



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño de Cabina Insonorizada para Minimizar el Efecto de la
Exposición Laboral al Ruido en Industria de Artes Gráficas”

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Eduardo Gómez Arreaga

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Ernesto Martínez Director de Tesis, por su ayuda y colaboración en la realización de este Trabajo.

A cada una de las personas que durante este ciclo me ayudaron a seguir adelante y creer en mí para concluir este objetivo.

DEDICATORIA

A DIOS

A MIS PADRES

A MI ESPOSA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Jorge Duque R.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Ernesto Martínez L.
DIRECTOR DEL TFG

MSc. Cristian Arias U.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en el presente Trabajo Final de Graduación, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Eduardo Gómez Arreaga

RESUMEN

En el Ecuador, la gran mayoría de las empresas del sector industrial no tienen establecido un programa donde se realicen mediciones de los niveles de ruido a los que se exponen los colaboradores. Actualmente, existen leyes que determinan los niveles máximos permisibles para la exposición de ruido laboral; sin embargo, el cumplimiento de las mismas no siempre se hace efectivo debido a la falta de preocupación del empleador. A su vez, existe la falta de conocimiento por parte de los colaboradores de la organización sobre los terribles daños que puede causar la contaminación acústica.

En este proyecto se analizó un área de producción que registra un nivel de ruido mayor a 100 DB en una industria gráfica. En donde se encuentran expuestos los 18 empleados, quienes trabajan en turnos rotativos de 10 horas diarias.

Se implementó un análisis para determinar la exposición laboral al ruido. En donde se analizó las condiciones de trabajo de los empleados de este sector de la planta. Se seleccionó una estrategia de medición del ruido, en donde se obtuvo un control de la exposición laboral al ruido a través de procedimientos técnicos de control. Se intervino sobre la transmisión aérea del ruido aislando las fuentes de ruido mediante una cabina insonorizada.

Para el diseño y construcción de la cabina insonorizada, se seleccionó el material idóneo; el cual disminuyó eficazmente el nivel del ruido en el área de producción. En donde se suministró los planos de construcción, el listado de materiales, los costos del proyecto y el respectivo cronograma de montaje e instalación.

Una vez implementada la cabina insonorizada, se seleccionaron los protectores auditivos requeridos para prevenir los riesgos derivados de la exposición al ruido. Finalmente, se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para optimizar el rendimiento de las bombas al vacío, principales fuentes de ruido, y así evitar el incremento del ruido por alguna posible falla mecánica.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	ii
ÍNDICE GENERAL	iv
ABREVIATURAS	vii
SIMBOLOGÍA.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE PLANOS	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
MARCO TEORICO	3
1.1 Sonido	3
1.1.1 Propiedades del sonido	3
1.1.2 Propagación del sonido.....	8
1.1.3 Unidades de medida	13
1.1.4 Escala de niveles sonoros.....	20
1.2 Ruido.....	21
1.2.1 Tipos de Ruido	21
1.2.2 Fuentes emisoras.....	24
1.2.3 Efectos del ruido sobre la salud	25

1.2.4 Medición del Ruido.....	25
1.2.5 Instrumentos de medida acústica.....	33

CAPÍTULO 2

2. DETERMINACION DE LA EXPOSICION LABORAL AL RUIDO.....	38
2.1 Análisis de las condiciones de trabajo.....	39
2.2 Selección de la estrategia de medición	42
2.3 Plan de Mediciones	43
2.4 Comparación de los resultados obtenidos con los valores de referencia.....	49
2.5 Selección de procedimiento técnico de control.....	49

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE CABINA INSONORIZADA.....	51
3.1 Análisis de forma.....	61
3.2 Selección de materiales	55
3.3 Dimensionamiento de cabina insonorizada	61
3.4 Diseño de cabina insonorizada	64
3.5 Lista de materiales	72
3.6 Análisis de costo	75
3.7 Cronograma de montaje e instalación	79

CAPÍTULO 4

4. CONTROL Y VIGILANCIA DEL SISTEMA	81
4.1 Plan de medición del área intervenida.....	82
4.2 Plan de mantenimiento preventivo de equipos	85
4.3 Plan de mejora en gestión de seguridad industrial y salud ocupacional.....	88

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
---	----

APÉNDICES**BIBLIOGRAFIA**

ABREVIATURAS

IEC:	Comisión Electrotécnica Internacional
ISO:	Organización Internacional de Normalización
INSHT:	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo
IESS:	Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social
NRC:	Coeficiente de Absorción
NPS:	Nivel de Presión Sonora
UPN:	Perfil con sección en forma de U del acero laminado estructural

SIMBOLOGÍA

f:	Frecuencia
Hz:	Hertz
T:	Periodo
w:	Frecuencia angular
c:	Velocidad de transmisión de una onda
P:	Presión acústica
Po:	Presión atmosférica
ρ :	Densidad del aire
λ :	Longitud de onda
k:	Numero de onda
z:	Impedancia acústica
dB:	Decibelio
dBA:	Decibelio con filtro de ponderación A
L_p :	Nivel de presión acústica
L_{pA} :	Nivel de presión acústica ponderado
$L_{pA,n}$:	Niveles de presión acústica generados por cada fuente.
$L_{pA,resta}$:	Sustracción de niveles de presión acústica
$L_{pA,Total}$:	Nivel de presión acústica total
$L_{pA,Fondo}$:	Nivel de presión acústica de fondo
$L_{Aeq,T,n}$:	Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A"
$L_{Aeq,d}$:	Nivel de Exposición Diario Equivalente
L_{pico} :	Nivel de pico
u_1 :	Incertidumbre estándar
$c_1 u_1$:	Contribucion a la incertidumbre
$u_{2,m}$:	Incertidumbre estándar debida a la instrumentación
u_3 :	Incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono

c_2 :	Coficiente de sensibilidad al instrumento empleado
c_3 :	Coficiente de sensibilidad a la posición del micrófono
$u(L_{EX,8h})$:	Incertidumbre combinada estándar
$U(L_{EX,8h})$:	Incertidumbre expandida
HP:	Caballos de Fuerza (Potencia)
m ³ /h:	Metros cúbicos por hora (Caudal)
RPM:	Revoluciones por minuto (Velocidad)
mbar:	Milibar (Presión al vacío)
kg:	Kilogramos (Peso)
plg:	Pulgada
m:	Unidad de longitud (metro)
mm:	Unidad de longitud (milímetro)
cm:	Unidad de longitud (centímetro)
m ² :	Unidad de área (metro cuadrado)
Wattios:	Unidad de potencia
VAC:	Voltaje de corriente alterna
cc:	Corriente continua
E-6011:	Electrodo revestido
h:	Unidad de tiempo (hora)
s:	Unidad de tiempo (segundo)

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Frecuencia de Onda	5
Figura 2. Interferencia Constructiva de Ondas	8
Figura 3. Interferencia Destructiva de Ondas	8
Figura 4. Ondas Estacionarias	9
Figura 6. Difracción Sonora Sobre Distintas Superficies	11
Figura 7. Representación Gráfica del Nivel de Presión Acústica, <i>L_p</i>	15
Figura 8. Determinación de Suma de Dos Niveles de Ruido	19
Figura 9. Determinación de Suma de N Niveles de Ruidos Idénticos	19
Figura 10. Determinación de la Diferencia de Dos Niveles de Ruido	20
Figura 11. Escala de Niveles de Presión.	21
Figura 12. Representación Gráfica del Nivel de Presión Acústica Continuo Equivalente Ponderado "A", <i>L_{Aeq,T}</i>	31
Figura 13. Flujo para Determinar la Exposición Laboral del Ruido.....	39
Figura 14. Ubicación Inicial de las Fuentes de Ruido.....	53
Figura 15. Ubicación de Cabina Insonorizada.....	55
Figura 16. Panel Perforado como Absorbedor	56
Figura 17. Variación del Coeficiente de Absorción de un Resonador con y sin Absorbente.	57
Figura 18. Comparación de los Niveles de Presión Sonora.	59
Figura 19. Distancias entre Bombas y Conexiones de Aire de Máquinas.	63
Figura 20. Conformación de Paredes de la Cabina Insonorizante	66
Figura 21. Esquema Estructural de Cabina Insonorizante	67
Figura 22. Diseño de Cabina Insonorizante	69
Figura 23. Diagrama de Gantt – Cronograma de Montaje e Instalación.....	80
Figura 24. Datos de Atenuación Tapones E-A-Rflex 20.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Parámetros de Ondas Sonoras	7
Tabla 2. Características Físicas de Líquidos Y Gases	14
Tabla 3. Sustracción de Niveles.....	18
Tabla 4. Respuestas Normalizadas de Filtros de Frecuencias.....	29
Tabla 5. Conformacion de Equipo de Trabajo en Area de Pegadoras de Sobres	42
Tabla 6. Selección de La Estrategia de Medicion Según El Patron de Trabajo.....	43
Tabla 7. Resultado de Las Mediciones	45
Tabla 8. Valores en Db del Factor c_{1u1}	47
Tabla 9. Principales Fuentes de Ruido	53
Tabla 10. Datos de Bombas de Vacio.....	54
Tabla 11. Resumen Técnico de Resultados Obtenidos Valor de Nivel de Emisión de Ruido de La Fuente Fija	57
Tabla 12. Coeficientes de Absorcion Para Paneles Perforados	58
Tabla 13. Selección de Materiales	60
Tabla 14. Dimensiones de Bombas de Vacío	62
Tabla 15. Dimensionamiento de Cabina Insonorizante Interna	64
Tabla 16. Ubicación de Bombas Al Vacio En Cabina Insonorizante.....	65
Tabla 17. Componentes de Cabina Insonorizante	70
Tabla 18. Determinación de Materiales A Emplear	73
Tabla 19. Detalle de Materiales Unitarios	75
Tabla 20. Costo de Produccion Cabina Insonorizante	77
Tabla 21. Valor de Nivel de Emision de Ruido de La Fuente Fija.....	82
Tabla 22. Valor de Nivel de Ruido Utilizando Protección Auditiva.....	84
Tabla 23. Mantenimiento Preventivo de Bombas Al Vacio Vtlf 250sk	86
Tabla 24. Mantenimiento Preventivo de Bombas Al Vacio Vtlf 500sk	87

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1.	Situación Inicial de Área de Pegadoras de Sobres
Plano 2.	Ubicación de Cabina Insonorizada
Plano 3.	Diagrama Unifilar de Extractores de Calor en Cabina Insonorizante
Plano 4.	Planos de Construcción de Cabina Insonorizante
Plano 5.	Plano Estructural de Cabina Insonorizante

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del siguiente proyecto abarca principalmente lo siguiente:

En el capítulo 1 se observa el marco teórico para el presente proyecto, como es el sonido y sus propiedades, como el sonido se propaga en el medio, las unidades de medida y escala de niveles sonoro. Se define que es el ruido, los diferentes tipos de ruido que existen y las fuentes emisoras que lo provocan para determinar los efectos que ocasiona el ruido sobre la salud; para lo cual se describe generalidades sobre la medición del ruido y los instrumentos de medida acústica que se emplean para ejecutar el proyecto.

En el capítulo 2 se describen los métodos para determinar la exposición laboral al ruido, donde se realiza un análisis de las condiciones de trabajo de la empresa objeto de estudio, la selección de la estrategia de medición y se determina el plan de mediciones a ejecutar, en donde se obtienen datos que serán comparados a los valores de referencia para seleccionar el procedimiento técnico de control a emplear en el proyecto.

En el Capítulo 3, se presenta el diseño de una cabina insonorizada, donde se realiza un análisis de forma de acuerdo a la situación actual de la organización para identificar las principales fuentes de ruido, se seleccionan los materiales a utilizar para intervenir sobre la transmisión área del ruido, se

define las dimensiones y diseño de la cabina insonorizada para aislar totalmente la fuente. Se presenta el análisis de costo del proyecto diseñado a la empresa con su respectivo cronograma de montaje e instalación.

En el Capítulo 4 se presenta el desarrollo del control y vigilancia del sistema empleado para atenuar el ruido, en donde se ejecuta un plan de medición del área intervenida para determinar el empleo y selección de protectores auditivos, se diseña un plan de mantenimiento preventivo de los equipos considerados críticos debido a que son considerados las principales fuentes de ruido y se emplea un plan de mejora continua en gestión de seguridad industrial y salud ocupacional.

Finalmente en el Capítulo 5 se darán las respectivas conclusiones y recomendaciones del diseño de cabina insonorizada.

CAPÍTULO 1

1. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se transcribe definiciones referentes al tema al tratar.

1.1 Sonido

El sonido se lo puede definir como la propagación de movimiento o de energía a través de un medio, sin propagación asociada de materia. Cuando el movimiento de las partículas en el medio tiene lugar en la misma dirección de la propagación, se habla de ondas longitudinales; las cuales representan un cambio de volumen, que se propagan en cualquier medio. Las ondas sonoras o el sonido son un caso típico de las ondas longitudinales.

1.1.1 Propiedades del sonido

En la propagación de un movimiento ondulatorio se define como frente de onda al lugar geométrico de todos los puntos del medio que están en el mismo estado de vibración. Se define como rayo

a las líneas normales al frente de onda que suministran la dirección en que se desplazan las ondas. Existen dos tipos de ondas; las ondas esféricas se encuentran cuando las perturbaciones de propagan en todas las direcciones a partir de un foco puntual y las ondas planas, se encuentran en áreas no muy grandes y lejos del foco puntual, en donde tienen poca curvatura.

Las ondas acústicas planas son ondas progresivas libres unidimensionales que viajan en una dirección x y que sus fuentes de ondas son planos infinitos perpendiculares al eje x y paralelos entre sí en todo momento.

El número de ciclos por segundo característicos de una onda se denomina frecuencia de la onda $[f]$, la cual es medida en Hertz (1 Hertz = 1 ciclo/s). El tiempo transcurrido por un ciclo se conoce como periodo $[T]$

(1)

$$f = \frac{1}{T}$$

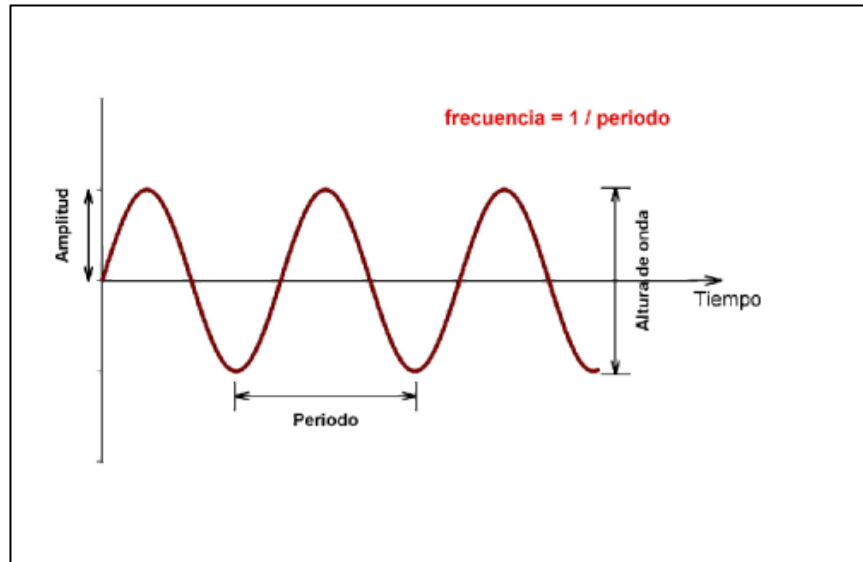


FIGURA 1. FRECUENCIA DE ONDA [1]

Para una frecuencia de vibración f , le corresponde una frecuencia angular w , dada por:

(2)

$$w = 2\pi f$$

La velocidad de propagación de las ondas sonoras depende de la masa y de la elasticidad del medio. Para condiciones normales de transmisión del sonido en el aire, la velocidad de transmisión de una onda está dada por:

(3)

$$c = \sqrt{\frac{1,4 P_0}{\rho}}$$

En donde:

c = velocidad en m/s

P_o = presión atmosférica en Nw/m^2

ρ = densidad del aire en kg/m^3

$\gamma = 1.4 = C_p/C_v$

Se define como longitud de onda $[\lambda]$ a la distancia entre dos picos máximos o dos picos mínimos sucesivos de presión en una onda plana. La relación viene dada por:

(4)

$$c = \lambda f$$

(5)

$$\lambda = \frac{c}{f} = cT = \frac{2\pi c}{w} = \frac{2}{k}\pi$$

En donde k es conocido por número de onda.

Se define como desplazamiento la distancia existente entre una posición instantánea de la vibración de una partícula y la posición media del desplazamiento de la partícula. La amplitud es el desplazamiento máximo que experimenta una partícula en vibración.

En la Tabla 1 se encuentran los parámetros de las ondas sonoras de frecuencia [f], velocidad angular [w] y número de onda [k] en función a las frecuencias seleccionadas para una propagación del sonido en aire a una temperatura ambiente de 21 °C y para una velocidad de aire de 344 m/s.

TABLA 1.
PARÁMETROS DE ONDAS SONORAS [1]

f (Hz)	w (rad/seg)	λ (m)	K (m^{-1})
25	157	13,76	0,456
31,5	197	10,92	0,575
40	251	8,60	0,730
50	314	6,88	0,912
63	395	5,46	1,150
80	502	4,30	1,460
100	628	4,55	1,825
125	785	2,75	2,283
160	1.004	2,15	2,920
200	1.256	1,72	3,651
250	1.570	1,37	4,56
315	1.970	1,09	5,75
400	2.510	0,86	7,30
500	3.140	0,69	9,12
630	3.950	0,55	11,40
800	5.020	0,43	14,60
1.000	6.280	0,34	18,25
1.250	7.850	0,27	22,83
1.600	10.040	0,22	29,20
2.000	12.560	0,17	36,51
2.500	15.700	0,14	45,6
3.150	19.700	0,11	57,5
4.000	25.100	0,08	73,0
5.000	31.400	0,07	92,1
6.300	39.500	0,06	115,0
8.000	50.200	0,04	146,0
10.000	62.800	0,03	182,5
12.500	78.500	0,03	228,3
16.000	100.400	0,02	292,0
20.000	125.600	0,02	365,1

1.1.2 Propagación del sonido

Cuando dos ondas que se propagan en diferente dirección alcanzan simultáneamente un punto medio, este es sometido a una nueva vibración. En tal punto ambas ondas se propagan sin que se produzca ninguna alteración debido a su encuentro; este fenómeno es conocido como principio de la superposición sin deformación. Existe interferencia cuando coinciden dos o más ondas en la misma región del espacio.

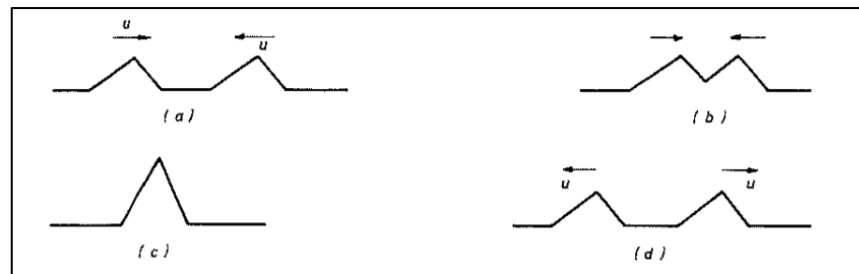


FIGURA 2. INTERFERENCIA CONSTRUCTIVA DE ONDAS [1]

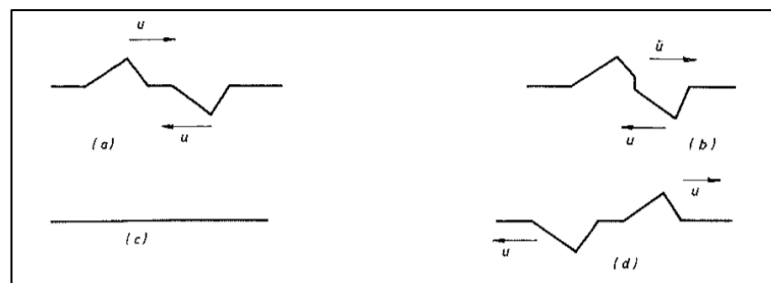


FIGURA 3. INTERFERENCIA DESTRUCTIVA DE ONDAS [1]

Cuando dos ondas idénticas se propagan en un medio en la misma dirección pero en sentido contrario forma una nueva onda de la misma longitud de las componentes con la particularidad que la sinusoide representativa parecería no desplazarse. En este caso, a la superposición de las dos ondas de origen se la conoce como onda estacionaria.

Dentro de las características de estas ondas, se encuentran los nudos que son regiones que permanecen siempre en reposo a una distancia entre sí de $\lambda/2$ y los vientres que son las perturbaciones máximas separados de los nudos a $\lambda/4$ y entre sí a $\lambda/2$.

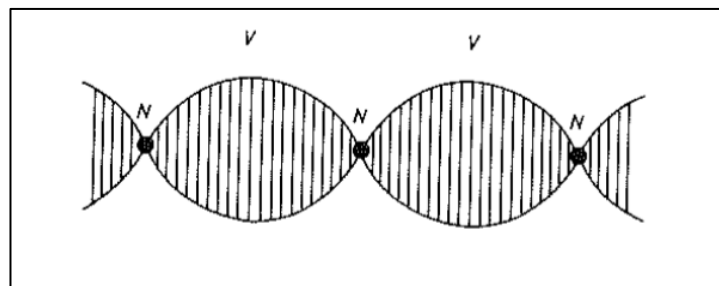


FIGURA 4. ONDAS ESTACIONARIAS [1]

Según el principio de Huygens el sonido se propaga en forma de frente de ondas esféricas y concéntricas al punto emisor. Por lo tanto, cada frente de onda está formado por un número infinito de frentes de ondas esféricas de las partículas de aire en movimiento.

Cuando un sonido que se transmite en un medio determinado choca con los objetos presentes, existe una parte de la energía que es reflejada. Esta onda reflejada adquiere la misma frecuencia y longitud de onda, pero disminuye su amplitud; lo que conlleva a disminuir su intensidad. La onda reflejada a su vez cambia a la dirección opuesta, teniendo en cuenta que el ángulo de incidencia de un rayo sonoro es igual al ángulo de reflexión del rayo reflejado. A su vez la onda reflejada adquiere una fuente sonora virtual que se encuentra detrás del objeto a la misma distancia que la fuente sonora real; considerando, de igual forma, que cada punto del objeto se vuelve en una fuente real de nueva onda secundaria.

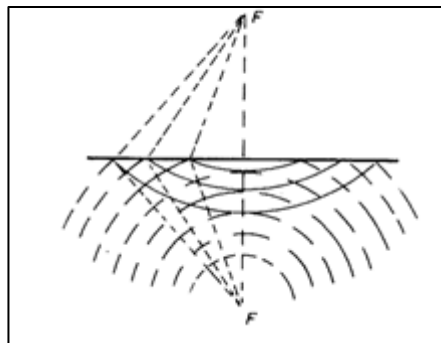


FIGURA 5. REFLEXIÓN SONORA EN SUPERFICIE PLANA

[1]

Se habla de difracción sonora cuando un frente de onda rodea un objeto; en donde los distintos frentes de ondas que interceptan con

el objeto se convierten en centros emisores envolviendo al mismo objeto creando zonas de sombras acústicas por interferencia de estas ondas.

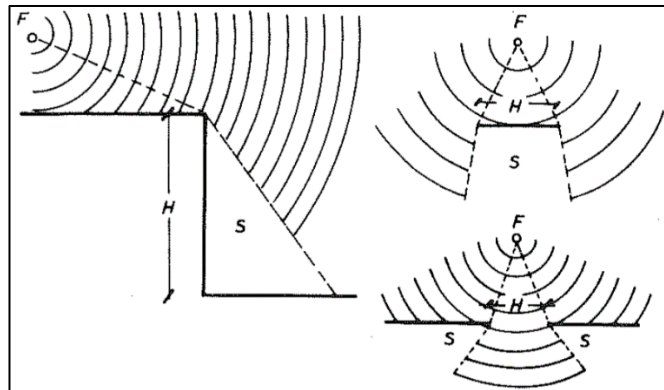


FIGURA 6. DIFRACCIÓN SONORA SOBRE DISTINTAS SUPERFICIES [1]

Cuando una onda sonora cambia de un medio a otro de distinta densidad, esta cambia de dirección; a lo que se denomina refracción, debido al cambio de velocidad que sufre la onda al cambiar de medio.

Existe el fenómeno de dispersión cuando las dimensiones de la superficie del objeto donde se refleja un sonido son muy pequeñas con relación a la magnitud de la longitud de onda; es decir, si la onda choca con una superficie más pequeña que la longitud de

onda, la onda sería dispersada por esa superficie. Esto ocurre en superficies escalonadas u onduladas.

Si dos sonidos se producen con una diferencia de tiempo igual o menor a $1/15$ de segundos, el oído humano lo recibirá como si son simultáneos, debido a que este se mantiene excitado hasta $1/15$ de segundo después de que el sonido haya cesado. Por lo tanto si el sonido reflejado tiene un retraso superior a $1/15$ de segundo con respecto al sonido original por efecto de una superficie reflectora, entonces decimos que se ha producido un eco. Lo ideal es evitar las superficies productoras de eco y de tenerlas se deberá recubrir con materiales absorbentes.

Por último, el fenómeno de la resonancia se produce cuando una onda al chocar con un objeto lo hace vibrar, teniendo como resultado al objeto como fuente sonora. Cuando el objeto tiene un periodo de oscilación propio igual al de la onda incidente se produce el fenómeno de resonancia.

1.1.3 Unidades de medida

Una de las principales unidades de medida del sonido es la presión sonora, la cual representa las variaciones de la presión atmosférica en torno a su valor de equilibrio producido cuando se propaga una onda sonora. El valor mínimo de presión sonora que una persona puede oír es de 2×10^{-5} Pa o Nw/m^2 y la presión atmosférica en condiciones normales es de 10^5 Pa.

La impedancia acústica específica de una onda sinusoidal se define como la relación existente entre la presión acústica de la onda y la velocidad de la partícula.

(6)

$$z = \frac{P}{c} = \frac{\text{Presion, Nw/m}^2}{\text{Velocidad, m/s}}$$

Para la onda acústica plana armónica, se cumple:

(7)

$$z = \frac{-\rho c w a}{-w a} = \rho c \text{ [rayls]}$$

ρc : Impedancia característica o resistencia del medio ambiente
[rayls]

TABLA 2.
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LÍQUIDOS Y GASES [2]

	Tempe- ratura °C	Densidad Kg/m ³ o	Módulo de Bulk Nw/m ² BT(×109)	Relación de calor específico	Velocidad m/seg C	Impedancia característica mks. rayls	Coefficiente de viscosidad Nw x seg/m ²
<i>Líquido</i>							
Agua pura	20	998	2,18	1,004	1,481	1,48 × 10 ⁶	0,001
Agua del mar	13	1.026	2,28	1,01	1,500	1,54 × 10 ⁶	0,001
Alcohol	20	790	—	—	1,150	0,91 × 10 ⁶	0,0012
Glicerina	20	1.260	—	—	1,980	2,5 × 10 ⁶	1,2
<i>Gas</i>							
Aire	0	1.293		1,402	336,6	428	0,000017
Aire	20	1,21		1,402	343	415	0,0000181
Oxígeno	0	1,43		1,40	317,2	453	0,00002
Vapor	100	0,6		1,324	404,8	242	0,000013

En cambio, la impedancia acústica específica cambiara de punto en punto en la difracción X, para ondas progresivas planas o estacionarias según la siguiente expresión:

(8)

$$z = \frac{P}{c} = r + ix \text{ [rayls]}$$

z: impedancia acústica

r: resistencia acústica específica

x: la reactancia acústica específica del medio para el movimiento de la onda considerada.

El decibelio expresa una proporción entre dos energías que resulta ser acústica, eléctrica o mecánica y está dado según la expresión:

(9)

$$dB = 10 \lg \frac{E}{E_0}$$

En la acústica, el decibelio se lo utiliza para referir niveles de presión, intensidad y de potencia sonora.

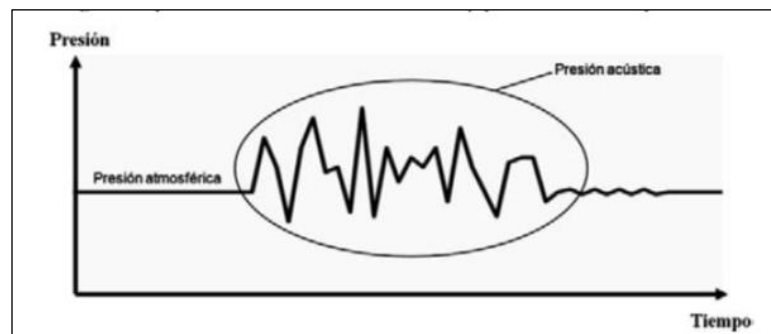


Figura 7. Representación gráfica del nivel de presión acústica, L_p . [3]

El nivel de presión acústica $[L_p]$ permite cuantificar la energía asociada al sonido, en donde las ondas sonoras provocan una variación de la presión respecto a la presión atmosférica. Se define por:

$$L_p = 10 \lg \frac{E}{E_0} = 10 \lg \frac{\frac{p^2}{\rho c} 4\pi r^2}{\frac{p_0^2}{\rho c} 4\pi r^2}$$

(10)

$$L_p = 10 \lg \left(\frac{P}{P_0} \right)^2$$

Teniendo como referencia $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa.

En donde:

L_p = Nivel de presión sonora en dB

P = Presión acústica existente en Pa

P_0 = Presión acústica de referencia

El nivel de presión acústica ponderado "A", L_{pA} , se utiliza para equiparar el posible daño en el oído en función de la distribución energética del nivel de presión sonora al que se está sometido. El oído podrá amortiguar o amplificar el sonido dependiendo de si las frecuencias predominantes son graves, medias o agudas. Se encuentra expresada mediante la siguiente forma:

(11)

$$L_{pA} = 10 \lg \left(\frac{P_A}{P_0} \right)^2$$

En donde:

P_A = Presión acústica existente en Pa con el filtro de ponderación frecuencial "A"

P_0 = Presión acústica de referencia, es decir 2×10^{-5} pascales.

De igual manera, para obtener la presión total en un punto a partir de una serie de fuentes sonoras está dado por:

$$L_{pA,Total} = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2}$$

$$\frac{P^2}{P_0^2} = \text{antilog} \left(\frac{L_{pA,n}}{10} \right) = 10^{\frac{L_{pA,n}}{10}}$$

(12)

$$L_{pA,Total} = 10 \lg \left[\sum_{n=1}^N \left(10^{\frac{L_{pA,n}}{10}} \right) \right] dB$$

Donde:

$L_{pA,n}$ = Niveles de presión acústica generados por cada fuente.

En el caso de sustracción de niveles de presión se lo determina por:

(13)

$$L_{pA,resta} = 10 \lg \left[10^{\frac{L_{pA,Total}}{10}} - 10^{\frac{L_{pA,Fondo}}{10}} \right] dB$$

Donde:

$L_{pA,Total}$ = Nivel de presión acústica total;

$L_{pA,Fondo}$ = Nivel de presión acústica de fondo.

En la práctica se utiliza un procedimiento aproximado para el cálculo de la sustracción de niveles, que está dado en la Tabla 3.

:

TABLA 3.
SUSTRACCIÓN DE NIVELES [2]

DIFERENCIA DE NIVELES	VALOR NUMÉRICO
$SPL_t - SPL_1$	B
Más de 10 dB	0 dB
6 a 9 dB	1 dB
5 a 4 dB	2 dB
3 dB	3 dB
2 dB	5 dB
1 dB	7 dB

Para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

(14)

$$L_{pA,diferencia} = L_{pA,Total} - B [dB]$$

Para obtener el valor medio de niveles de presión se lo expresa de la siguiente manera:

(15)

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \left(10^{\frac{L_{Aeq,T,n}}{10}} \right) \right] dB$$

Donde:

$L_{Aeq,T,n}$ = Nivel de presión acústica continuo equivalente

ponderado "A" obtenido en la medición n;

N = Número total de mediciones efectuadas

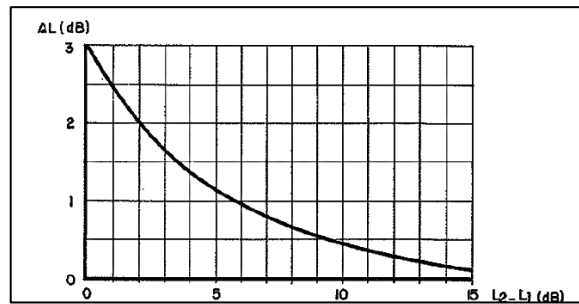


FIGURA 8. DETERMINACIÓN DE SUMA DE DOS NIVELES DE RUIDO [2]

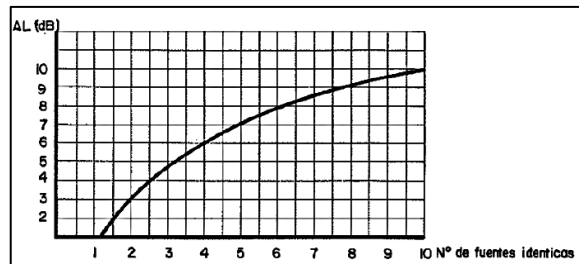


FIGURA 9. DETERMINACIÓN DE SUMA DE N NIVELES DE RUIDOS IDÉNTICOS [2]

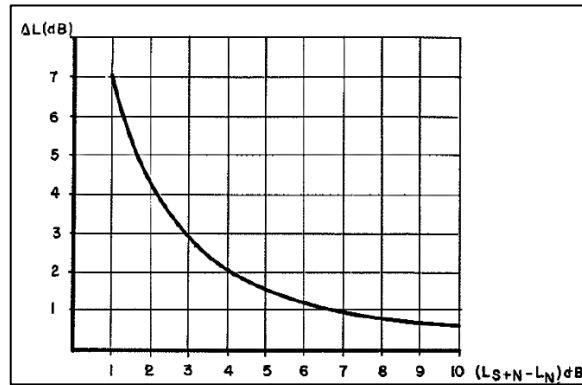


FIGURA 10.DETERMINACIÓN DE LA DIFERENCIA DE DOS NIVELES DE RUIDO [2]

1.1.4 Escala de niveles sonoros

La respuesta del oído humano es logarítmica, y por lo tanto se utilizan escalas logarítmicas para medir los niveles sonoros.

La escala más comúnmente utilizada en Acústica es la de decibelios de presión.

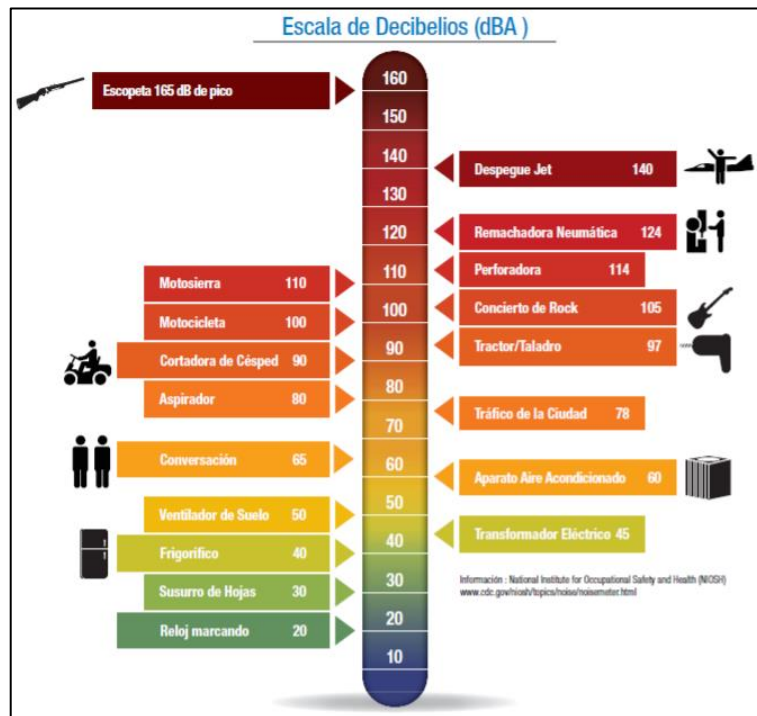


FIGURA 11. ESCALA DE NIVELES DE PRESIÓN. [3]

1.2 Ruido

El ruido se define como aquel sonido excesivo, que ha sido producido por la mezcla de ondas sonoras con distintas frecuencias y niveles de presión. Es un sonido no deseado la cual conlleva a una variación aleatoria de la presión acústica.

1.2.1 Tipos de Ruido

Se requiere analizar los tipos de ruidos para utilizar el equipo apropiado. Se puede clasificarlos de la siguiente forma:

Ruidos cuasi-continuos

Son aquellos que tienen pequeñas fluctuaciones de los niveles de presión sonora en el tiempo. Este tipo de ruido se lo puede encontrar en motores eléctricos, bombas, engranajes, etc. Para medir este tipo de ruido se lo puede realizar a través de sonómetros y deben obtenerse las medidas en dBA. Para obtener un análisis espectral, se requiere realizar un análisis en campo utilizando un analizador de frecuencia.

Ruido intermitente

Son aquellos que durante periodos variables se encuentran distintos niveles de ruido. Como por ejemplo, un compresor en el periodo de carga. Las medidas a obtener son en dBA, identificando el periodo de cada ciclo o determinando el Leq. Se requerirá analizar los espectros en bandas y tercios de octava de ambos periodos.

Ruido fluctuante de forma periódica

Este tipo de ruido se los encuentra al momento de realizar un tratamiento de alguna superficie, ya sea sandblasting, granallado, etc. El valor del ruido será medido en dBA y determinar el nivel continuo equivalente.

Ruido fluctuante no periódico

Son casos donde el ruido debe ser analizado en altos periodos de tiempo a fin de encontrar valores representativos, tales como en una sala de mecanizado, mantenimiento, el tráfico, etc. El desarrollo se encajó en este tipo de ruido por la colocación del personal. Se deberán realizar análisis espectrales, determinar el nivel continuo equivalente [Leq] y a efectuar dosimetrías a los operarios expuestos. También se puede valor los niveles percentiles [L_n]

Ruido impulsivo repetitivo

En este tipo de ruido se encontrará un nivel de ruido determinado de fondo y una serie de impulsos repetitivos a semejantes intervalos. Se puede dar como ejemplo las remachadoras, prensas automáticas, troqueladoras automáticas, etc. Se debe medir el nivel continuo equivalente [Leq], una dosimetría, valorar los niveles de ruido pico e impulso y el número de impactos en la unidad del tiempo.

Ruidos de impactos aleatorios

Se caracterizan por un ruido de fondo fluctuante y aleatoriamente unos impactos de un nivel muy superior a estos. A su vez se

deberá medir el nivel continuo equivalente, los valores pico de los impactos y la sucesión de estos en un intervalo de tiempo. Este tipo de ruido se lo encuentra en lugares donde se realicen actividades pesadas donde se puedan producir impactos fuertes ya sea por martilleo, presado, etc.

1.2.2 Fuentes emisoras

Existen varias fuentes emisoras de ruido, entre ellas se tiene las siguientes:

- Transporte:
 - Tráfico Rodado
 - Tráfico Aéreo
 - Tráfico Ferroviario
- Industria
- Construcciones de Edificios y Obras públicas
- Otras fuentes del ruido pueden ser:
 - Ruidos dentro de los edificios, ej.: Calderas, aires acondicionados, Motores, etc.
 - Ruido externo de los edificios, ej.: Recolectores de basura, mercados y locales comerciales, colegios, etc.

1.2.3 Efectos del ruido sobre la salud

El ruido puede afectar a la salud provocando efectos dañinos como la hipertensión arterial, pero fundamentalmente afectara a la salud al inducir daños en el órgano auditivo. Las alteraciones auditivas que pueden ser temporales o permanentes desencadenan:

- La fatiga auditiva, en esta no se presenta una lesión y se recupera la capacidad con descanso sonoro.
- La hipoacusia permanente, se produce por la exposición al ruido intenso y debido al tiempo que se ha estado expuesto.

El trauma acústico sonoro se produce instantáneamente por ruidos muy intensos que por su alta presión dañan al tímpano o pueden provocar fracturas o luxaciones en los huesecillos del oído medio, así como en sus articulaciones. Su síntoma principal es una sordera que aparece súbitamente y que suele ser temporal, ya que generalmente la audición se recupera de forma total.

1.2.4 Medición del Ruido

Para realizar un estudio de este fenómeno físico se requiere obtener información precisa de los sistemas y equipos de medida;

de igual manera los parámetros a medir. Para lo cual, se distinguirá tres tipos de análisis de ruidos.

Análisis espectral del sonido

Consiste en la determinación del contenido energético de un sonido en función de la frecuencia en donde se tienen definidos los siguientes parámetros a utilizar:

- Filtro: cumple la función de circuitos electrónicos que actúan separando oscilaciones sobre la base de frecuencia
- Frecuencias Nominales de Corte Superior e Inferior: son aquellas respuestas por encima y por debajo de las frecuencias de máxima respuesta de un filtro, teniendo que la respuesta de la señal sinusoidal es de 3 dB por debajo de la respuesta máxima
- Banda Pasante: margen de frecuencia entre las frecuencias de corte superior e inferior
- Filtro Pasabanda: filtro en donde su única banda pasante se extiende desde una frecuencia de corte inferior y una superior por encima.

- Anchura de Banda Nominal: diferencia entre dos frecuencias de corte. Se lo expresa de la siguiente manera:

(16)

$$\text{Anchura \%} = \frac{A_f}{f_c} \times 100$$

A_f = Anchura de la banda [Hz]

f_c = Frecuencia central [Hz]

- Anchura de Banda Constante: cuando las diferencias de corte son iguales en distintas bandas.
- Anchura de Banda Profesional: cuando el ancho de banda es proporcional a la frecuencia. En donde se encuentran las siguientes:
 - Banda de Octava: cuando el extremo superior es el doble del extremo inferior en el intervalo de frecuencias.

(17)

$$\frac{f_2}{f_1} = 2$$

Su frecuencia central está definida por su medida geométrica

(18)

$$f_c = \sqrt{f_1 \times f_2}$$

- Tercio de Octava: es cuando una octava queda dividida en tres intervalos y en donde sus frecuencias de corte superior e inferior quedan relacionadas por:

(19)

$$\frac{f_2}{f_1} = \sqrt[3]{2}$$

- Su frecuencia central está definida por su medida geométrica

(20)

$$f_c = \sqrt{f_1 \times f_2}$$

Medida y análisis del ruido ambiental

Una las principales características del ruido ambiental es su aleatoriedad en el tiempo para lo cual se utilizan diferentes medios de valoración, tales como la valoración de la sonoridad, la

evaluación del contenido energético, la determinación de la variación temporal del ruido y los parámetros descriptores del ruido.

Valoración de la sonoridad

Se busca cuantificar la medida de los niveles de presión sonora de un sonido. Se lo representa de forma objetiva a través del valor eficaz del nivel de presión sonora [dB] y de forma subjetiva a través de los niveles de presión acústica corregidos mediante filtros de frecuencia que disminuyen o amplifica los niveles de sonido prefijados a una frecuencia determinada, integrando el valor global considerándolo como una suma de fuentes múltiples.

TABLA 4.
RESPUESTAS NORMALIZADAS DE FILTROS DE
FRECUENCIAS [3]

Frecuencias (Hz)	Valores prácticos de la respuesta relativa			Valor Teórico Escala A
	A < 55 dB	B 55-85 dB	C > 85 dB	
31.5	-39	-17	-3	-39.4
63	-26	-9	-1	-26.2
125	-16	-4	0	-16.2
250	-9	-1	0	-8.7
500	-3	0	0	-3.3
1000	0	0	0	0
2000	+1	0	0	+1.2
4000	+1	-1	-1	+1.0
8000	-1	-3	-3	-1.1

Las medidas de sonoridad realizadas con equipos adecuados utilizando escalas A, B, C o D se expresaran en dBA, dBB, dBC y dBD respectivamente.

Evaluación del contenido energético

Se utiliza para valorar las molestias y comparar diferentes fuentes de sonido. Los parámetros más utilizados para definir el contenido energético de un ruido en el tiempo son:

- Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente Ponderado "A": mide la cantidad de energía fluctuante de un sonido; es decir, el nivel de presión sonora que tendría un sonido en régimen permanente. Se lo expresa de la siguiente manera:

(21)

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \left[\int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P_A(t)}{P_0} \right)^2 dt \right] dB$$

$L_{Aeq,T}$ = Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A";

T = Tiempo de exposición al ruido, en horas/día;

$P_A(t)$ = Presion acústica instantánea en pascales con el filtro de ponderación "A";

$P_0 =$ Presión acústica de referencia $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$

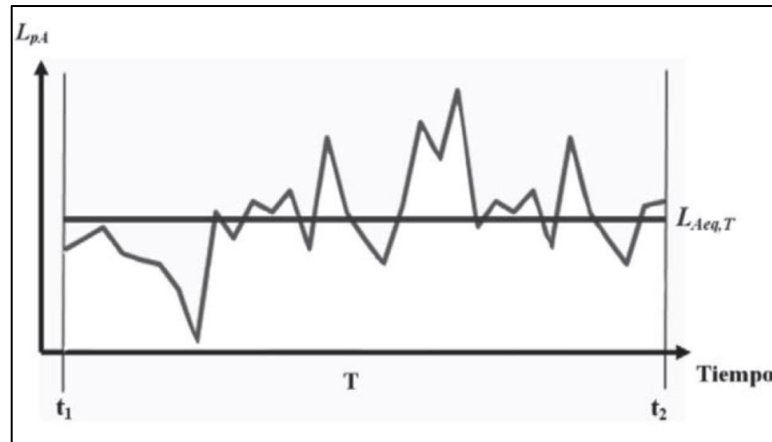


FIGURA 12. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA CONTINUO EQUIVALENTE PONDERADO "A", $L_{Aeq,T}$ [3]

- Nivel de Exposición Diario Equivalente ($L_{Aeq,d}$): se define como el nivel de sonido constante en un segundo que tiene la misma energía que el ruido considerado en el día. Se lo aplica para realizar la comparación de ruidos de tipo transitorio valorando su magnitud y también para valorar el nivel de presión sonora continuo equivalente ($L_{Aeq,T}$) diario, conociéndose cada uno de los niveles de exposición sonora ($L_{Aeq,d}$) de los diferentes sucesos.

(22)

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \left(\frac{T}{8} \right)$$

Donde:

$L_{Aeq,T}$ = Nivel de presión acústica equivalente ponderado

“A”;

T = Tiempo de exposición al ruido, en horas/día.

Para definir el nivel de exposición diario equivalente, ($L_{Aeq,d}$), a partir de varios niveles de presión sonora y sus tiempos de exposición:

(23)

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{n=1}^N T_n 10^{L_{Aeq,T,n}/10}$$

T_n = Tiempo de exposición a cada tarea, en horas/día;

$L_{Aeq,T,n}$ = Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado “A” correspondiente a cada tarea.

- Nivel de pico (L_{pico}): nivel máximo de la presión acústica instantánea a la que está expuesto un trabajador. Se convierten en decibeles mediante la siguiente expresión:

(24)

$$L_{pico} = 10 \log \left(\frac{P_{pico}}{P_0} \right)^2$$

Donde:

P_{pico} = Valor máximo de presión acústica instantánea (Pa)

con el filtro de ponderación "C";

P_0 = Presión de referencia, 2×10^{-5} Pa

Análisis y valoración del ruido ocupacional

En el ambiente laboral se evalúan parámetros ya definidos como los niveles de presión sonora lineal y ponderado A, los niveles continuos equivalentes de exposición. Cuando existen ruidos por impacto se deberá valorar también el número de impactos en la unidad de tiempo, el valor pico del nivel de presión sonora del impacto en dB. La valoración más frecuente en realizar en el ambiente ocupacional son las dosimetrías, que consisten en una evaluación de exposición a distintos niveles de ruido en un tiempo predeterminado según una ley o norma de valoración. El valor obtenido representa un valor porcentual respecto a la máxima dosis permitida (100%).

1.2.5 Instrumentos de medida acústica

A continuación se describirá cada uno de los equipos elementales para la medida de sonidos.

Sonómetro

Este instrumento mide el nivel global de presión sonora de un ruido si la intensidad del mismo es constante en el tiempo y su frecuencia es lineal. Su resultado es expresado en decibelios, con referencia a 0.0002 microbars. Según el tipo del instrumento se puede introducir una o varias escalas de ponderación de frecuencias del sonido en medición. Se encuentran normalizados por la Norma IEC 651 que clasifican los sonómetros en clases 0, 1, 2 y 3 según su grado de precisión y para sonómetros integradores existe la Norma IEC 804.

El sonómetro está conformado por los siguientes componentes:

- El micrófono, componente principal, el cual convierte las variaciones de presión del aire en una tensión proporcional a estas. La sensibilidad, respuesta de frecuencia, directividad, distorsión y ruido de fondo son parámetros que indican la calidad del micrófono por ende del sonómetro.
- El preamplificador quien transforma la alta impedancia en baja.
- Luego de ser amplificada la señal, se transmite por filtros ya sea de frecuencia A, B, C, D o de Análisis Espectral.

- Después, pasa por el rectificador para obtener una señal C.C. proporcional a los valores eficaces (RMS), según el periodo de tiempo preseleccionado.
- Finalmente a través por un conmutador Lin/Log para terminar en el indicador que arroja un resultado en decibelios ya sea de forma análoga o digital.

Filtros acústicos

Los filtros acústicos sirven para eliminar de la señal todos los componentes cuyas frecuencias estén fuera del margen fijado por el filtro. De tal manera que se puede medir el espectro de frecuencias de un ruido. Esto sirve para seleccionar el material a utilizar en un aislamiento o protección personal. A su vez se encuentran normalizados en las normas IEC-225 y la ANSI-S1.11-1966; las cuales definen las características de filtros de ancho de banda proporcional.

Registadores gráficos

Existen dos tipos para las medidas acústicas los alimentados por señal alterna que toman la señal del sonómetro inmediatamente antes del rectificador y los alimentados por señal continua toma la señal del sonómetro una vez rectificadas y promediadas. El

registrador gráfico tiene un circuito operacional que obtiene el logaritmo de la señal y su margen dinámico es mayor a 10 dB de la aguja del sonómetro. Este permite tener un registro del nivel sonoro en función del tiempo. Este instrumento es de gran ayuda cuando el ruido a analizar no es constante, ya que a través de él se puede obtener la distribución estadística del ruido y su valor medio.

Magnetófonos

Este instrumento toma la señal alterna del sonómetro para grabar un ruido en cinta magnética para ser reproducido después en un laboratorio. Este instrumento debe tener un margen superior al sonómetro y una distorsión y ruido de fondo menores

Osciloscopios

Al conectarse al sonómetro permite representar la onda sonora a través de una pantalla de rayos catódicos indicando el valor eficaz en función del tiempo. Gracias a la visualización de la onda en el osciloscopio se puede estudiar de forma cualitativa las modificaciones de la onda al introducir en el circuito de medida de filtros, promediadores, filtros de ponderación, etc.

Analizadores de distribución estadística

Estos equipos permiten calcular los niveles percentiles, las curvas de distribución acumuladas y la distribución de probabilidad obteniendo de forma rápida la distribución estadística en el tiempo de los niveles de ruido.

Dosímetros

Estos equipos evalúan una exposición a distintos niveles de ruidos durante el tiempo según una predeterminada ley de valoración, la cual es porcentual con respecto a la dosis máxima permitida del 100%. Consta del monitor que realiza el almacenamiento de la energía de acuerdo a una predeterminada ley y el indicador que indica la lectura tomada. Estos equipos transforman el porcentaje obtenido en el nivel continuo equivalente en dBA.

Analizadores de frecuencia en tiempo real.

Estos equipos determinan el espectro de los valores eficaces de energía de la señal de entrada en dB en una gama de frecuencia preseleccionada. Permiten realizar análisis de frecuencia en tiempo real de los datos continuos o transitorios que provienen de fuentes acústicas, de vibración o de otro tipo.

CAPÍTULO 2

2. DETERMINACION DE LA EXPOSICION LABORAL AL RUIDO

Se ha propuesto determinar la exposición real al ruido en un área considerada crítica por el excesivo nivel de ruido. Se aplicara un método que consiste en varias etapas que permitirá determinar la exposición laboral al ruido en dicha área. El método está conformado por las siguientes etapas:



FIGURA 13. FLUJO PARA DETERMINAR LA EXPOSICION LABORAL DEL RUIDO.

Fuente: Autor

2.1 Análisis de las condiciones de trabajo

Una industria de artes gráficas cuenta con una infraestructura ideal para una producción continua de alta calidad. Para este estudio se ha seleccionado un área de la empresa para la producción continua de sobres. Esta área denominada “Pegadoras de Sobres”, en un

área total de 120 m², cumple con dos procesos para la obtención del producto de sobres conformados.

La materia prima que ingresa en esta área de producción son hojas impresas en su mayoría de papel bond de 90 gramos en un formato de 35.00 cm de largo por 29.00 cm de ancho. El primer proceso a realizar en esta área es el de troquelar en grupos de 200 hojas aproximadamente el contorno del sobre a través de prensas hidráulicas con troqueles de hierro forjado según el formato del sobre. En el siguiente proceso las hojas, previamente troqueladas, son ingresadas a las máquinas pegadoras de sobres. El área dispone de tres máquinas pegadoras de sobres que producen en paralelo de la siguiente forma:

- En el grafado de sobre es donde se realiza el troquelado de la ventana, espacio del sobre donde se puede observar el membrete de la hoja insertada.
- La siguiente etapa es el engomado de la hoja en los puntos donde posteriormente va a ser plegado.
- Por consiguiente la máquina dobla los lados de la hoja formando el sobre.

- Finalmente, le coloca goma en frio en el contorno de la ventana y aplica el celuvit que es el cobertor plástico en la ventana.

El último proceso dentro del área es el de inspeccionar la calidad del producto y almacenar en cajas los sobres para enviar al área de personalización.

Para este proceso de producción se requiere de 18 trabajadores que se dividen en dos turnos rotativos de 10 horas laborales diarias con un receso de media hora para el almuerzo/merienda respectivamente.

A continuación se detalla en la Tabla 5:

TABLA 5.
CONFORMACION DE EQUIPO DE TRABAJO EN AREA DE
PEGADORAS DE SOBRES

MAQUINA	VELOCIDAD STANDARD PROMEDIO [TIROS/HORA]	FORMATO [CM]		MATERIAL STANDARD [GR]	PERSONAL POR TURNO 10 HORAS		NUMERO DE TURNOS	TOTAL
		MAXIMO	MINIMO		OPERADOR	AYUDANTE		
WD-327 I	5000	29.00 X 35.00	24.00 X 30.00	90 - 115	1	1	2	4
WD-327 II	5000	29.00 X 35.00	24.00 X 30.00	90 - 115	1	1	2	4
SC-246	4000	29.00 X 33.80	24.00 X 30.00	90 - 115	1	1	2	4
WQY-800	8000	29.00 X 35.00	-	90 - 115	1	0	2	2
TSC-3350	9000	29.00 X 35.00	-	90 - 115	1	0	2	2
SUPERVISOR					1		2	2
TOTAL DE PERSONAL EN PEGADORAS DE SOBRES								18

Fuente: Autor

Se identifica en el área que el personal está expuesto a un nivel de ruido susceptible, en donde claramente se evidencia que sobrepasa los límites permisibles según el decreto ejecutivo 2393 que establece que para el caso de un ruido continuo los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro A en posición lenta para un tiempo de exposición igual a 8 horas, es de 85 dBA-lento.

2.2 Selección de la estrategia de medición

Se considera que los trabajadores en el área de pegadoras de sobres tienen un patrón de trabajo definido con algunas tareas; ya que operan maquinarias complejas que realizan varios procesos

dentro de su funcionamiento en un área de trabajo por maquina superior a los 11 m². Por consiguiente se define como puesto móvil el patrón de trabajo de la mayoría de los trabajadores; en donde según la Nota Técnica de Prevención 951 basada en la norma UNE EN ISO 9612:2009, menciona que la estrategia de medición recomendada para este caso es aquella basada en la jornada completa.

TABLA 6.
SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MEDICION SEGÚN EL
PATRON DE TRABAJO

PATRÓN DE TRABAJO		ESTRATEGIA DE MEDICIÓN		
		Basada en la tarea	Basada en el puesto de trabajo (función)	Basada en la jornada completa
Puesto fijo	Tarea sencilla o única operación	RECOMENDADA	-	-
Puesto fijo	Tarea compleja o varias operaciones	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Patrón de trabajo definido y con pocas tareas	RECOMENDADA	APLICABLE	APLICABLE
Puesto móvil	Trabajo definido con muchas tareas o con un patrón de trabajo complejo	APLICABLE	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto móvil	Patrón de trabajo impredecible	-	APLICABLE	RECOMENDADA
Puesto fijo o móvil	Tarea compuesta de muchas operaciones cuya duración es impredecible	-	RECOMENDADA	APLICABLE
Puesto fijo o móvil	Sin tareas asignadas, trabajo con unos objetivos a conseguir	-	RECOMENDADA	APLICABLE

FUENTE: INSHT NTP#951

2.3 Plan de Mediciones

Se realizaron 3 mediciones de jornada completa en un punto referencial para cada uno de los trabajadores durante 3 diferentes

jornadas laborales. Se instaló un sonómetro configurado con un filtro de ponderación de frecuencia “A” y respuesta “LENTA” que estuvo funcionando durante las 10:00 hasta las 18:00. El micrófono estuvo ubicado en medio de las maquinas WD-327 I, WD-327 II y SC-246. Cabe mencionar que el equipo estuvo activo durante la media hora de almuerzo de los trabajadores entre las 12:30 y 13:00. Por lo tanto el tiempo efectivo de la jornada es de 9 h 30 min. La duración de medición fue ligeramente inferior a la duración del turno de trabajo completo, sin embargo se estima que las mediciones tuvieron la duración suficiente para cubrir todos los periodos significativos de la exposición del ruido. Las tres mediciones iniciales fueron satisfactorias ya que cumplieron con lo expuesto por la norma ISO 9612; en donde indica que los resultados que difieran en 3 o más dB deberá realizarse por lo menos 3 mediciones adicionales.

Los resultados de las tres mediciones se muestran en la Tabla 7

TABLA 7.
RESULTADO DE LAS MEDICIONES

MEDICION/DIA	NIVEL DE PRESION SONORA CONTINUO EQUIVALENTE $L_{p,A,eqT,n}$ dB	DURACION DE MEDICION t
1/1	99.15	8 h
1/2	99.82	8 h
1/3	98.56	8 h

Fuente: Autor

Cálculo del nivel de exposición diario equivalente y su
incertidumbre

Se obtiene el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado "A" para la duración efectiva de la jornada laboral de la siguiente forma:

$$L_{p,A,eqTe} = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum 10^{L_{p,A,eqT,n}/10} \right)$$

$$L_{p,A,eqTe} = 10 \log \left[\frac{1}{3} (10^{99.15/10} + 10^{99.82/10} + 10^{98.56/10}) \right]$$

$$L_{p,A,eqTe} = 99.20 \text{ dBA}$$

Por consiguiente se promedia a 8 horas para conocer el nivel de exposición sonora diario equivalente:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \log \frac{T_e}{T_0}$$

$$L_{EX,8h} = 99.20 + 10 \log \frac{9.5}{8}$$

$$L_{EX,8h} = 100 \text{ dBA}$$

Para la estrategia de medición de la jornada completa, la incertidumbre expandida, U , se determina siguiendo los procedimientos de acuerdo a la norma ISO 9612:2009. En donde, la incertidumbre estándar, u_1 , del valor de energía promediada $L_{p,A,eqT}$, esta dada por:

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \left[\sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT})^2 \right]}$$

u_1

$$= \sqrt{\frac{1}{(3-1)} [(99.15 - 99.18)^2 + (99.82 - 99.18)^2 + (98.56 - 99.18)^2]}$$

$$u_1 = 0.63$$

La contribución a la incertidumbre, $c_1 u_1$, para $N = 3$ y $u_1 = 0.63$ esta dado por la siguiente tabla:

TABLA 8.
VALORES EN dB DEL FACTOR c_1u_1

N	Incertidumbre estándar u_1											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1,0	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

Fuente: Norma ISO 9612:2009

Obteniendo el resultado de la siguiente forma:

$$\frac{1.0 - 0.5}{1.6 - 0.6} = \frac{1.0 - 0.63}{1.6 - x}$$

$$c_1u_1 = 0.82$$

La incertidumbre estándar debida a la instrumentación, $u_{2,m}$, donde dado que el instrumento utilizado fue un sonómetro de clase 1, como se especifica en la norma IEC 61672-1:2002 es:

$$u_{2,m} = 0.7 \text{ dB}$$

La incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono, u_3 , es:

$$u_3 = 1.0 \text{ dB}$$

Los coeficientes de sensibilidad debidos respectivamente, al instrumento empleado y a la posición del micrófono son $c_2 = c_3 = 1$.

La incertidumbre combinada estándar del resultado, se calcula de la siguiente forma:

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2)$$

$$u^2(L_{EX,8h}) = 0.82^2 + 0.70^2 + 1.00^2 = 5.6216$$

$$u(L_{EX,8h}) = 1.5 \text{ dB}$$

Se determina como la incertidumbre expandida del resultado a

$$U(L_{EX,8h}) = 1.65 * u$$

$$U(L_{EX,8h}) = 1.65 * 1.50$$

$$U(L_{EX,8h}) = 2.4 \text{ dB}$$

2.4 Comparación de los resultados obtenidos con los valores de referencia

Los trabajadores del área de pegadoras de sobres están sometidos a un nivel diario de exposición al ruido ponderado A, de 100 dB, con la incertidumbre expandida asociada de 2,4 dB.

Según el decreto ejecutivo 2393 sobre el reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo del IESS, el tiempo de exposición permitido por jornada es de 1 hora para el nivel diario de exposición al ruido que se obtuvo (100 dBA).

Se requiere emplear una acción correctiva debido a que los valores de exposición laboral diarios sobrepasan los 85 dBA para una jornada laboral de 8 horas como lo establece la legislación ecuatoriana.

2.5 Selección de procedimiento técnico de control

Se requiere elaborar un procedimiento técnico de control en donde se consideren los siguientes parámetros:

- Realizar una evaluación higiénica anual.
- Realizar capacitaciones al personal y entregar información oportuna sobre la salud ocupacional.
- Realizar una vigilancia de la salud efectuando un control audiométrico preventivo en periodos anuales como mínimo.
- Entrega y uso obligatorios de equipos de protección auditiva.
- Elaborar la señalización de la obligatoriedad del uso de protectores auditivos en áreas críticas expuestas al ruido laboral.
- Diseñar un plan de medidas técnicas para reducir la exposición hasta niveles aceptables.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO DE CABINA INSONORIZADA

Por consecuencia de los resultados obtenidos en el análisis de la exposición laboral al ruido en el área de Pegadoras de Sobres realizado en el capítulo anterior. Se considera encontrar una solución eficiente que mejore la salud ocupacional de los trabajadores del área a corto plazo, para así incrementar su rendimiento en la producción en un ambiente laboral más ergonómico. Para lo cual se requiere establecer un sistema efectivo para la reducción del ruido. En donde se analizara las posibilidades de reducir el ruido en su origen, en su trayectoria y en los receptores. En este capítulo se determinara el método a utilizar para reducir el ruido en su trayectoria.

3.1 Análisis de forma

Se puede identificar que en el área de Pegadoras de Sobres, es evidente que el principal agente contaminante de ruido son las

bombas al vacío de las 3 máquinas pegadoras de sobres. A continuación se detallan las bombas al vacío dentro del área:

TABLA 9.
PRINCIPALES FUENTES DE RUIDO

MAQUINA	FUENTE DE RUIDO EXISTENTE	TIPO DE RUIDO	NIVEL DE PRESION SONORA TEORICO ($SPL_{teorico}$)
WD-327 I	BOMBA AL VACIO VTLF-250SK	CUASI-CONTINUO	79 - 81 dB(A) - 60 HZ
	BOMBA AL VACIO VTLF-250SK	CUASI-CONTINUO	79 - 81 dB(A) - 60 HZ
WD-327 II	BOMBA AL VACIO VTLF-500SK	CUASI-CONTINUO	80 - 83 dB(A) - 60 HZ
SC-246	BOMBA AL VACIO VTLF-500SK	CUASI-CONTINUO	80 - 83 dB(A) - 60 HZ

Fuente: Autor

En la Figura 14 se encuentra el esquema de la situación inicial en donde están ubicadas las bombas al vacío que son identificadas como principales fuentes de ruido en el área de pegadoras de.

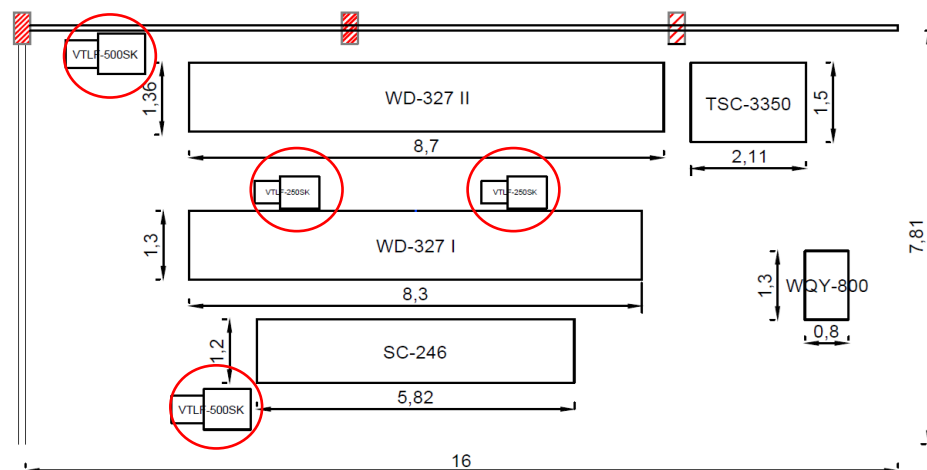


FIGURA 14. UBICACIÓN INICIAL DE LAS FUENTES DE RUIDO.

Fuente: Autor

A continuación se proporciona datos específicos de las bombas de vacío en mención:

TABLA 10.
DATOS DE BOMBAS DE VACIO

DATOS	TIPO DE BOMBA	
	VTLF 250 SK	VTLF 500 SK
CAUDAL (m ³ /h)	300	600
POTENCIA (HP)	10	24
VELOCIDAD (RPM)	1150	1150
PRESION AL VACIO (mbar) abs	200	250
PESO (Kg)	340	500
DIAMETRO DE ENTRADA (plg)	2"	4"

Fuente: Ficha Técnica De Fabricante Becker (Anexo)

Se considera implementar una cabina insonorizante para minimizar el ruido generado por las bombas al vacío, en donde se buscara agruparlas de la manera adecuada para cubrirlas de forma total y así poder intervenir sobre la transmisión área del ruido en todas sus direcciones. En la Figura 15 se identifica el espacio en donde se ubicara la cabina insonorizada.

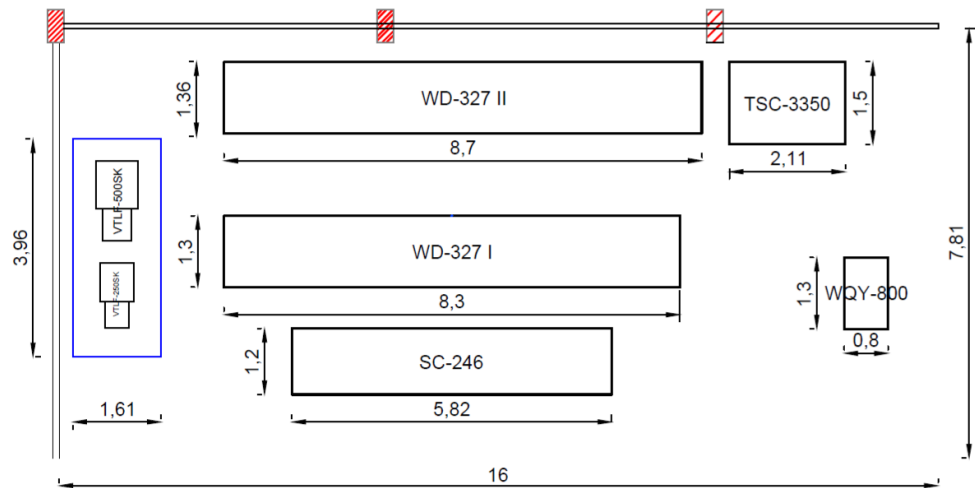


FIGURA 15. UBICACIÓN DE CABINA INSONORIZADA.

Fuente: Autor

3.2 Selección de materiales

Para efectuar el control del ruido laboral a través de la cabina insonorizada se seleccionará el material idóneo para contrarrestar el ruido generado por las fuentes. Se tiene como principio implementar paredes dobles de planchas metálicas en donde en su interior se considere un elemento absorbente que tiene como efecto el desacoplamiento de ambas planchas metálicas y la absorción de energía acústica que se transmite de la plancha excitada por la vibración sonora, hacia la plancha fija exterior.

Se propone construir una cabina insonorizante en donde sus caras o lados estén constituidas en su interior por un material que sirva

como resonador agrupado en donde se incluirá un absorbente interno.

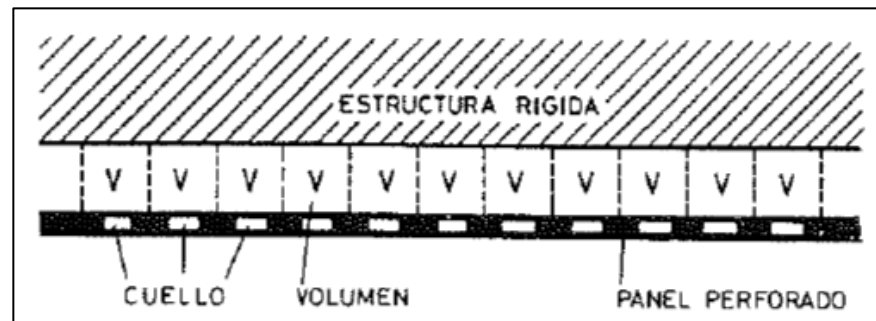


FIGURA 16. PANEL PERFORADO COMO ABSORBEDOR [1]

Lo cual consiste en que la plancha metálica que se utilizara en el interior de la cabina insonorizante sea microperforada situada a una distancia de la pared rígida o plancha metálica externa de la cabina, igual al espesor del elemento absorbente. Al utilizar la plancha metálica perforada delgada se reduce la absorción de frecuencias altas en proporción inversa al porcentaje de área perforada difundiendo el sonido no absorbido al elemento absorbente poroso.

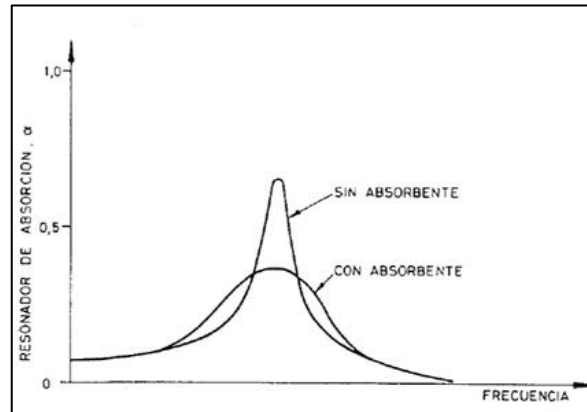


FIGURA 17. VARIACIÓN DEL COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE UN RESONADOR CON Y SIN ABSORBENTE. [1]

Según el análisis de exposición de ruido efectuado se obtuvo los siguientes resultados:

**TABLA 11.
RESUMEN TÉCNICO DE RESULTADOS OBTENIDOS VALOR DE NIVEL DE EMISIÓN DE RUIDO DE LA FUENTE FIJA**

ANÁLISIS PUESTO DE TRABAJO	NPS _{eq} dB (A)	Incertidumbre ±dB(A) e =2	Tiempo Máximo de Exposición	DOSSIS a 8 horas	Lím. Máximo 8 horas dB (A)	NIVEL DE FRECUENCIA										Evaluación
						31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz	16 KHz	
P1. Pegadora de Sobres	99.1	±5	1.18 h.	6.7	85	38.0	54.9	62.9	77.5	83.2	86.0	94.2	95.8	90.5	76.3	NO CUMPLE

Fuente: Ipsomary – Informe de ensayo ruido laboral 15-013 (Anexo)

Según los resultados obtenidos en la Tabla 11, se considera que el material poroso a elegir deberá tener una capacidad de absorción mayor en las frecuencias medias y altas para atenuar el nivel de presión acústica. Para lo cual la Tabla 12 indica:

TABLA 12.
COEFICIENTES DE ABSORCION PARA PANELES PERFORADOS

COEFICIENTES DE ABSORCIÓN		ABERTURAS							Pag 1		
MATERIAL		DESCRIPCION	mm	dens	125	250	500	1000	2000	4000	NRC
PANEL PERFORADO	252	Panel perforado 5% sobre manto poroso 50mm	53		0.20	0.40	0.75	0.60	0.40	0.30	0.54
	253	Panel perforado 5% sobre planchas poroso 50mm	53		0.25	0.45	0.75	0.60	0.40	0.30	0.55
	254	Panel perforado +20% sobre manto poroso 50mm	53		0.20	0.35	0.65	0.80	0.90	0.90	0.67
	255	Panel perforado 10% sobre manto poroso 50mm	53		0.20	0.35	0.65	0.85	0.85	0.75	0.67
	256	Panel perforado 10% sobre planchas poroso 50mm	53		0.25	0.40	0.75	0.85	0.80	0.75	0.70
	257	Malla perforado +30% sobre manto poroso 50mm	76		0.35	0.70	0.90	0.90	0.95	0.90	0.86

Fuente: Tablas de Absorción – Universidad de Valencia (Anexo)

Los materiales idóneos a seleccionar son la malla perforada con un porcentaje de área abierta mayor al 30% que se encuentre sobre un manto poroso de 50 mm. Este tipo de materiales tienen un coeficiente de absorción sobre 0.90 para frecuencias intermedias y altas; siendo 1 el valor de absorción total de un material. Se estima que el material a utilizar disminuirá en un 14% el nivel de presión sonora que ejercen las bombas al vacío como fuentes de ruido principal en el área de pegadoras de sobres. En la figura 18, se comparan los niveles de

presión sonora en los diferentes niveles de frecuencia entre la situación inicial y la implementación de la cabina insonorizada.

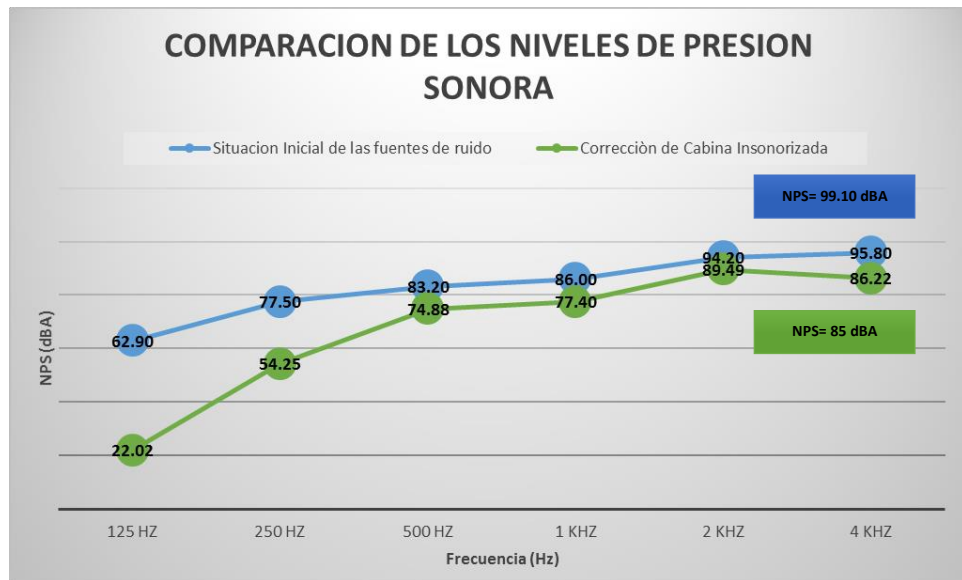


FIGURA 18. COMPARACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA.

Fuente: Autor

En el mercado local se consiguió los siguientes materiales para la construcción de la cabina insonorizante cumpliendo satisfactoriamente con los materiales indicados:

TABLA 13.
SELECCIÓN DE MATERIALES

SECCION	MATERIAL	CARACTERISTICAS
PARED RIGIDA	PLANCHA METALICA 1/20"	LARGO= 1,22 m ANCHO= 2,44 m ESPESOR= 1/20 plgs.
RESONADOR	PLANCHA METALICA MICROPERFORADA	LARGO= 1,00 m ANCHO= 2,00 m ESPESOR= 0.4 mm DIAMETRO PERFORACIONES= 5 mm PORCENTAJE AREA ABIERTA= 35.4%
ELEMENTO ABSORBENTE	LANA DE VIDRIO	LARGO= 1,22 m ANCHO= 2,54 m ESPESOR= 1,50 plgs.
ESTRUCTURA	TUBOS RECTANGULARES	LARGO= 6 m ALTO= 80 mm ANCHO= 40 mm ESPESOR= 2 mm
PUERTAS	TUBOS RECTANGULARES	LARGO= 6 m ALTO= 1 plg ANCHO= 1 plg ESPESOR= 2 mm
BASE DE BOMBAS	PLANCHA CORRUGADA	LARGO= 1,22 m ANCHO= 2,44 m ESPESOR= 2 mm
ESTRUCTURA DE BASE DE BOMBAS	PERFIL UPN	LARGO= 6 m ALTO= 80 mm ANCHO= 45 mm ESPESOR= 6 mm
TECHO	EXTRACTORES DE AIRE 110 VAC 80 WATTIOS	HELICES DE ALUMINIO LARGO= 45 cm ANCHO= 45 cm

Fuente: Autor

3.3 Dimensionamiento de cabina insonorizada

Una vez identificado los materiales idóneos a utilizar en la cabina insonorizada. Se analizará las dimensiones mínimas según el espacio disponible en el área de pegadoras de sobres.

Se deben considerar los siguientes parámetros de acuerdo al manual del fabricante de las bombas al vacío del modelo VTLF 250SK y VTLF 500SK que se encuentra en el Anexo:

- Las bombas al vacío deberán ser ubicadas en un espacio en donde existan al menos 400 mm disponibles en su contorno.
- Cuando las bombas VTLF 250 SK se encuentran a una distancia de entre los 3 y 10 metros se recomienda utilizar acoples y mangueras de 3 pulgadas para su correcto funcionamiento.
- Cuando las bombas VTLF 500 SK se encuentran a una distancia de entre los 3 y 10 metros se recomienda utilizar acoples y mangueras de 4 pulgadas para su correcto funcionamiento.

A continuación se proporciona dimensiones de las bombas de vacío en mención:

TABLA 14.
DIMENSIONES DE BOMBAS DE VACÍO

DATOS	TIPO DE BOMBA	
	VTLF 250 SK	VTLF 500 SK
LARGO (mm)	1192	1451
ANCHO (mm)	612	766
ALTO (mm)	493.5	660

Fuente: Ficha Técnica De Fabricante Becker

Se identifica dentro del área un espacio adecuado para ubicar las bombas de vacío de tal forma que no interfiera en el proceso de producción manteniendo el funcionamiento óptimo de las bombas sin perder las propiedades del aire a suministrar en presión y caudal. Se considera ubicarlas en un área en donde cada una de las bombas se encuentre aproximadamente a 9 metros de distancia de la conexión a cada máquina; teniendo en cuenta que el fabricante de bombas recomienda que las bombas se encuentren a una distancia máxima de 10 metros.

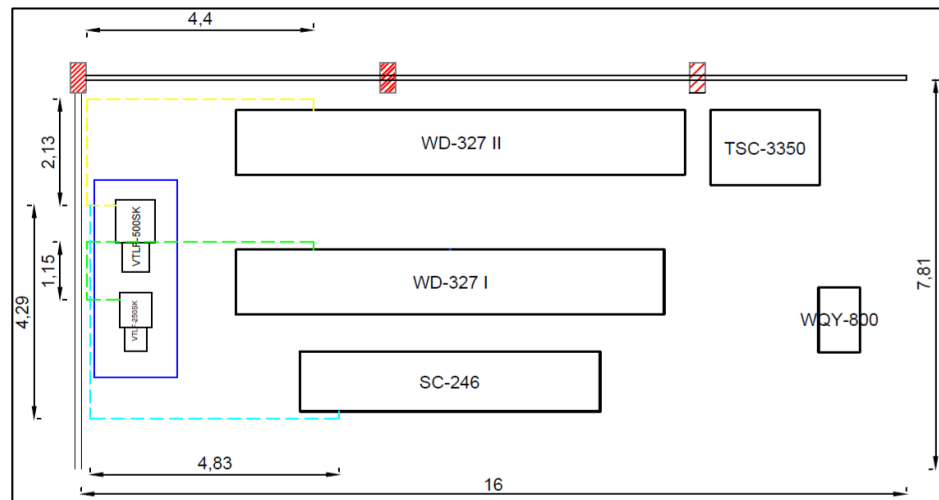


Figura 19. Distancias entre bombas y conexiones de aire de máquinas.

Fuente: Autor

A su vez, se considera agrupar las bombas según sus dimensiones. Teniendo como resultado dos secciones de dos niveles cada uno dentro de la cabina insonorizante. En donde cada sección tendrá un modelo de bomba para de esa forma optimizar el espacio a utilizar en el área de pegadoras de sobres.

Por lo tanto, la cabina insonorizante deberá tener las siguientes dimensiones:

TABLA 15.
DIMENSIONAMIENTO DE CABINA INSONORIZANTE INTERNA

DATOS	CABINA INSONORIZANTE
LARGO (mm)	3800
ANCHO (mm)	1500
ALTO (mm)	2000

Fuente: Autor

3.4 Diseño de cabina insonorizada

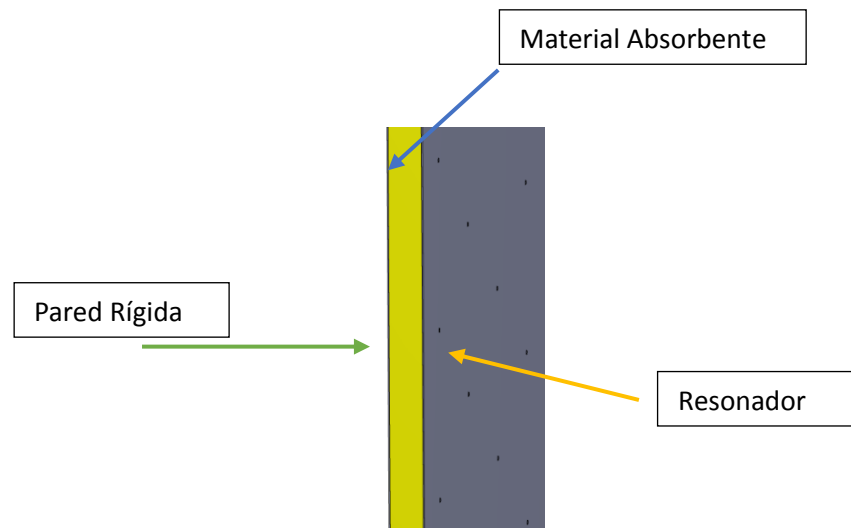
Para el diseño de la cabina insonorizada se tomó en consideración los parámetros antes mencionados para establecer las dimensiones mínimas de la cabina insonorizante. La cual estará conformada por dos secciones; en la sección A estarán ubicadas las dos bombas VTLF 250SK de la maquina Winkler I y en la sección B se ubicaran las bombas VTLF 500 SK. Ambas secciones estarán conformadas por dos niveles para ubicar cada una de las bombas de la siguiente manera:

TABLA 16.
UBICACIÓN DE BOMBAS AL VACIO EN CABINA
INSONORIZANTE

		SECCION A	SECCION B
NIVEL 1	MAQUINA	WD-327 I	SC-246
	BOMBA	VTLF 250SK	VTLF 500SK
NIVEL 2	MAQUINA	WD-327 I	WD-327 II
	BOMBA	VTLF 250SK	VTLF 500 SK

Fuente: Autor

Se considera que cada lado de la cabina insonorizante, tomando en cuenta los laterales, puertas frontales, parte posterior, piso y techo, deberá ser conformado por la pared rígida en su exterior conformada por la plancha metálica de 1/20 plgs de espesor, entre paredes, como material absorbente, la lana de vidrio de 1,5 plgs y en su interior, como resonador, la plancha metálica microperforada de 0.4 mm de espesor para cubrir totalmente las fuentes de ruido.



**FIGURA 20. CONFORMACIÓN DE PAREDES DE LA CABINA
INSONORIZANTE**

Fuente: Autor

La estructura de la cabina estará compuesta por tubos rectangulares de sección de 80x40x2 mm para soportar el peso total de las 4 bombas que se aproxima a las 2 toneladas. Se considera establecer las columnas tanto en las esquinas de la cabina como en la parte interna que divide la sección A de la sección B. Se utiliza el mismo material en las vigas donde asientan las bases de las bombas al vacío en los niveles 1 y 2.



**FIGURA 21. ESQUEMA ESTRUCTURAL DE CABINA
INSONORIZANTE**

Fuente: Autor

Se requiere extraer el calor generado por las bombas al vacío, para lo cual se consideran instalar 2 extractores de aire en cada sección. En el ANEXO se encuentra el plano unifilar de la conexión de los extractores de aire 110 VAC 80 Wattios. Cabe mencionar que el espacio requerido para instalar los extractores es de 400 x 400 mm para cada uno; siendo este un total de 0.16 m² para los 4 extractores, lo cual representa el 0.49% de la sección insonorizante total por donde el ruido podría dirigirse hacia el exterior de la cabina. Por lo tanto se lo considera despreciable, más aun considerando su dirección. De igual manera no se considera suministrar aire en el sistema debido a que las bombas DVTLF

250Sk y DVTLF 500SK generan tanto succión como soplado y las maquinas tan solo requieren ser alimentadas con succión de aire.

Tanto para el marco de las puertas, como para los soportes de los extractores de aire se consideran tubos cuadrados de 1 plg x 1 plg x 2 mm de espesor.

En las bases donde se asientan las bombas se utilizan planchas corrugadas reforzadas con 2 perfiles UPN 80 en donde asientan las bombas al vacío. Cabe mencionar que las bombas tienen su propio soporte con amortiguamiento de caucho por efecto de contrarrestar las vibraciones. En el nivel 1 de ambas secciones, las bases de las bombas tienen paredes dobles con lana de vidrio en la mitad y plancha metálica de 1/20 plgs en su exterior; en este caso se obvia la plancha microperforada.

Finalmente se considera como materiales de construcción utilizar para la unión de los elementos metálicos soldar con arco eléctrico cc electrodos E-6011 y para la sujeción de las planchas microperforadas utilizar pernos autoperforantes de 1 plg. En las puertas se requiere bisagras torneadas de $\frac{3}{4}$ plgs y para asegurar las puertas picaportes de 160 x 15 mm.



FIGURA 22. DISEÑO DE CABINA INSONORIZANTE

Fuente: Autor

En la Tabla 17 se detalla cada uno de los componentes que conforman cada sección de la cabina insonorizante en donde se establecen sus dimensiones y cantidad de piezas iguales otorgándoles una nomenclatura en particular.

TABLA 17.
COMPONENTES DE CABINA INSONORIZANTE

CODIGO	SECCION	TIPO DE MATERIAL	DIMENSIONES (MM)		NUMERO DE PIEZAS
			LARGO	ANCHO	
TR-EH-001	ESTRUCTURA	TUBO RECTANGULAR 40X80X2 MM	1500.00		9.00
TR-EH-002	ESTRUCTURA	TUBO RECTANGULAR 40X80X2 MM	3960.00		6.00
TR-EV-001	ESTRUCTURA	TUBO RECTANGULAR 40X80X2 MM	2180.00		4.00
TR-EV-002	ESTRUCTURA	TUBO RECTANGULAR 40X80X2 MM	1060.00		2.00
TR-EV-003	ESTRUCTURA	TUBO RECTANGULAR 40X80X2 MM	860.00		2.00
TR-EV-004	ESTRUCTURA	TUBO RECTANGULAR 40X80X2 MM	100.00		2.00
UPN-EB-001	ESTRUCTURA DE LAS BASES	PERFIL UPN 80X40	1500.00		8.00
TC-EPV-001	ESTRUCTURA DE PUERTAS	TUBO CUADRADO 1PLGX1PLGX2MM	2080.00		8.00
TC-EPH-001	ESTRUCTURA DE PUERTAS LADO A	TUBO CUADRADO 1PLGX1PLGX2MM	870.00		6.00
TC-EPH-002	ESTRUCTURA DE PUERTAS LADO B	TUBO CUADRADO 1PLGX1PLGX2MM	938.30		6.00
TC-ET-001	ESTRUCTURA DEL TECHO	TUBO CUADRADO 1PLGX1PLGX2MM	400.00		8.00
TC-ET-002	ESTRUCTURA DEL TECHO	TUBO CUADRADO 1PLGX1PLGX2MM	1988.00		2.00
TC-ET-003	ESTRUCTURA DEL TECHO	TUBO CUADRADO 1PLGX1PLGX2MM	1852.00		2.00
PL-LV-001	PARED LATERAL	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	1060.00	1500.00	2.00
PL-LV-002	PARED LATERAL	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	860.00	1500.00	2.00
PL-PM-001	PARED LATERAL	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	2000.00	1500.00	1.00
PL-PN-001	PARED LATERAL	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	2160.00	1581.29	2.00
PPA-LV-001	PARED POSTERIOR	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	1060.00	1792.00	1.00
PPA-LV-002	PARED POSTERIOR	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	860.00	1792.00	1.00
PPB-LV-001	PARED POSTERIOR	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	1060.00	1928.00	1.00
PPB-LV-002	PARED POSTERIOR	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	860.00	1928.00	1.00
PP-PM-001	PARED POSTERIOR	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	3800.00	2000.00	1.00
PP-PN-001	PARED POSTERIOR	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	3960.00	2160.00	1.00
PBA-LV-001	PISO BASE LADO A	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	1852.00	1580.00	1.00
PBA-PC-001	PISO BASE LADO A	PLANCHA CORRUGADO 2 MM ESPESOR	1852.00	1580.00	2.00
PBA-PN-001	PISO BASE LADO A	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	1852.00	1580.00	1.00
PBB-LV-001	PISO BASE LADO B	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	1988.00	1580.00	1.00

Fuente: Autor

TABLA 17. (CONTINUACIÓN)

CODIGO	SECCION	TIPO DE MATERIAL	DIMENSIONES (MM)		NUMERO DE PIEZAS
			LARGO	ANCHO	
PBB-PC-001	PISO BASE LADO B	PLANCHA CORRUGADO 2 MM ESPESOR	1988.00	1580.00	2.00
PBB-PN-001	PISO BASE LADO B	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	1988.00	1580.00	1.00
PFA-LV-001	PUERTA FRONTAL LADO A	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	870.00	860.00	2.00
PFA-LV-002	PUERTA FRONTAL LADO A	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	870.00	1074.30	2.00
PFA-PM-001	PUERTA FRONTAL LADO A	PLANCHA DE HIERRO MICROPERFORADA 0.4 MM ESPESOR	1074.30	896.10	2.00
PFA-PM-002	PUERTA FRONTAL LADO A	PLANCHA DE HIERRO MICROPERFORADA 0.4 MM ESPESOR	860.00	896.10	2.00
PFA-PN-001	PUERTA FRONTAL LADO A	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	2065.70	921.70	2.00
PFB-LV-001	PUERTA FRONTAL LADO B	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	938.30	901.24	2.00
PFB-LV-002	PUERTA FRONTAL LADO B	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	938.30	1087.36	2.00
PFB-PM-001	PUERTA FRONTAL LADO B	PLANCHA DE HIERRO MICROPERFORADA 0.4 MM ESPESOR	1062.00	965.90	2.00
PFB-PM-002	PUERTA FRONTAL LADO B	PLANCHA DE HIERRO MICROPERFORADA 0.4 MM ESPESOR	860.00	965.90	2.00
PFB-PN-001	PUERTA FRONTAL LADO B	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	2065.70	989.70	2.00
T-LV-001	TECHO	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	1988.00	524.30	2.00
T-LV-002	TECHO	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	1852.00	524.30	2.00
T-LV-003	TECHO	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	264.23	400.00	1.00
T-LV-004	TECHO	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	608.47	400.00	1.00
T-LV-005	TECHO	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	315.30	400.00	1.00
T-LV-006	TECHO	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	273.00	400.00	1.00
T-LV-007	TECHO	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	546.00	400.00	1.00
T-LV-008	TECHO	LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR	233.00	400.00	1.00
T-PM-001	TECHO	PLANCHA DE HIERRO MICROPERFORADA 0.4 MM ESPESOR	3800.00	1500.00	1.00
T-PN-001	TECHO	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	3960.00	590.00	2.00
T-PN-002	TECHO	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	273.00	400.00	1.00
T-PN-003	TECHO	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	546.00	400.00	1.00
T-PN-004	TECHO	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	628.30	400.00	1.00
T-PN-005	TECHO	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	582.77	400.00	1.00
T-PN-006	TECHO	PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR	329.93	400.00	1.00

Fuente: Autor

3.5 Lista de materiales

Una vez detallado los componentes de la cabina insonorizante como se indicó en la Tabla 17, se procede a enlistar los materiales a utilizar en la fabricación del diseño:

1. Lana de vidrio de 1,5 plgs espesor
2. Perfil upn 80x40
3. Plancha corrugado 2 mm espesor
4. Plancha de hierro microperforada 0.4 mm espesor
5. Plancha negra 1/20 plgs espesor
6. Tubo cuadrado 1plgx1plgx2mm
7. Tubo rectangular 40x80x2 mm
8. Extractor de hélice de aluminio
9. Caja rectang.emt 4x2 reforzada
10. Toma doble polarizado 120v
11. Placa doble metal para toma
12. Breaker p/riel domae 2x20
13. Caja p/breaker de riel 2 es
14. Conector p cable 1/2 romex
15. Picaporte gigante 400
16. Platina 3/4 x 1/8 bisagras

Para determinar las cantidades necesarias en la elaboración de la cabina insonorizante, se consideraron las siguientes medidas:

- Se totalizo el área de cada uno de los materiales que recubren las paredes dobles, piso y techos.
- La estructura de la cabina, pisos y marco que conforma las puertas se totalizo los materiales longitudinalmente.
- También se consideran los materiales eléctricos necesarios para instalar los extractores de aire en el techo.
- Por último, se incluyen las bisagras y picaporte que conforman las puertas.

TABLA 18.

DETERMINACIÓN DE MATERIALES A EMPLEAR

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD REQUERIDA	DIMENSIONES EN MERCADO LOCAL		*AREA	CANTIDAD A UTILIZAR	CANTIDAD RECOMENDADA	DESPERDICIO REAL	DESPERDICIO REAL (%)
		LARGO	ANCHO					
LANA DE VIDRIO DE 1,5 PLGS ESPESOR (m ²)	41.59	2.54	1.22	3.10	13.42	16.00	0.70	4%
PERFIL UPN 80X40 (m)	12.00	6.00	-	6.00	2.00	2.00	0.00	0%
PLANCHA CORRUGADO 2 MM ESPESOR (m ²)	12.13	2.44	1.22	2.98	4.07	6.00	0.92	15%
PLANCHA DE HIERRO MICROPERFORADA 0.4 MM ESPESOR (m ²)	12.88	2.00	1.00	2.00	6.44	8.00	0.56	7%
PLANCHA NEGRA 1/20 PLGS ESPESOR (m ²)	34.97	2.44	1.22	2.98	11.75	15.00	3.25	22%
TUBO CUADRADO 1PLGX1PLGX2MM (m)	38.37	6.00	-	6.00	6.40	7.00	0.61	9%
TUBO RECTANGULAR 40X80X2 MM (m ²)	50.00	6.00	-	6.00	8.33	9.00	0.66	7%

Fuente: Autor

De acuerdo a las dimensiones establecidas en el mercado de cada uno de los materiales a utilizar, se realiza un estudio para

determinar las *cantidades recomendadas* a solicitar. Se busca que no exista un desperdicio de material mayor al 10% con sus excepciones. Se considera evitar el exceso de uniones por soldadura en la estructura. Se recomienda utilizar una mayor cantidad de planchas negras para la pared exterior con el fin de mejorar el acabado de la cabina; motivo por el cual se incrementa el desperdicio real en un 22%. Por consiguiente, se aumenta el número de planchas microperforadas para mejorar el diseño de la cabina.

Por último se detalla las cantidades de los materiales unitarios a elegir:

TABLA 19.
DETALLE DE MATERIALES UNITARIOS

MATERIALES	CANTIDAD RECOMENDADA
EXTRACTOR DE HELICE DE ALUMINIO	4.00
CAJA RECTANG. EMT 4X2 REFORZ	4.00
TOMA DOBLE POLARIZADO 120V	4.00
PLACA DOBLE METAL PARA TOMA	4.00
BREAKER P/RIEL DOMAE 2X20	1.00
CAJA P/BREAKER DE RIEL 2 ES	1.00
CONECTOR P CABLE 1/2 ROMEX	12.00
PERNO AUTOPERFORANTE 5/16"	1000.00
PICAPORTE GIGANTE 400	2.00
PLATINA 3/4 X 1/8 BISAGRAS	8.00

Fuente: Autor

3.6 Análisis de costo

Para realizar el análisis de costos se ha procedido a utilizar el Método de Costeo por Orden de Trabajo. En este método intervienen los tres elementos fundamentales del costo, los cuales son:

- **Materiales Directos**

Dentro de materiales directos se encuentran todos los materiales a utilizarse en la fabricación de la cabina

insonorizante donde como se expuso anteriormente, los materiales ya han sido identificados con exactitud para el ensamblaje.

- Mano de Obra Directa

Es considerado mano de obra directa lo pagado a los trabajadores que intervendrán directamente en la fabricación de la cabina insonorizante. Se recibirá una remuneración proporcional de acuerdo a las horas trabajadas y establecidas en el contrato con los beneficios que la Ley establece.

- Costos Indirectos de Fabricación

Los costos indirectos de fabricación son todos los costos que no se identifican directamente con el objeto del costo individual, sino que corresponden a varios objetos de costos o a varios artículos.

Para el presente caso, se tomará en cuenta que la compañía donde se implementará la cabina insonorizante cuenta con las herramientas básicas a utilizarse en la fabricación de esta. Por lo tanto los costos de alquiler de maquinarias, depreciación de infraestructura y administración se ven reflejados en el estado de resultados general de la planta.

Mientras que los costos de Supervisor de Obra, pernos, diluyentes, waípe, limpieza, combustible, entre otros; son costos indirectos de fabricación los cuales serán medidos de acuerdo al uso y manejo que se genere una vez que se realice el momento del ensamble de la cabina.

Al momento de valorizar los tres elementos fundamentales del costo, encontrándose con la siguiente tabla:

TABLA 20.
COSTO DE PRODUCCION CABINA INSONORIZANTE

Materiales Directos	\$	4.158,46
<i>Ver Detalle</i>		
Mano de Obra Directa	\$	836,64
<i>Tecnico Soldador</i>		
<i>Ayudante de Obra</i>		
Costos Indirectos de Fabricación	\$	1.258,34
<i>Supervisor de Obra</i>		
<i>Energía Consumida en Obra</i>		
<i>Limpieza de Obra</i>		
<i>Combustible</i>		
<i>Electrodos E6011</i>		
<i>Macilla Epoxica y Pintura Anticorrosiva</i>		
<i>Diluyente, Trapo y Waípe</i>		
<i>Discos de Corte 7"</i>		
<i>Discos de Pulir 7"</i>		
<i>Pernos Auto perforantes</i>		
<i>Pernos de Anclaje</i>		
<i>Equipo de Protección Soldadura</i>		
Total Costos de Producción	\$	6.253,44
Precio EXW Fabricante Alemania	\$	16.800,00
Rentabilidad Generada	\$	10.546,56

Fuente: Autor

Una vez estructurado los costos de producción de la cabina insonorizante se puede observar en la Tabla 20 que los materiales directos representan el 66.50% del total de los costos de fabricación siendo estos la proporción más fuerte al momento de establecer costos. La mano de obra directa comprende el 13.38% y los costos indirectos de fabricación el 20.12%.

Para la mano de obra directa se han considerado un técnico soldador y un ayudante de obra, quienes serán los encargados de realizar el trabajo de corte, unión por soldadura, ensamblaje, instalación de extractores de aire y acabados. Ver anexo de salarios para mejor entendimiento en lo que respecta a las horas trabajadas y costo de hora trabajada.

Los costos indirectos de fabricación fueron estimados en un 30% sobre el total del costo de materiales directos donde se establecen todos los costos que no son cuantificables al momento de realizar el listado de materiales directos.

Por lo tanto, se obtiene que el total del costo de producción de la cabina insonorizante es de \$6253.44, quedando una rentabilidad para la empresa de \$10546.56. Esto demuestra que la toma de

decisión por parte de los directivos fue efectiva al no importar o comprar la cabina sino decidirse por la fabricación in house de esta.

3.7 Cronograma de montaje e instalación

Se emplea el diagrama de Gantt para diseñar el cronograma de montaje e instalación de la cabina insonorizante determinando el tiempo estimado por cada actividad a realizar con la finalidad de indicar el tiempo total necesario para construir la cabina insonorizante. En la Figura 15 se encuentran las actividades principales a realizar; en donde se considera que las actividades son realizadas en conjunto entre el técnico soldador y el ayudante de obra.

CRONOGRAMA DE MONTAJE E INSTALACION

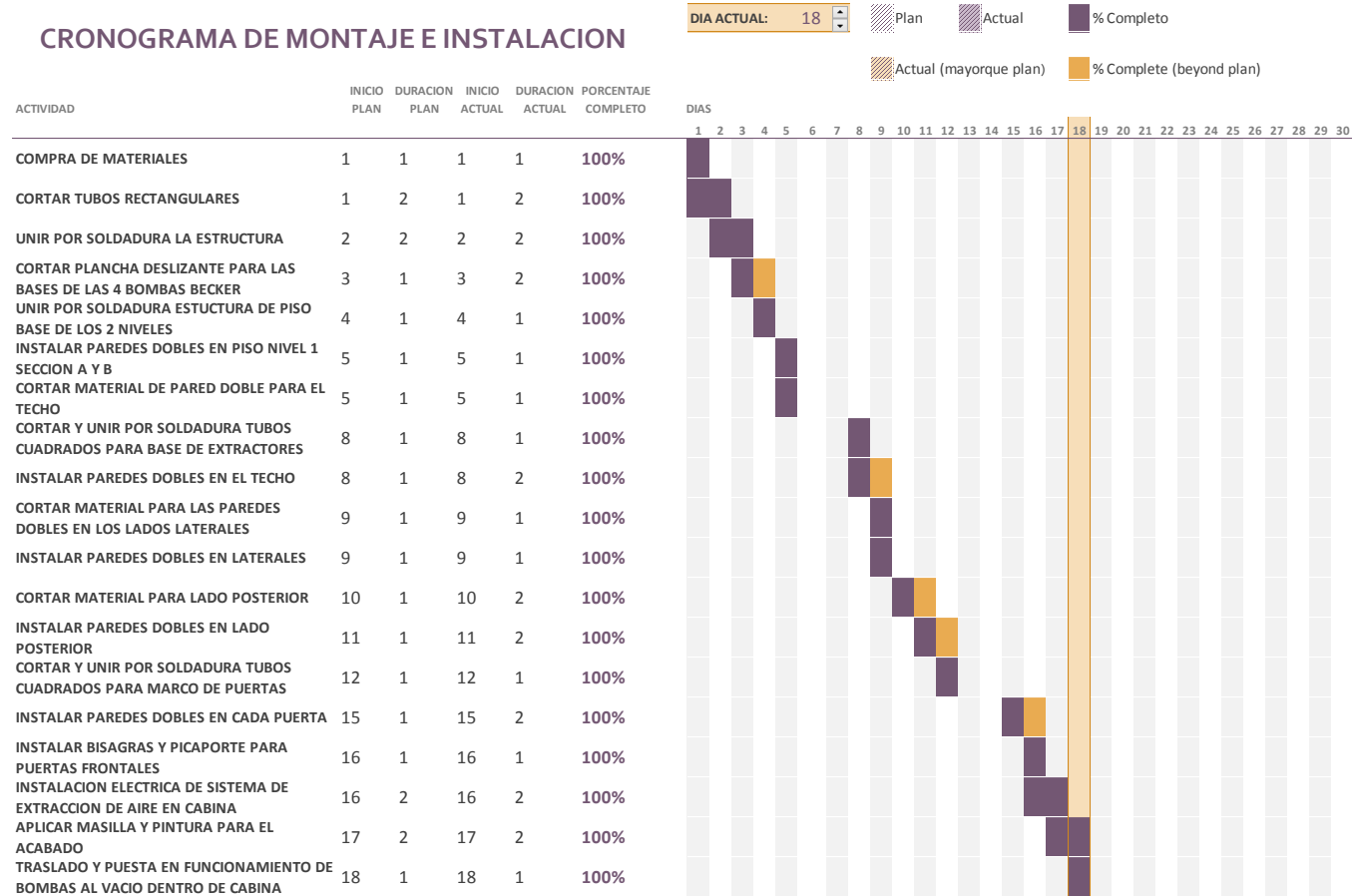


FIGURA 23. DIAGRAMA DE GANTT – CRONOGRAMA DE MONTAJE E INSTALACIÓN

Fuente: Autor

CAPÍTULO 4

4. CONTROL Y VIGILANCIA DEL SISTEMA

Luego de haber construido la cabina insonorizante es necesario realizar un plan de medición en el área de pegadoras de sobres para constatar en qué situación se encuentran las personas que laboran en dicha área.

Para esto es necesario implementar un plan de medición auditiva, revisar periódicamente los niveles de ruido a los que está expuesto el personal y capacitarlos para que sepan cómo deben de utilizar los equipos de protección. A su vez, reforzar los mantenimientos preventivos de los equipos para minimizar las averías que puedan aumentar los niveles de ruido.

4.1 Plan de medición del área intervenida

En base a la última medición realizada, una vez instalada la cabina insonorizante, se ha obtenido los siguientes resultados:

TABLA 21.

VALOR DE NIVEL DE EMISION DE RUIDO DE LA FUENTE FIJA.

ANÁLISIS PUESTO DE TRABAJO	NPSeq dB (A)	Tiempo Máximo de Exposición	DOSIS a 8 horas	NIVEL DE FRECUENCIA											Evaluación	
				8.0 Hz	16.0 Hz	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz	8 KHz		16 KHz
P1. Área Pegadora de Sobres	85.5	7.25	1.1	60.6	65.5	71.3	76.7	81.0	76.9	79.3	75.6	76.0	80.3	81.2	73.0	NO CUMPLE

Fuente: Ipsomary – Informe de ensayo ruido laboral # 14061 (Anexo)

Como se puede observar en el área de pegadores de sobres se tiene un nivel de presión sonora equivalente NPSeq igual a 85.5 dBA, por lo tanto no se cumple con el límite máximo permisible de 85 dB(A) para la jornada laboral de 8 horas, para lo cual se utilizara protección auditiva (orejeras o tapones) para prevenir daños en la salud.

Para seleccionar los protectores auditivos necesarios se identifican las actividades que realizan los trabajadores en esta área. Dentro del proceso suministran goma en frio y controlan la cantidad a

utilizar en la maquina; lo cual requiere mantener en lapsos de tiempo durante la jornada las manos sucias con goma. A su vez, están expuestos a ruidos externos localizados en las prensas hidráulicas troqueladoras y los motores eléctricos principales de cada una de las máquinas. Debido a estas condiciones se selecciona como protector auditivo los tapones ya que no se requiere el uso de orejeras debido a que su índice de protección sería excesivo produciendo una sobreprotección inadecuada, que limitaría la comunicación entre trabajadores y también a señales de alarma o aviso.

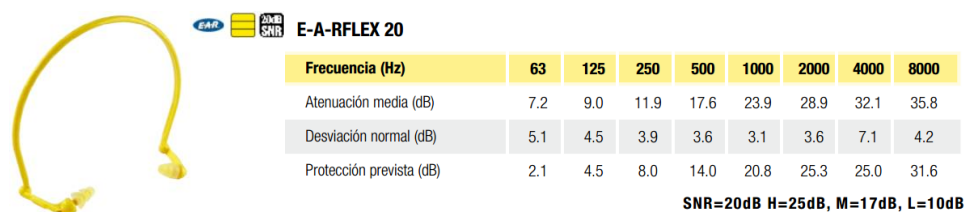


FIGURA 24. DATOS DE ATENUACIÓN TAPONES E-A-RFLEX 20

Fuente: Catalogo de 3M – Tapones y Orejeras (Anexo)

Se selecciona los tapones E-A-RFLEX 20, Figura 24, los cuales proporcionan una atenuación óptima sin dificultar conversaciones, señales de advertencia, alarmas, etc. Se los selecciona debido a que son reutilizables, resistentes a la humedad y tienen una banda para que no se extravíen. En la tabla 22 se detalla la reducción

deseada al utilizar los tapones como protección auditiva en los trabajadores.

TABLA 22.
VALOR DE NIVEL DE RUIDO UTILIZANDO PROTECCIÓN
AUDITIVA.

ANÁLISIS PUESTO DE TRABAJO		NPSeq dB (A)	Tiempo Máximo de Exposición	NIVEL DE FRECUENCIA								EVALUACION	
				31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 KHz	2 KHz	4 KHz		8 KHz
Físicos	db(f)	88.03		71.30	76.70	81.00	76.90	79.30	75.60	76.00	80.30	81.20	
Corrección				-39.40	-20.60	-16.10	-8.60	-3.20	0.00	1.20	1.00	-1.10	
Filtro A	db(a)	85.76	7.25	31.90	56.10	64.90	68.30	76.10	75.60	77.20	81.30	80.10	NO CUMPLE
Equipo Protección		33.54			2.10	4.50	8.00	14.00	20.80	25.30	25.00	31.60	
Area de Pegadoras de Sobres	db(a)	66.99	-	31.90	54.00	60.40	60.30	62.10	54.80	51.90	56.30	48.50	SI CUMPLE

Fuente: Autor

Los protectores auditivos reducen satisfactoriamente el nivel de ruido al cual están expuestos los operadores, teniendo un nivel de presión sonora equivalente NPSeq igual a 67 dB (A); el cual está considerado dentro de los rangos de conversación.

Estos equipos deben de ser sustituidos periódicamente para evitar riesgos asociados con los altos niveles de ruido al personal que labora en la compañía. Se requiere mantener un control del uso de los mismos por parte de los trabajadores de esta área. Se deberá efectuar al menos una vez al año un análisis del ruido laboral para mantener las condiciones logradas en este estudio.

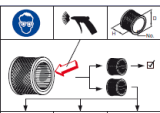
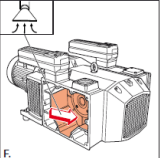
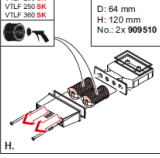
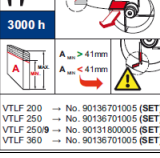
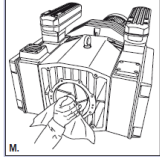
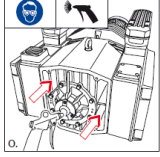
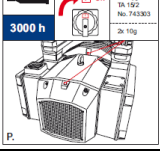
4.2 Plan de mantenimiento preventivo de equipos

Para controlar el nivel de ruido al cual están expuestos los trabajadores en esta área. Se define un plan de mantenimiento preventivo de las bombas al vacío. En donde se buscara mantener los equipos en condiciones estándares para el correcto funcionamiento de las mismas.

En las Tabla 23 y Tabla 24 se encuentran las actividades a realizar de acuerdo a un periodo establecido para cada tipo de bomba.

TABLA 23.

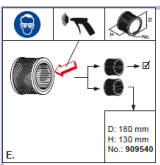
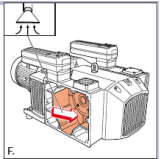
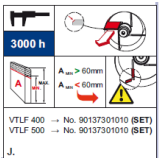
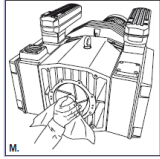
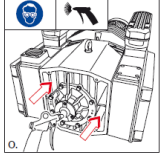
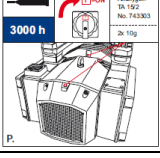
MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBAS AL VACIO VTLF 250SK

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	GRAFICO	OBSERVACIONES
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE	MENSUAL	 <p>Standard D: 220 mm H: 97 mm No.: 909534</p> <p>TLF / 0-72 D: 220 mm H: 125 mm No.: 909559</p> <p>TLF / 6-73 D: 211 mm H: 97 mm No.: 909541</p>	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZAR GAFAS DE PROTECCION. - SOPLETEAR FILTRO EN UN LUGAR ABIERTO
ASPIRAR POLVO EN CAMARA DEL FILTRO DE AIRE	MENSUAL	 <p>F.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - SE RECOMIENDA ASPIRAR O LIMPIAR CON TRAPOS LA SUCIEDAD EN RECAMARA DE FILTRO.
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE	MENSUAL	 <p>D: 64 mm H: 120 mm No.: 2x 909510</p> <p>H.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZAR GAFAS DE PROTECCION. - SOPLETEAR FILTRO EN UN LUGAR ABIERTO
REVISION DE PALETAS DE CARBONO	SEMESTRAL	 <p>3000 h</p> <p>A_{max} > 4 mm</p> <p>A_{min} < 4 mm</p> <p>VTLF 200 → No. 90136701005 (SET)</p> <p>VTLF 250 → No. 90136701005 (SET)</p> <p>VTLF 250/9 → No. 90131800005 (SET)</p> <p>VTLF 360 → No. 90136701005 (SET)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - SI LAS PALETAS DE CARBONO MIDEN MENOS DE 41 MM SE REQUIERE CAMBIAR EL JUEGO COMPLETO
LIMPIEZA DE ROTOR	SEMESTRAL	 <p>M.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZAR PAÑO LIMPIOS PARA REMOVER DESPERDICIO DE PALETAS DE CARBONO
LIMPIEZA EXTERNA DE BOMBA	MENSUAL	 <p>O.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - UTILIZAR GAFAS DE PROTECCION
APLICAR GRASA DE ALTA TEMPERATURA EN CADA PUNTO DE LUBRICACION	SEMESTRAL	 <p>3000 h</p> <p>Antriebsgras 1kg 1902 No. 743303 2x 10g</p> <p>P.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - SE RECOMIENDA UTILIZAR GRASA AMBLYGON TA 15/2 - APLICAR DOS VECES 10 GRAMOS APROXIMADAMENTE POR PUNTO DE LUBRICACION

Fuente: Becker – Manual de Instrucciones para el Manejo.

TABLA 24.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBAS AL VACIO VTLF 500SK

ACTIVIDAD	FRECUENCIA	GRAFICO	OBSERVACIONES
LIMPIEZA DE FILTRO DE AIRE	MENSUAL		- UTILIZAR GAFAS DE PROTECCION. - SOPLETEAR FILTRO EN UN LUGAR ABIERTO
ASPIRAR POLVO EN CAMARA DEL FILTRO DE AIRE	MENSUAL		- SE RECOMIENDA ASPIRAR O LIMPIAR CON TRAPOS LA SUCIEDAD EN RECAMARA DE FILTRO.
REVISION DE PALETAS DE CARBONO	SEMESTRAL		- SI LAS PALETAS DE CARBONO MIDEN MENOS DE 60 MM SE REQUIERE CAMBIAR EL JUEGO COMPLETO
LIMPIEZA DE ROTOR	SEMESTRAL		- UTILIZAR PAÑO LIMPIOS PARA REMOVER DESPERDICIO DE PALETAS DE CARBONO
LIMPIEZA EXTERNA DE BOMBA	MENSUAL		- UTILIZAR GAFAS DE PROTECCION
APLICAR GRASA DE ALTA TEMPERATURA EN CADA PUNTO DE LUBRICACION	SEMESTRAL		- SE RECOMIENDA UTILIZAR GRASA AMBLYGON TA 15/2 - APLICAR DOS VECES 10 GRAMOS APROXIMADAMENTE POR PUNTO DE LUBRICACION

Fuente: Becker – Manual de Instrucciones para el Manejo.

4.3 Plan de mejora en gestión de seguridad industrial y salud ocupacional

Se ha sugerido realizar los siguientes planes de acción para mejorar la salud ocupacional de nuestros colaboradores.

Información y formación a los trabajadores

Como parte fundamental del plan de inducción de cada nuevo colaborador, recibirá un recorrido dentro de las instalaciones donde se le indicará que áreas presentan mayor exposición al ruido y que medidas deben de tomar al ingresar a estas áreas.

Programar charlas para los colaboradores donde puedan aprender sobre los perjuicios que tendrían en su salud al no cumplir con las disposiciones del uso de equipos de protección.

Programar charlas para capacitarlos sobre el correcto uso de los equipos de protección.

Vigilancia de la salud

Junto con el encargado del área de Seguridad industrial se programarán anualmente audiometrías para el personal que opera las maquinarias dentro de la compañía. De esta manera se

podrá comparar año a año en que estado de salud se encuentran nuestros colaboradores.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El sistema diseñado para intervenir sobre la transmisión del ruido, generado por las bombas al vacío, logro disminuir considerablemente la presión de nivel acústica en un 14.5% en el área de pegadoras de sobres en una industria gráfica.
- Se requiere el uso obligatorio de protectores auditivos para atenuar niveles de presión acústica medios de entre 83 y 93 dBA, para poder cumplir con el acuerdo al decreto ejecutivo 2393 capítulo 5 artículo 53; en donde se establece que para el caso de un ruido continuo los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro A en posición lenta para un tiempo de exposición igual a 8 horas, es de 85 dBA.

- Una vez puesta en funcionamiento la cabina insonorizada y la implementación del uso obligatorio de los protectores auditivo en cada colaborador del área, se obtiene niveles de presión acústica óptima igual a 67 dBA que se encuentran entre los rangos de conversación.
- Al reducir el nivel de ruido en el área de pegadoras de sobres, se está brindando a los colaboradores un mejor ambiente de trabajo, que les permita aumentar su productividad mejorando su rendimiento y disminuyendo el absentismo laboral. A su vez se disminuirán los accidentes laborales producto del estrés que causa los altos niveles de ruido constantes logrando mejorar la ergonomía en el puesto de trabajo.

Recomendaciones

- Se sugiere implementar el procedimiento técnico de control para mantener las condiciones actuales del lugar de trabajo para cada uno de los colaboradores.
- Se recomienda realizar periódicamente los mantenimientos establecidos para las bombas al vacío con el fin de prolongar la vida útil de los equipos evitando averías que puedan contribuir con el aumento del nivel de ruido en el área de pegadoras de sobres.

- Se recomienda mejorar el mantenimiento de las bombas al vacío al implementar rutinas de análisis de vibraciones en los equipos para identificar posibles averías.
- Se recomienda mantener el suministro de aire a temperatura ambiente para disipar el calor generado por las bombas al vacío que se encuentran dentro de la cabina.
- Se sugiere considerar la construcción e instalación de cabinas insonorizadas en otras áreas dentro de la industria gráfica, debido a que la mayoría de las maquinarias están compuestas por bombas al vacío que generan altos niveles de ruido.

APÉNDICE A

INFORME RUIDO LABORAL INICIAL

APÉNDICE B

FICHAS TECNICAS DE BOMBAS AL VACIO

APÉNDICE C
TABLAS DE ABSORCION

APÉNDICE D

TABLAS DE TUBOS Y PERFILES

APÉNDICE E

INFORME RUIDO LABORAL FINAL

APÉNDICE F

CATALOGO DE TAPONES Y OREJERAS

APÉNDICE G

MATRIZ DE EVALUACION DE RIESGO

APÉNDICE H

PLANO 1

APÉNDICE I

PLANO 2

APÉNDICE J

PLANO 3

APÉNDICE K

PLANO 4

APÉNDICE L

PLANO 5

BIBLIOGRAFIA

1. MANUAL DE ACUSTICA, RUIDO Y VIBRACIONES – Pedro Flores
Pereita 3ra Edición, FUNDAMENTOS BASICOS Y SISTEMAS DE
CONTROL.
2. INGENIERIA ACUSTICA – Michael Moser José Luis Barros 2da
Edición, TEORIA Y APLICACIONES
3. GUÍA PRÁCTICA PARA EL ANÁLISIS Y LA GESTIÓN DEL RUIDO
INDUSTRIAL – Robert R. Naf Cortes, FREMAP
4. DECRETO EJECUTIVO 2393 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y
SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO
AMBIENTE DEL TRABAJO – Seguro General De Riesgos De Trabajo
Cap. V Art.53, IESS.

5. LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y PARA VIBRACIONES – Libro VI Título IV Anexo 5, MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR

6. NORMA UNE - EN ISO 9612. Acústica. Determinación de la exposición al ruido en el trabajo. Método de ingeniería.

7. NORMA UNE – EN 458. Protectores auditivos. Recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento. DOCUMENTO GUÍA.

8. NOTA TECNICA DE PREVENCION NTP 951 – Estrategia De Medición Y Valoración De La Exposición A Ruido (II): Tipos De Estrategia, INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.