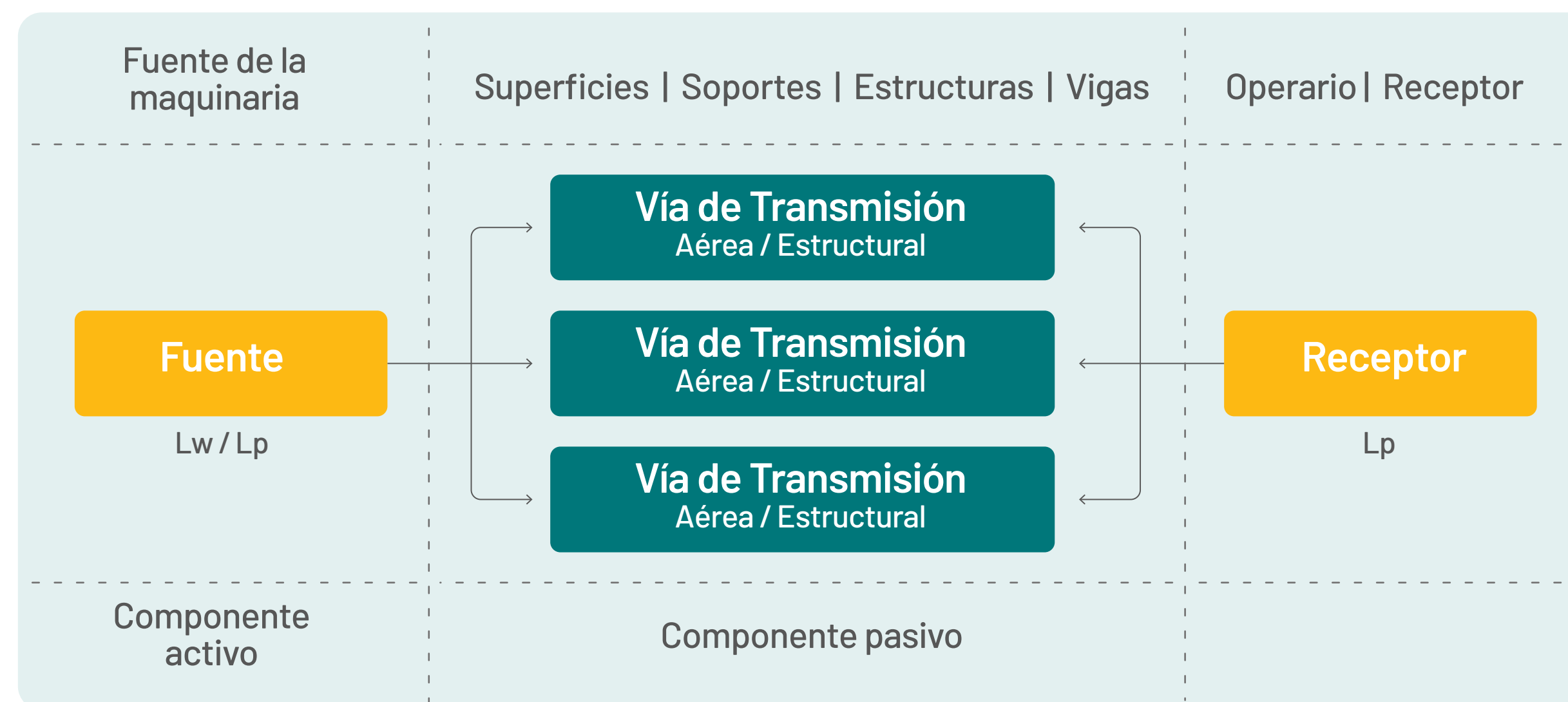
Estándar de medición

Una vez seleccionada la unidad de medida, se requiere un procedimiento acorde al indicador de ruido seleccionado, un estándar proporciona repetibilidad y representatividad para la comparación de niveles de ruido antes y luego del control.

Nivel aceptable

Se debe buscar el cumplimiento de los niveles legales, los adecuados para prologar la exposición de los operarios en función de la dosis de ruido diario. Además, se debe tener en cuenta la evaluación subjetiva como parte del proceso de confort.

Al realizar prácticas para la disminución del ruido en maquinaria, se debe intentar identificar los mecanismos acústicos básicos involucrados considerando la cadena causal que es mostrada en la Figura 1.



L_w : Nivel de Potencia Acústica
 L_p : Nivel de Presión Sonora

Figura 1. Cadena causal de generación de ruido.



Con este proceso, se definen las estrategias de control tanto en la fuente (componente activo), como en cada una de las vías de transmisión (componente pasivo).

Una vez identificados los elementos de radiación activa y pasiva, se debe realizar un trazo de los caminos de propagación hacia el receptor evaluado, para identificar las rutas de transmisión que requieren mayor atención, debido a su aporte al ruido emitido.

Tener en cuenta que muchos caminos de propagación pueden ser tratados y mitigados, pero es muy usual contemplar que al realizar control en algunas vías de transmisión, aumentará el ruido en otra ubicación.





En la siguiente Tabla se describen los elementos más comunes involucrados en la generación y propagación sonora :

Tabla 2. Elementos involucrados en la generación y propagación sonora

Fuente (Componente activo)	Vía (Componente pasivo)	Receptor
Una o más fuentes: <ul style="list-style-type: none">• Maquinaria• Motores• Ventiladores• Compresores• Vehículos• Entre otros	Una o múltiples: <ul style="list-style-type: none">• Aérea: Ventanas, puertas, aberturas, entre otros.• Estructural: pisos, paredes, techos, entre otros.	Una o múltiples: <ul style="list-style-type: none">• Una persona o una comunidad.• Equipo o estructura que se ve afectado.

La Figura 1 muestra los diferentes elementos, involucrados en la generación y control de ruido. A continuación se describe que se debe tener en cuenta en ellos:

- Establecer el número de fuentes de ruido y el tipo de ruido que generan, ya que no es lo mismo una cortadora o un sistema de ventilación, porque ambos requieren enfoques de control de ruido diferentes.
- Categorizar las fuentes de acuerdo con su funcionamiento, método de generación de ruido y los niveles que emiten.
- Identificar la vía de transmisión sonora, es decir, lo que separa la fuente y el receptor. Por ejemplo, una separación o solamente es aire.
- Los receptores pueden ser múltiples, empleados, vecinos cercanos y lejanos, por tanto, se debe evaluar la afectación por las fuentes de ruido involucradas.
- Los 3 componentes de la transmisión y propagación sonora (fuente,vía y receptor) se describen de manera separada, pero son íntegros para la solución de la problemática del ruido.

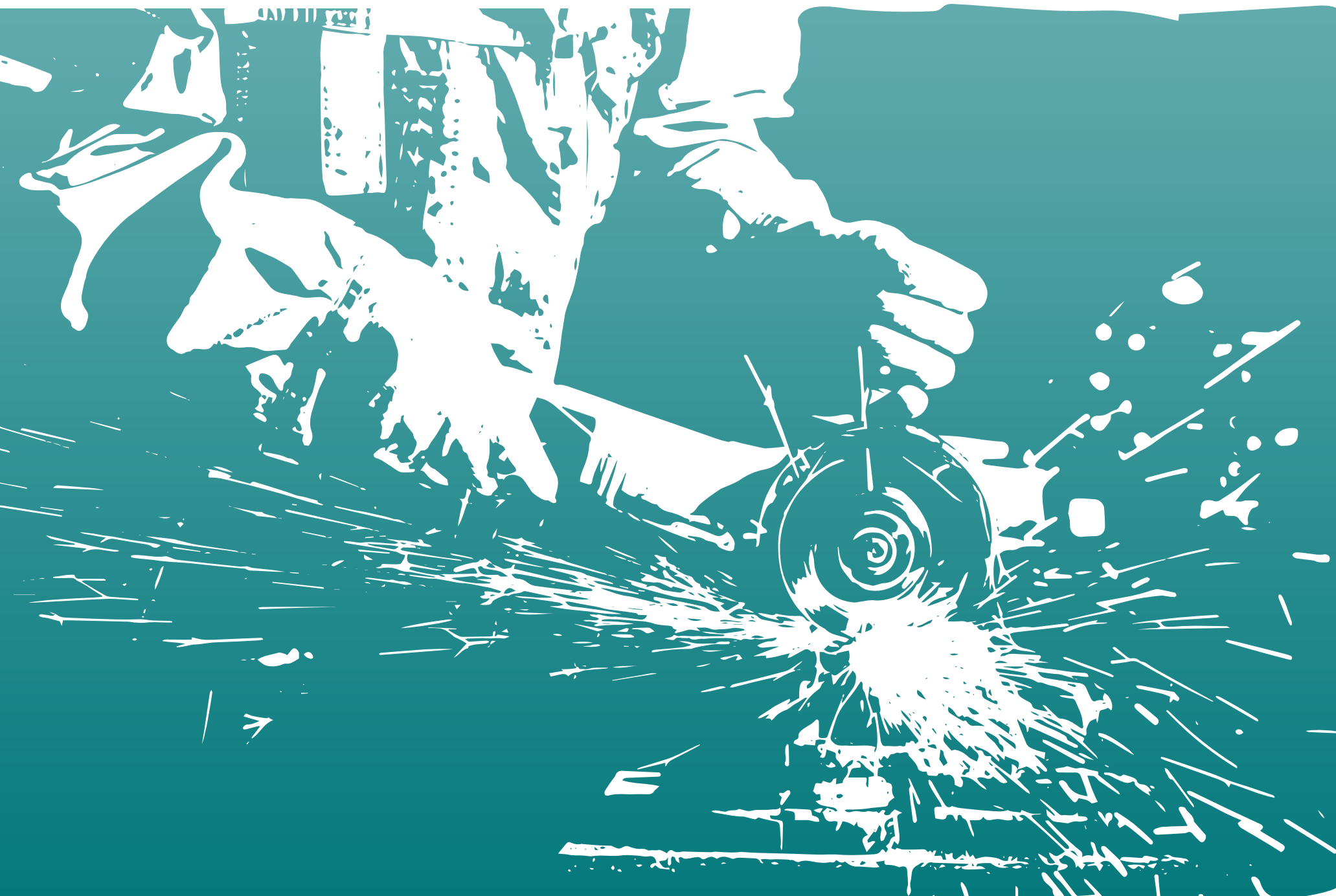
5. Acciones y buenas prácticas técnicas

Las acciones y buenas prácticas para la mitigación de ruido son aquellas que contribuyen a la disminución de problemas sin comprometer la productividad de las empresas y las condiciones ambientales. El beneficio para el sector está orientado a la reducción de la contaminación por ruido ambiental y a la minimización de costos asociados a las enfermedades laborales.

Con el fin de aplicar en primera instancia las medidas más sencillas para mitigar el ruido en la industria metalmecánica, a continuación, se describen algunos controles de ruido que pueden ser muy eficaces:

Mantenimiento

- Una de las principales acciones es el mantenimiento periódico de la maquinaria, en especial de los sistemas de generación eléctrica, motores, ventiladores y compresores dispuestos en el exterior. Estos aportan gran porción de la energía acústica emitida al ambiente, ya que todos los sistemas en el interior usualmente no están expuestos por temas de higiene, característicos de los protocolos de este tipo de sector.
- Las principales ventajas del mantenimiento abarcan la reducción de la exposición al ruido de los trabajadores, mejora las condiciones de operatividad de las máquinas. Como desventajas de la implementación, está el requerimiento de trabajo adicional para adecuar la fijación de los sistemas anti vibratorios en máquinas y partes.



Cerramiento y apantallamiento

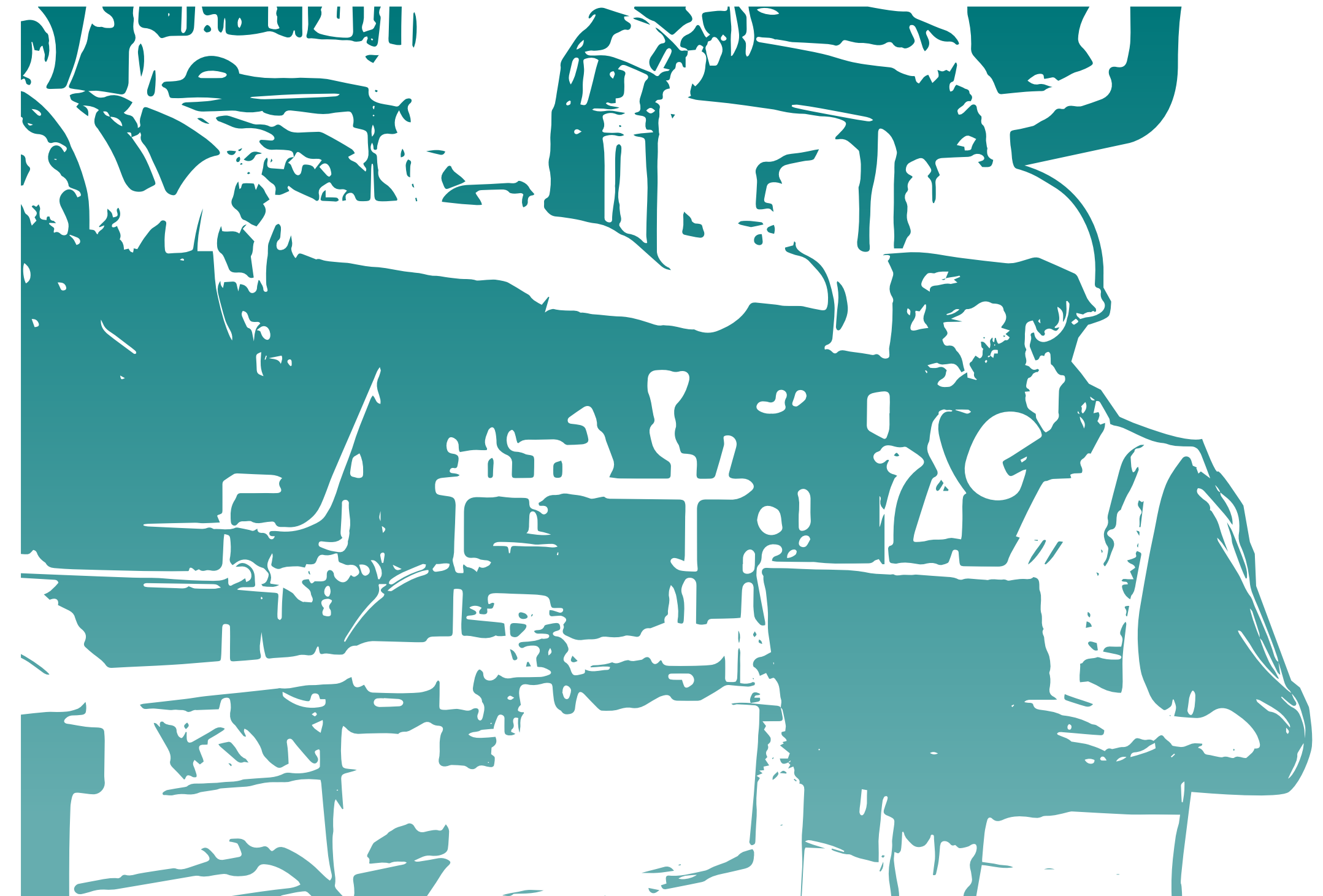
- Los cerramientos de las fuentes de ruido, es otra de las estrategias más **comunes**, que consiste en **aislar** parcial o completamente la fuente de ruido. El principio de funcionamiento se orienta a la conservación de la energía acústica dentro del cerramiento y utilizando materiales **absorbentes** para la disminución de la misma.
- En ocasiones existen razones **técnicas** de la operación de la maquinaria que no permite su cerramiento, por lo que se debe recurrir a **cabinas** para los operarios, tanto para la manipulación de la misma como para el descanso.
- Los cerramientos deben prever y tener aberturas de control visual, acceso y pasaje de materiales, sistemas de ventilación y aire acondicionado. Usualmente se diseñan mediante **paneles acústicos** fabricados con estructura metálicas y rellenos de material acústico.
- Todo cierre de ventanas y puertas deberá ser **hermético**, con buen aislamiento y en el caso de requerir flujo de aire, utilizar conductos silenciadores.
- El **apantallamiento** también puede ser una estrategia importante, especialmente cuando no se pueden realizar cerramientos. Las **pantallas acústicas** interceptan la propagación de la onda sonora impidiendo una ruta directa entre la fuente y el receptor. Pueden ser fijas y móviles y usualmente tienen materiales absorbentes para la **disminución de reflexiones** que aumenten la energía acústica en los recintos.



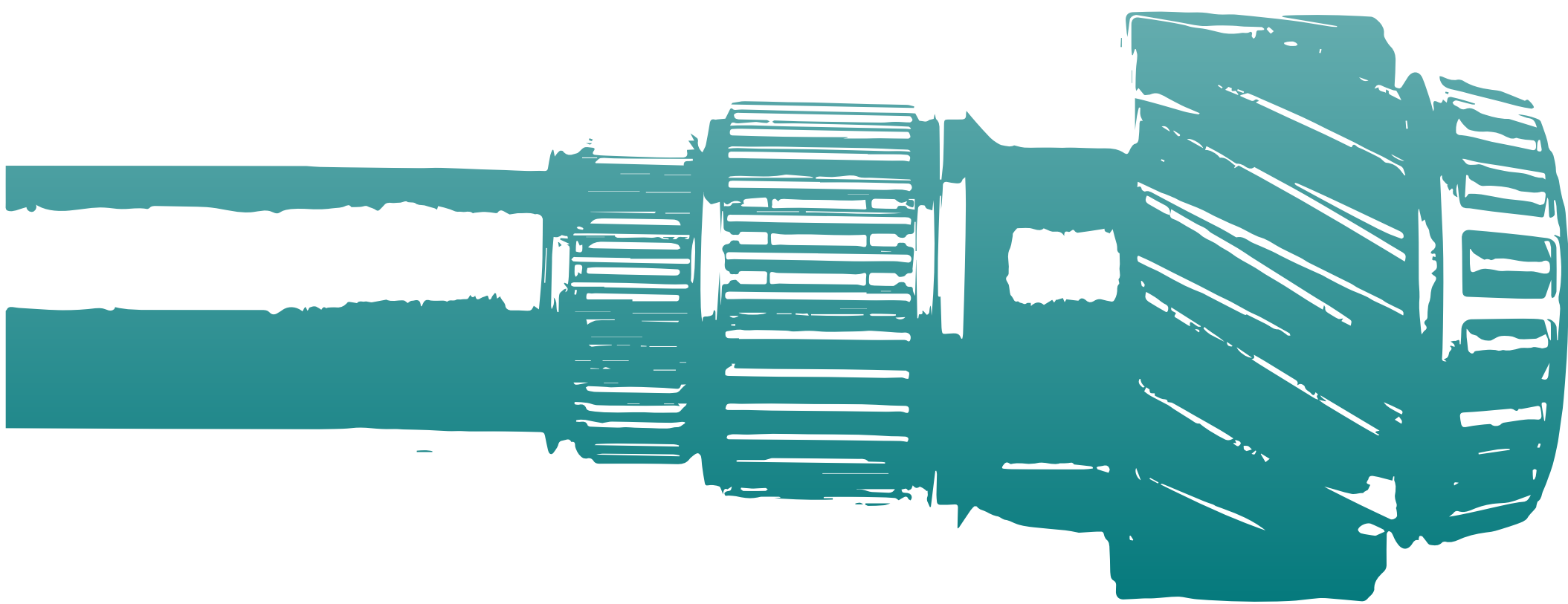
- Los **cerramientos y apantallamientos** tienen como ventaja en su aplicación, la reducción considerable del ruido emitido al exterior, la disminución tanto al interior de los edificios industriales como en el exterior, son adaptables a los equipos y áreas de trabajo. Aun así, pueden tener como desventajas: la dificultad para acceder a las máquinas para operaciones de mantenimiento y para algunos casos, adición de sistemas de ventilación.
- Un modo de funcionamiento con la **menor velocidad y aceleración** proporcionará un mejor comportamiento acústico. Es el caso de las sierras y motores.
- Para un principio operativo dado, el ruido de una máquina se puede reducir alterando la **masa, rigidez y amortiguación** de la estructura. Por ejemplo, en máquinas rotativas, se puede implementar el uso de material elástico como método de amortiguación a su soporte.
- El **flujo constante** de gases y líquidos es más silencioso que el flujo no constante. Por ejemplo, en los sistemas de descompresión de sistemas de distribución de fluido, entre otros.

Otras

- **Evitar** la vibración de cualquier elemento, esto asegura la eficiencia para la tarea que se debe realizar y menos niveles de emisión acústica.
- Se **recomienda** que en el proceso de cargue y descargue, los vehículos sean apagados una vez llegan al establecimiento, teniendo en cuenta que, en los estudios realizados se identificó que esta actividad es la que genera mayores niveles de ruido.



6. Control de ruido para la industria metalmecánica



A partir de las mediciones realizadas en la industria metalmecánica y a través del análisis de resultados, es posible concluir que la naturaleza del ruido encontrado en este sector productivo es de tipo **impulsivo, continuo, fluctuante, tonal y de baja frecuencia** y el tipo de fuentes de ruido encontradas fueron de tipo **turbulencia, choque, impacto, engranajes, rodamiento y fricción**.

A continuación, se presentan recomendaciones que pueden ser llevadas a cabo en las máquinas para disminuir el aporte energético y soluciones acústicas que permiten mitigar el ruido de los procesos productivos de las industrias de metalmecánica, según el tipo de fuente de ruido y el medio de propagación.



Fuente de ruido	Causa	Elemento causante de ruido	Método de control de ruido
Mecánica	Impacto	Cojinete liso	Ajustar el anillo de aceite y reducir la holgura longitudinal del eje.
		Cojinete de bolas	Reducir la holgura radial, ajustar el separador, reducir las tolerancias del eje y el bastidor. La frecuencia propia de la pantalla final no debería igualar a la frecuencia característica del cojinete de bolas.
		Portaescobillas y escobillas	Ajustar el portaescobillas, cambiar la frecuencia propia, desviar las escobillas y limpiar el colector.
		Laminaciones sueltas	Mejorar la sujeción de las laminaciones
	Rozamiento	Cojinete de bolas	Holgura demasiado estrecha, lubricante demasiado solidificado o inexistente; rectificar
	Desequilibrio	Rotor	Equilibrar mecánicamente.
	Inestabilidad	Cojinetes	Cambiar las ranuras de lubricación de cojinetes.
Aerodinámica (ventilación)	Modulación	Varillas del rotor interruptoras de movimiento	Añadir filtros acústicos o conductos revestidos acústicamente.
		Vibraciones del rotor que alteran el espacio del aire y en consecuencia el movimiento	Equilibrar el rotor o eliminar las fuerzas magnéticas; cambiar su frecuencia en caso de que sea igual a la frecuencia natural del rotor.
	Turbulencia	Ventilador	Diseñar de nuevo el ventilador y las aspas o añadir filtros acústicos y/o conductos revestidos acústicamente.
Magnética	Excentricidad	Espacio de aire	Corregir las excentricidades del rotor o del estator mecánicamente o por medio de ajustes.
		Máquinas sincronizadas con polarizaciones extremas	Emplear sujeciones resilientes al instalar la máquina o los núcleos magnéticos.
	Campo variable en dirección circunferencial	Variaciones entre las muescas y los engranajes respecto a las perforaciones del estator	Evitar la resonancia de cualquier elemento del motor en esta frecuencia; cortar en chaflán las muescas del rotor.
		Armónicos asimétricos debidos a	Reducir la asimetría mejorando el diseño del circuito magnético; evitar la resonancia del bastidor del rotor, especialmente en bajas vibraciones, que emiten sonidos de mayor intensidad.



6.1 CONTROL DE RUIDO EN LA FUENTE

Turbulencia

Este tipo de ruido es común en sistemas de ventilación y máquinas que tengan rotores. La turbulencia puede crear componentes de tono puro en los flujos sobre un cilindro, como una tubería de chimenea. En los flujos de ductos, el ruido puede ser generado por esquinas afiladas, puntales o válvulas. En general, la amplitud y espectro de ruido dependen de la velocidad del flujo, la viscosidad del medio y la geometría de la boquilla. Las reducciones de los niveles de ruido se logran con:

- Reducir la presión de funcionamiento en tuberías.
- Disminuir las caídas de presión.
- Minimizar la velocidad del flujo.
- Optimizar el diseño de la salida del chorro para minimizar los cambios de velocidad a través de un chorro.
- Minimizar la velocidad de punta de los rotores.
- Evitar los obstáculos en el flujo.
- Mejorar la geometría de la boquilla.
- Generar flujo laminar.

Choque

Este tipo de ruido puede encontrarse en máquinas como compresores, motores y maquinarias que contengan válvulas. Los choques se generan por la liberación rápida de un medio presurizado en una región de baja presión. Esto ocurre durante la apertura y cierre de válvulas y en motores y bombas neumáticas de alta presión. Las reducciones de los niveles de ruido se logran con:

- Reducir la velocidad del cambio de presión.
- Ralentizar la variación del tiempo de presión, ya sea reduciendo la diferencia de presión o aumentando el tiempo de subida.
- Evitar obstáculos cerca del rotor.





Engranaje

Este tipo de ruido puede encontrarse en cortadoras, sierras sinfín, tornos, centros de mecanizado, entre otros. Los parámetros importantes a tener en cuenta son el período de contacto de los elementos que se rozan, la variación fuerza-tiempo durante el rozamiento y la rigidez de los elementos en contacto (dientes). Los defectos en los engranajes pueden provocar una variación de fuerza adicional y, por lo tanto, aumentar el ruido. El ruido producido por engranajes resulta principalmente en la generación de tonos puros (múltiplos de la frecuencia del engranaje). Las reducciones en los niveles de ruido se logran con:

- Incrementar el tiempo de contacto.
- Utilice engranajes helicoidales.
- Aumentar el número de dientes.
- Cambiar el material del engranaje.
- Mejorar la calidad (alineación, precisión de los dientes).

Impacto

El ruido de impacto es una de las características más dominantes en la maquinaria. El impacto puede ser producido por máquinas que realizan procesos de sellado y transformación de materia prima como lo son las empaquetadoras y las prensadoras. Los parámetros más importantes son la masa, la velocidad de los cuerpos impactantes y la duración del impacto. Un evento de ruido de impacto es dominado por altas frecuencias debido a la corta duración del impacto. La disminución de los niveles de ruido se logra con reglas de diseño para controlar el ruido de impacto, tales como:

- Incrementar el tiempo entre impactos.
- Disminuir la velocidad del impacto.
- Minimizar la masa del cuerpo de impacto libre.
- Incrementar la masa del cuerpo fijo.
- Evitar componentes sueltos con cargas alternas.
- Incluir amortiguamiento en la cadena de impacto (como materiales blandos, resortes y amortiguadores hidráulicos, entre otros).



Rodamiento

El ruido de rodadura se encuentra en máquinas que contengan rodamientos de bolas y de rodillos como los tornos. Es resultado de asperezas o irregularidades en la región de contacto de las superficies de rodadura y también depende de la flexibilidad en la región de contacto. Las reducciones de los niveles de ruido se logran con:

- Mantener superficies de rodadura lisas.
- Usar una lubricación adecuada.
- Utilizar rodamientos de rodillos de precisión.
- Minimizar las tolerancias en la carcasa (ajuste del rodamiento).
- Utilizar cojinetes de fricción.
- Incrementar la flexibilidad en el área de contacto.

Inercia (ruido fluctuante)

que cuentan con componentes como rotores y sistemas de manivelas como algunos tipos de torno, dobladoras, pulidoras y fresadoras. La aceleración de fuerzas inducidas por masas puede resultar en la generación de ruido por una variedad de efectos como por ejemplo impacto, balanceo, fricción o pulsación. Las reducciones de los niveles de ruido se logran con:

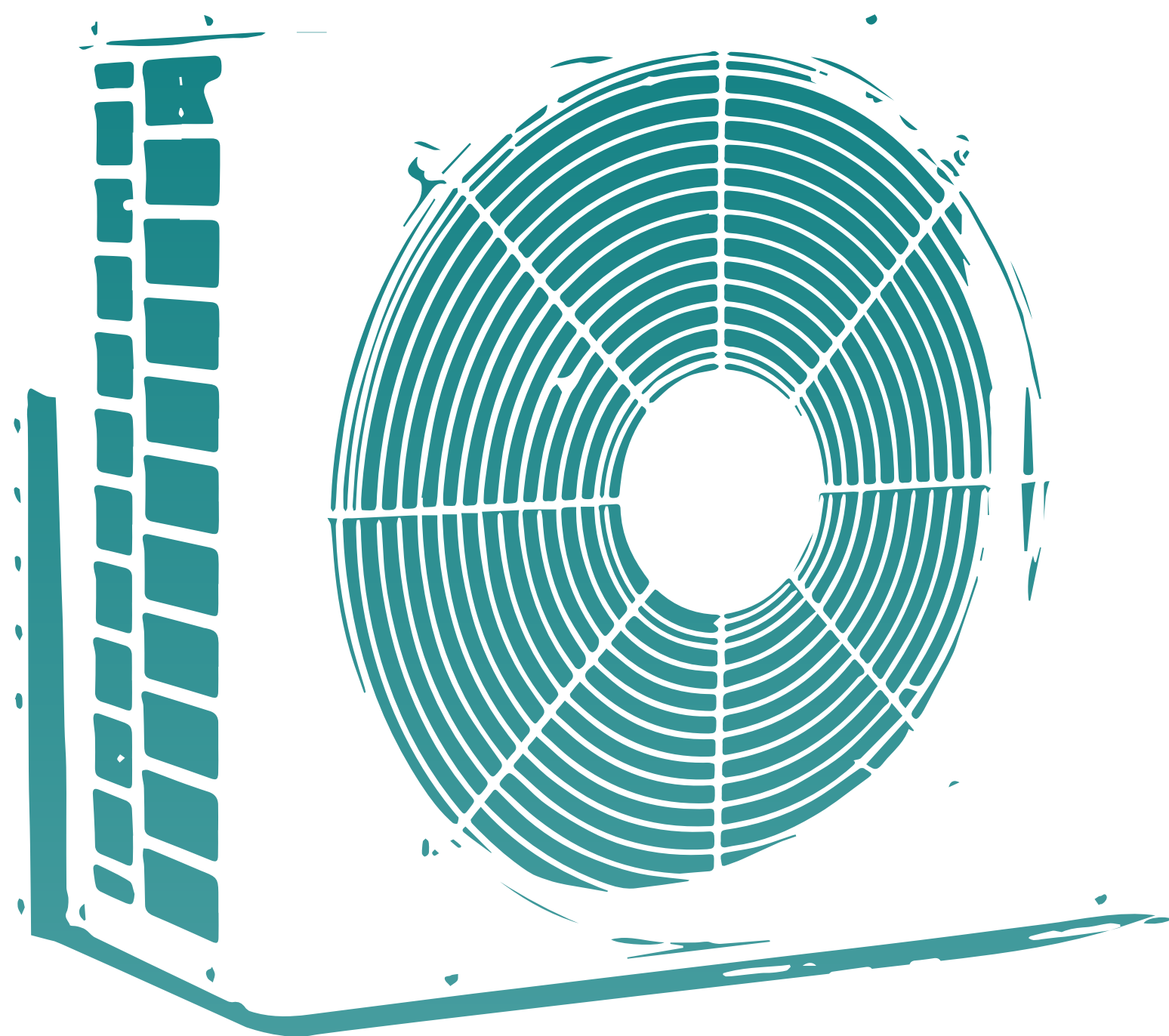
- Minimizar las fuerzas de inercia equilibrando los rotores y componentes o equilibrando las masas en movimiento.
- Minimizar aceleración de componentes.
- Mejora la firmeza del movimiento.

Fricción

Los mecanismos en los que la fricción provoca fenómenos de adherencia y deslizamiento son posibles fuentes de ruido (como las sierras, lijadoras). Las variaciones de fuerza encontradas aquí actúan como un tipo de impacto que puede excitar las resonancias de la estructura.

Las reducciones de los niveles de ruido se logran con:

- Controlar la fricción eligiendo materiales con alto coeficiente de fricción.
- Controlar la fricción haciendo uso adecuado de la lubricación.
- Aumentar la amortiguación de la estructura que puede auto excitarse.



6.2



CONTROL DE RUIDO EN EL MEDIO DE PROPAGACIÓN

En caso de que algunas de las recomendaciones anteriormente descritas no puedan llevarse a cabo o se desea mitigar aún más el ruido producido por la maquinaria, existen algunas soluciones acústicas que pueden ayudar a reducir el ruido en mayor medida.

Los procesos de control de ruido deben ser siempre ejecutados por personas conocedoras del tema, para evitar invertir en objetos o artículos que pueden llegar a ser erróneos para el control de ruido y producir un impacto peor.

El uso de materiales convencionales como lo son las cajas de huevo, el poliestireno expandido (Icopor) y las espumas que se usan para la fabricación de colchones, no son aptos para la mitigación del ruido. No solo por sus bajas propiedades para disminuir la transmisión sonora o absorción de ruido, sino porque no son ignífugos.

De igual forma pasa con el uso de resortes para desacoplar maquinaria, ya sea del suelo o de las paredes, no puede ser usado cualquier tipo de resorte, ya que existen bases teóricas que fundamentan los cálculos necesarios para determinar el tipo de resorte que debe emplearse en cada caso.

El ruido aéreo generado en partes de la máquina se transmite al ambiente. Hay varios medios para controlar esta transmisión:

- Cerramientos acústicos.
- Pantallas acústicas.
- Silenciadores.



Figura 2. Ejemplo de cerramiento en motor.

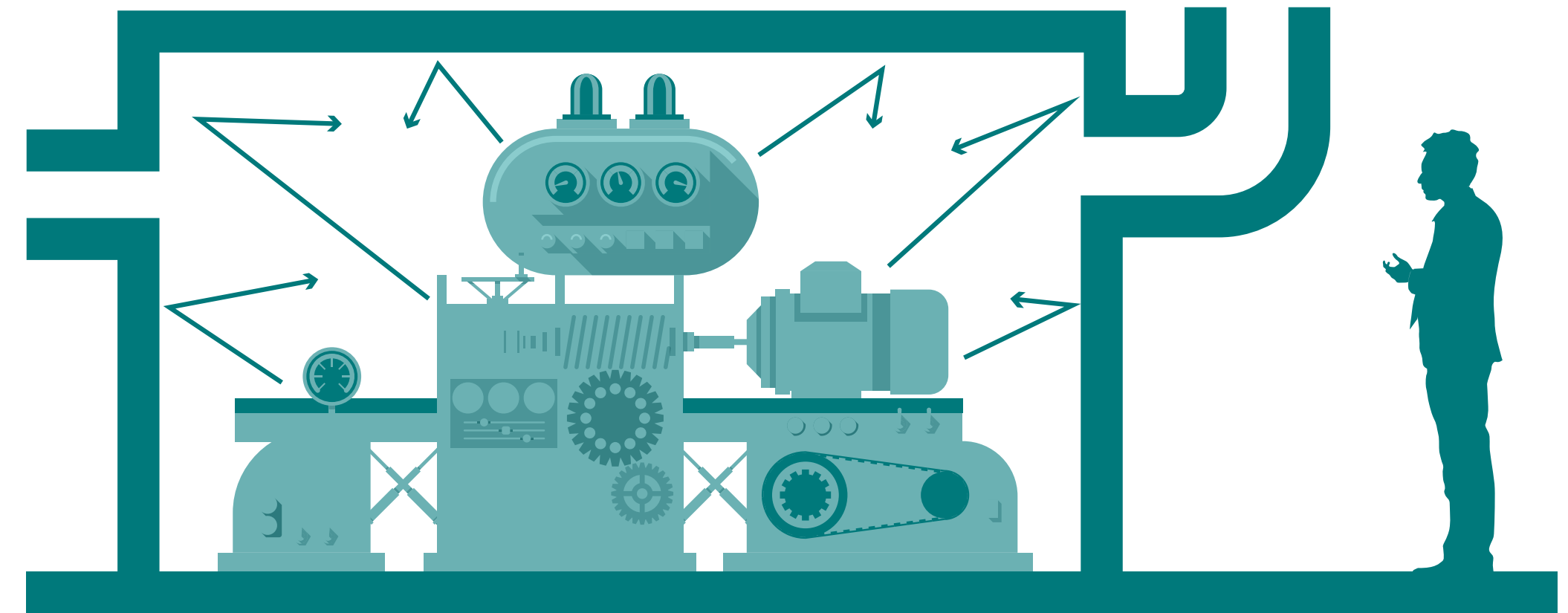
Cerramientos acústicos

Se trata de cubiertas aislantes acústicas cerradas que suelen estar hechas de hoja de metal para proporcionar la reflexión del ruido. Para mejorar la reducción de ruido del cerramiento, es necesario un revestimiento fonoabsorbente con material poroso en su interior (lanas minerales) donde el grosor depende de la frecuencia de interés más baja.

Las aberturas pequeñas deben sellarse, si son necesarias (ventilación, flujo de material, cables, etc.) se debe equipar con silenciadores. Para evitar la transmisión de ruido a través de la estructura a las láminas de cubierta, se debe utilizar un aislamiento de vibración en los puntos de montaje.

Las reducciones de los niveles de ruido se logran con:

- Cubrir totalmente las fuentes de ruido, incluso los pequeños huecos u orificios.
- Utilizar materialidad exterior de alta densidad (Hormigón, metal, bloques).
- Utilizar material absorbente en el interior (Fibra de vidrio, lana de roca, materiales porosos ignífugos).
- Utilizar silenciadores en las aberturas de ventilación, cables, tuberías, etc.
- Evitar las conexiones rígidas entre el cerramiento y la máquina; reducir el número de puntos de montaje.



Fuente: Comisión de Investigaciones científicas de Argetina (www.cic.gov.ar)



Apantallamiento

Las pantallas se pueden instalar cerca de componentes pequeños de la máquina con alta emisión de ruido. Su eficiencia es menor en cerramientos totales y depende de la orientación y la distancia. Sin embargo, son útiles para lograr una reducción de ruido dentro de un área restringida. Las reducciones se logran con:

- Utilizar láminas sólidas (material de aislamiento acústico) para la pantalla.
- El lado de la pantalla que mira hacia la máquina debe estar provisto de una cubierta de absorción.

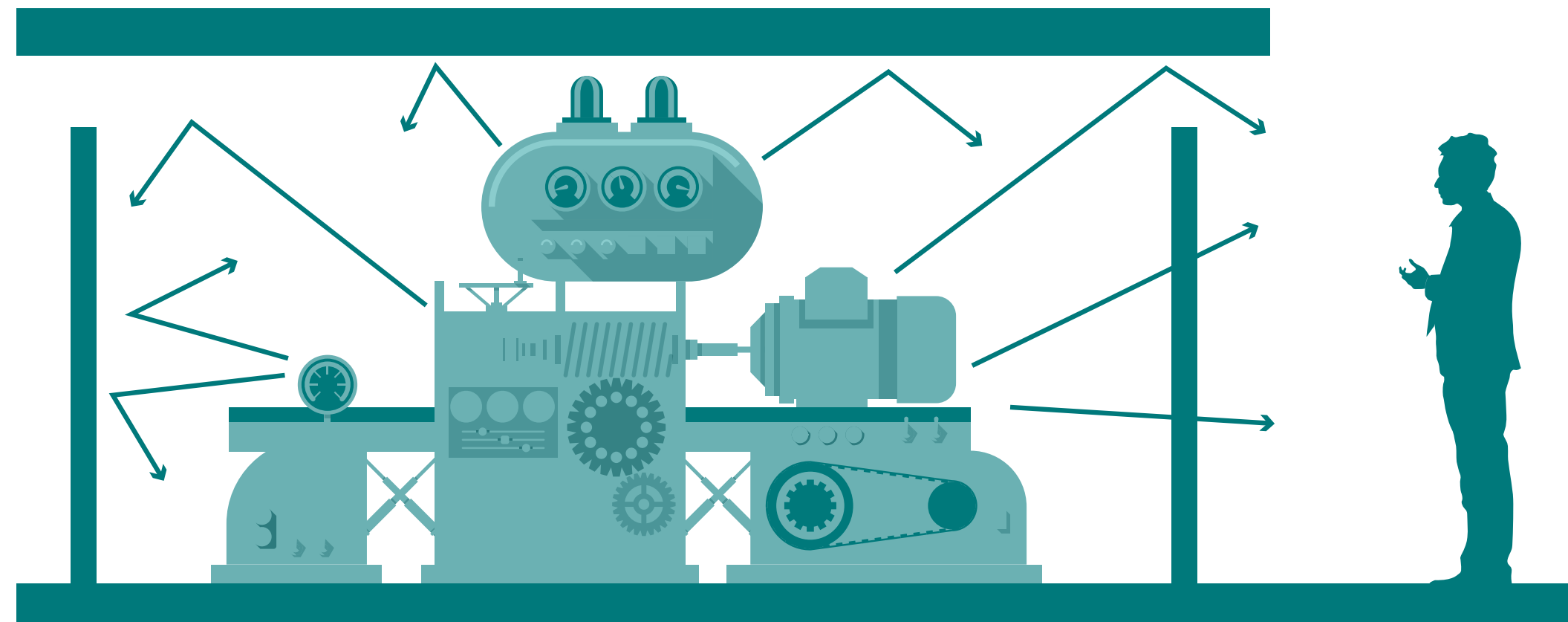


Figura 3. Ejemplo de apantallamiento

Figura 4. Ejemplo de apantallamiento en sistemas de aire acondicionado



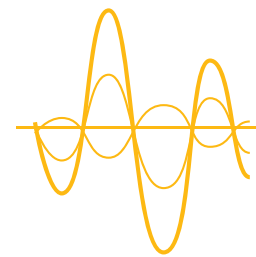
Silenciadores

Los silenciadores son componentes que impiden la transmisión de sonido en el aire a través de aberturas. Los silenciadores de absorción tienen en sus canales revestimientos porosos. El principio de funcionamiento de los silenciadores es la reflexión del sonido en cambios repentinos del área transversal de las tuberías (normalmente utilizado en motores de combustión interna, admisión y escape). Los silenciadores suelen ser una combinación de tipos de absorción y reflexión. Las reducciones se logran con:

- Utilizar silenciadores de absorción para ruido de banda ancha.
- Evitar velocidades de flujo superiores a 20 m/s en silenciadores de absorción.
- Utilizar silenciadores de tipo reflexión para ruido de baja frecuencia.
- Utilizar silenciadores de expansión neumáticos para salidas de aire comprimido.

7. Radiación de ruido

7.1

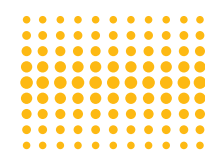


RADIACIÓN DE RUIDO AÉREO PROCEDENTE DE LAS ABERTURAS

El ruido aéreo puede irradiarse a través de las aberturas de admisión o escape. La reducción de los niveles de ruido se logra con:

- Colocar las aberturas en el lado adecuado (directividad de la propagación del sonido).
- Utilizar un silenciador o una pantalla acústica en la apertura.

7.2



RADIACIÓN DE RUIDO TRANSMITIDO POR ESTRUCTURAS

La radiación de las superficies de la máquina depende del área, la forma, la flexibilidad, la masa y la amortiguación. Generalmente, este fenómeno ocurre

- Reducir el área radiante.
- Aplicar cubiertas con baja eficiencia

Aislamiento de vibraciones

El aislamiento de vibraciones es idéntico a la introducción local de una rigidez relativamente baja. Puede realizarse con la ayuda de aisladores (que son elementos elásticos de caucho, fuelles de aire, resortes helicoidales de acero u otros), o con la ayuda de capas elásticas (de caucho, corcho u otro material blando).

Solo se puede obtener una cantidad significativa de aislamiento cuando hay suficiente desajuste de impedancia en el asistente del receptor, por ejemplo, cuando la estructura en el lado del receptor del aislador o capa es lo suficientemente rígida y pesada. El aumento de la impedancia de la cimentación es igualmente importante que la disminución de la rigidez del aislador (o capa).



Amortiguación

La adición de amortiguación se utiliza para disipar más energía de vibración estructural. Es especialmente eficaz en el rango de respuesta resonante en combinación con discontinuidades estructurales y cuando se aplica en el área de excitación (es decir, cerca de la fuente).

Reglas de diseño para el control de la transmisión del sonido transmitido por estructuras mediante aislamiento de vibraciones:

- Utilice elementos o capas que sean suficientemente resilientes.
- Aplicar una base de maquillaje suficientemente rígida y pesada.

La adición de amortiguación se utiliza para disipar más energía de vibración estructural. Es especialmente eficaz en el rango de respuesta resonante en combinación con discontinuidades estructurales y cuando se aplica en el área de excitación (es decir, cerca de la fuente).

Reglas de diseño para el control de la transmisión del sonido transmitido por estructuras mediante amortiguación:

- Agregar amortiguación adicional cuando la amortiguación original sea baja.
- Aplicar amortiguación para reducir la transmisión en el rango de respuesta resonante.
- Aplicar amortiguación cerca de la fuente.
- Considere una amortiguación adicional para paneles delgados. (Es difícil amortiguar estructuras rígidas y pesadas).



Figura 5. Ejemplo uso de sistema anti vibratorio

Bibliografía

8. Bibliografía

Barron, M. (1993). *Acoustics of Rooms and Enclosures*. (2da ed.). New York, NY: John Wiley & Sons

Bies, D. A., & Hansen, C. H. (2009). *Engineering Noise Control: Theory and Practice*. (4ta ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

Crocker, M. J. (Ed.). (2013). *Handbook of Acoustics*. (2da ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

ISO. (2010). *Acústica - Determinación de los niveles de potencia acústica emitidos por las máquinas y equipos (ISO 3744)*. Ginebra, Suiza: ISO.

ISO. (1994). *Acústica - Determinación del nivel de potencia acústica de fuentes sonoras mediante la medición del sonido envolvente (ISO 8297)*. Ginebra, Suiza: ISO.

ISO. (2009). *Acústica - Evaluación de la exposición sonora de trabajadores que están expuestos a ruido emitido por máquinas y equipos - Parte 1: Métodos de medición. (ISO 11688-1:2009)*. Ginebra, Suiza: ISO.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). Resolución 0627 de 2006. Por la cual se establecen las disposiciones mínimas del sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo para los empleadores en Colombia. Recuperado de <http://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/0/Resolucion+0627+de+2006/cbebfe0d-93b1-4da4-a4e2-2c35aa3d63f5>



Alcaldía de Medellín
Distrito de
Ciencia, Tecnología e Innovación

www.medellin.gov.co



www.metropol.gov.co

