



# Universidad Austral de Chile

---

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil Acústica

*Profesor Patrocinante:  
Dr. José Luis Barros Rojas  
Instituto de Acústica  
Universidad Austral de Chile*

## “ESTUDIO, ANÁLISIS Y DISEÑO DE MEDIDAS DE CONTROL DE RUIDO EN CLÍNICA DENTAL MÓVIL, SERVICIO DE SALUD CHILOÉ”

*Trabajo presentado como parte de  
los requisitos para optar al grado de  
Licenciado en Acústica y Título Profesional de  
Ingeniero Acústico.*

ALEX GABRIEL BLANCO GODOY  
VALDIVIA - CHILE  
2011

***Dedicado a mi hermosa familia:  
Anita, Migdy, Papá, Mamá y  
Manito. Gracias por tod !!!***

## AGRADECIMIENTOS

---

A mi gran familia que siempre me acompañaron, papá Manuel, Manito y en especial mi madre querida Milena. A mi hija Anita María y gran esposa Migdy, por lo que representan en mi vida, su comprensión, ayuda, compañerismo, enseñanza y amor.

A todos mis primos del Norte, mis dos sobrinas, mis cuñadas y suegros por estar siempre y en cada momento brindando apoyo.

A mis compañeros de carrera, por los años en Valdivia y el humor inconfundible de todos ellos: Freddy Guzmán, Marcelo Albornoz, Jaime Díaz, Francisco Escudero, Marcos Saldivia, Esteban Cortés, hermanos González y en la última etapa Edson Padilla.

A los grandes profesores del Instituto de Acústica, José Luis Barros, Jorge Cárdenas, Alfio Yori, Jorge Sommerhoff, Jorge Arenas, Victor Poblete y Enrique Suarez, a la Hildita y Victor Cumián por ser los grandes guías en todo este trabajo.

A los grandes colegas y amigos del Departamento de Recursos Físicos del Servicio de Salud Chiloé, en especial a Vivian Burgos, Sandra Arellano, Ana Aravena, Carla Lepez, Vesna Yurac, Andrés López y Miguel Piñeiro.

Y a los buenos amigos del sur, por acompañarme en esta nueva etapa, Cumpa Rodrigo, Galia, Gladys, Marcial, Gustavo, todos ellos, Gracias !!.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|                                                                                                                                    |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| RESUMEN .....                                                                                                                      | VII  |
| ABSTRACT .....                                                                                                                     | VIII |
| 1. INTRODUCCIÓN .....                                                                                                              | 1    |
| 2. OBJETIVOS .....                                                                                                                 | 2    |
| 2.1. Objetivo Principal .....                                                                                                      | 2    |
| 2.2. Objetivos Específicos .....                                                                                                   | 2    |
| 3. PROYECTO DE CLÍNICA DENTAL MÓVIL, SERVICIO DE SALUD<br>CHILOÉ .....                                                             | 3    |
| 3.1. Antecedentes Generales .....                                                                                                  | 3    |
| 4. MATERIALES Y METODOLOGÍA .....                                                                                                  | 6    |
| 4.1. Materiales .....                                                                                                              | 6    |
| 4.1.1. Analizador de Vibraciones SVAN 958, para registro de Vibraciones .....                                                      | 6    |
| 4.1.2. Software SvanPC+ .....                                                                                                      | 7    |
| 4.1.3. Sonómetro QUEST TECHNOLOGIES SoundPro SP DL-2-1/1, para<br>obtención de Niveles de Presión Sonora. ....                     | 8    |
| 4.1.4. Calibrador QC-10 Quest Technologies. ....                                                                                   | 8    |
| 4.1.5. Materiales anexos .....                                                                                                     | 9    |
| 4.2. Metodología .....                                                                                                             | 10   |
| 4.2.1. Visualización y Selección de Fuentes Generadoras de Ruido que serán<br>incluidas en este estudio .....                      | 10   |
| 4.2.1.1. Compresores de aire .....                                                                                                 | 13   |
| 4.2.1.2. Generador Eléctrico .....                                                                                                 | 16   |
| 4.2.2. Verificación de las condiciones laborales de los trabajadores de Clínica<br>Dental Móvil, según Decreto Supremo N°594 ..... | 18   |

|                                                                                                                                                                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4.2.3. Consideraciones de Niveles de Presión Sonora para el interior de la Clínica Dental Móvil asimilando ambiente acústico hospitalario. ....</b>                                                         | <b>22</b> |
| <b>4.2.4. Revisión de Antecedentes para establecer criterios de aceptabilidad de ambiente acústico en recintos clínicos.....</b>                                                                               | <b>24</b> |
| <b>4.2.5. Cuantificación de Niveles de Presión Sonora según D.S. N° 146/1997 MINSEGPRES, introduciendo escenario desfavorable para Clínica Dental Móvil hacia la vecindad. ....</b>                            | <b>26</b> |
| <b>4.2.6. Registros de Mediciones de Niveles de Presión Sonora y Vibraciones a las fuentes de ruido consideradas, para implementar y respaldar soluciones acústicas. ..</b>                                    | <b>29</b> |
| <b>5. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS .....</b>                                                                                                                                                                 | <b>31</b> |
| <b>5.1. Resultados obtenidos para la verificación de las condiciones laborales de los trabajadores de Clínica Dental Móvil, según Decreto Supremo N°594.....</b>                                               | <b>31</b> |
| <b>5.1.1. Ruido .....</b>                                                                                                                                                                                      | <b>31</b> |
| <b>5.1.2. Vibraciones .....</b>                                                                                                                                                                                | <b>32</b> |
| <b>5.2. Resultados obtenidos para la cuantificación de Niveles de Presión Sonora según D.S. N° 146/1997 MINSEGPRES, introduciendo escenario desfavorable para clínica dental móvil hacia la vecindad. ....</b> | <b>36</b> |
| <b>5.2.1. Medición según D.S. N° 146/1997 MINSEGPRES, para el funcionamiento del generador eléctrico.....</b>                                                                                                  | <b>36</b> |
| 5.2.1.1. Lugar de Medición 1.....                                                                                                                                                                              | 36        |
| 5.2.1.2. Lugar de Medición 2.....                                                                                                                                                                              | 37        |
| 5.2.1.3. Lugar de Medición 3.....                                                                                                                                                                              | 37        |
| <b>5.2.2. Medición según D.S. N° 146/1997 MINSEGPRES, para el funcionamiento del generador eléctrico y los dos compresores. ....</b>                                                                           | <b>38</b> |
| 5.2.2.1. Lugar de Medición 1.....                                                                                                                                                                              | 38        |
| 5.2.2.2. Lugar de Medición 2.....                                                                                                                                                                              | 39        |
| 5.2.2.3. Lugar de Medición 3.....                                                                                                                                                                              | 39        |
| <b>5.3. Registro de Mediciones de Niveles de Presión Sonora y Vibraciones a las fuentes de ruido consideradas, para implementar y respaldar soluciones acústicas. ..</b>                                       | <b>40</b> |
| <b>5.3.1. Registro de Vibraciones para 1 compresor de aire en funcionamiento. ....</b>                                                                                                                         | <b>40</b> |

|                                                                                                                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5.3.2. Registro de Niveles de Presión Sonora en espectro de octava, para 1 Compresor de aire en funcionamiento.....</b>                                                | <b>41</b> |
| 5.3.2.1. Medición Cercana a la Fuente.....                                                                                                                                | 41        |
| 5.3.2.2. Medición Interior de Clínica Dental.....                                                                                                                         | 42        |
| <b>5.3.3. Registro de Vibraciones, para 2 compresores de aire en funcionamiento.....</b>                                                                                  | <b>42</b> |
| <b>5.3.4. Registro de Niveles de Presión Sonora en espectro de octava, para 2 Compresores de aire en funcionamiento. ....</b>                                             | <b>43</b> |
| 5.3.4.1. Medición exterior a Clínica Dental Móvil, cercana a la fuente. ....                                                                                              | 43        |
| 5.3.4.2. Medición interior en Clínica Dental Móvil. ....                                                                                                                  | 44        |
| <b>5.3.5. Generador eléctrico en funcionamiento, registro de vibraciones.....</b>                                                                                         | <b>44</b> |
| <b>5.3.6. Generador eléctrico en funcionamiento, registro de Niveles de Presión Sonora. 46</b>                                                                            |           |
| 5.3.6.1. Medición exterior a la Clínica Dental Móvil, cercana a la fuente. ....                                                                                           | 46        |
| 5.3.6.2. Medición interior a la Clínica Dental Móvil. ....                                                                                                                | 47        |
| <b>5.3.7. Generador eléctrico en funcionamiento fuera del gabinete de instalación, registro de Niveles de Presión Sonora en el interior de Clínica Dental Móvil. ....</b> | <b>47</b> |
| <b>6. PRESENTACIÓN DE SOLUCIONES .....</b>                                                                                                                                | <b>49</b> |
| <b>6.1. Diseño de Solución Acústica para grupo de compresores de aire.....</b>                                                                                            | <b>49</b> |
| 6.1.1. Fijación de los compresores de aire. ....                                                                                                                          | 49        |
| 6.1.2. Gabinete Acústico para la instalación de dos compresores de aire .....                                                                                             | 51        |
| 6.1.3. Celosía Acústica instalada en puerta de gabinete de compresores de aire.....                                                                                       | 57        |
| <b>6.2. Diseño de Solución Acústica para Generador Eléctrico.....</b>                                                                                                     | <b>60</b> |
| 6.2.1. Fijación del Generador Eléctrico .....                                                                                                                             | 60        |
| 6.2.2. Gabinete Acústico para la instalación del Generador Eléctrico. ....                                                                                                | 67        |
| 6.2.3. Celosía Acústica instalada en puerta de gabinete de Generador Eléctrico. ...                                                                                       | 71        |
| <b>7. CONCLUSIONES .....</b>                                                                                                                                              | <b>74</b> |
| <b>8. BIBLIOGRAFÍA .....</b>                                                                                                                                              | <b>77</b> |

|                                                                                                    |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>9. ANEXOS .....</b>                                                                             | <b>79</b> |
| <b>9.1. Registros de Niveles de Presión Sonora en Clínica Dental Móvil para este estudio. ....</b> | <b>84</b> |

## RESUMEN

Este estudio de análisis y medidas para el control de ruido en Clínica Dental Móvil, surgió a fines del año 2009 por iniciativa de la encargada de Prevención de Riesgos y el Departamento de Recursos Físicos del Servicio de Salud Chiloé, al recibir constantes reclamos por parte de los funcionarios del camión dental sobre el ambiente acústico en que se labora. Además como referencia, se cuenta con una evaluación ambiental de agente de riesgo ocupacional, Ruido, en los puestos de trabajo de la Clínica Dental Móvil, efectuado en Agosto del año 2009 por el Instituto de Seguridad Laboral, el cual ya demuestran los altos niveles de presión sonora existente en el camión dental.

El presente trabajo de tesis permitió investigar este escenario acústico analizando de forma separada las fuentes de ruido más importantes, apoyado en la obtención de Niveles de Presión Sonora y Vibraciones registrados en el camión dental en una jornada laboral normal, para analizarlas a través de representaciones gráficas y así poder elaborar el diseño acústico capaz de disminuir el ruido existente.

Finalmente, en este estudio se concluye y se discute la importancia de los materiales a emplear en las soluciones acústicas, ya que el camión dental recorre generalmente sectores rurales con caminos y rutas en mal estado, que se traducen en golpes bruscos, torsiones y desniveles de la cabina de la clínica dental, por lo que no es recomendable trabajar con materiales ligeros. Otro factor importante que se toma en cuenta para la implementación de estas soluciones es la masa de los materiales, debido a que la carga que actualmente posee el camión sobre el chasis está muy cercana al valor máximo que entrega el fabricante.

Todos estos antecedentes que se consideraron ayudan a respaldar un trabajo serio, que refleja el compromiso de entregar a la Dirección del Servicio de Salud Chiloé soluciones acústicas reales, acordes a las funcionalidades y características del propio camión dental.

**Descriptores:** Encierro, Panel, Celosías, Vibraciones, Masa, Transmisión



## **ABSTRACT**

The following noise control analysis mobile dental office clinic study, came up as of early 2009, by initiative from the risk prevention management and the Tangible Resources Department from the Chiloe Health Service, due to the amounts of complains received from the dental mobile unit staff about the acoustic impact in which they labor. Also, as a reference we have an environmental evaluation on occupational risks such as noise in the mobile dental clinic unit working positions, which was evaluated by the Instituto de Seguridad Laboral in August 2009 proving the high levels of sound pressure on the mobile dental clinic unit.

This thesis document allowed us to research this acoustic scenario by parts, dividing the most relevant noise sources, based on the gathering of sound pressure levels and vibration levels registered on the mobile dental clinic unit on a labor day to analyze them through graphics to be able to elaborate the optimal acoustic design, capable of suppressing the existent noise.

Finally, on this study we conclude and discuss the importance of the materials to use in acoustic solutions, since the mobile dental clinic unit drives mostly through country side locations and bad shaped routes, which eventually become unstable enough as to affect the mobile dental clinic unit stability, concluding that it is not advisable to work with light materials. Another important issue is the materials mass, due to the actual load amount the mobile unit chassis has, which is close to the maximum weight amount for which the truck was designed.

All of the considered gathered information back up a serious study which reflects the compromise of providing the Chiloe Health Service with real acoustic solutions designed and measured according to the mobile dental clinic unit functionalities and characteristics.

**Keywords:** Enclosure, Panel, Louvres, Vibration, Mass, Transmission.



## 1. INTRODUCCIÓN

No es cotidiano encontrar a trabajadores de la salud en ambientes acústicos ruidosos, más aún si se trata directamente de atención clínica a pacientes. Este es el escenario en que están sometidos los funcionarios de Clínica Dental Móvil del Servicio de Salud Chiloé, al poseer dos fuentes de ruido suficientemente considerables en términos de las emisiones de ruido que entregan y que siempre están en funcionamiento en las jornadas laborales del camión dental. Estas fuentes son dos compresores de aire y un generador eléctrico, ambos no cuentan con gabinetes especiales para los altos niveles de ruido que emiten. Por lo tanto, uno de los objetivos de este trabajo de tesis es presentar a los funcionarios de Clínica Dental Móvil soluciones reales y que otorguen un ambiente acústico del tipo hospitalario, es decir un ruido de fondo cercano a los 45 dB [A].<sup>[1]</sup>

Por otro lado, la mayoría de los estudios que hoy en día debe realizar un Ingeniero Acústico dedicado a informar y controlar las altas emisiones de ruido, es el de efectuar registros de Niveles de Presión Sonora a puestos de trabajo o sencillamente aplicar la normativa del Decreto Supremo N° 146/1997 del MINSEGPRES para alguna fuente fija, ya sea fábrica, industria, construcción, etc. Este documento de tesis se basa en mediciones reales In Situ en este ámbito, y que incluye como metodología las presentadas en D.S. N°146/1997 MINSEGPRES <sup>[14]</sup> y D.S. N° 594 MINSAL <sup>[15]</sup>, esta última del ruido y de las vibraciones como agente físico, posteriormente se analizan los resultados obtenidos, además de mostrar como implementar y elaborar soluciones acústicas simples de acuerdo a estos registros.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Principal**

- Elaborar un diseño acústico capaz de disminuir efectivamente los Niveles de Presión Sonora generados al interior de Clínica Dental Móvil del Servicio de Salud Chiloé, que afectan directamente el normal desempeño de las labores que allí realizan los funcionarios.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Identificar, analizar y clasificar las fuentes de ruido existentes en la Clínica Dental Móvil.
- Diseñar un plan de soluciones acústicas a partir de los datos y análisis obtenidos en el punto anterior, a fin de atenuar los niveles al interior de la clínica móvil y lograr un adecuado ambiente sonoro de trabajo y atención clínica.
- Constatar cumplimiento de normativa para fuentes fijas D.S. N° 146/97 del Ministerio Secretaría General de La Presidencia, para analizar los niveles de ruido emanados hacia el exterior de la clínica. En caso de incumplimiento incluir en el diseño de las soluciones un plan mitigador para disminuir dichas emisiones.
- Las soluciones diseñadas además de lograr un ambiente sonoro adecuado, también deberá cumplir con los límites establecidos por Decreto Supremo N° 594/2000 del MINSAL, Aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.
- Realizar una revisión bibliográfica para establecer criterios de aceptabilidad de ambiente acústico en recintos clínicos.

### 3. PROYECTO DE CLÍNICA DENTAL MÓVIL, SERVICIO DE SALUD CHILOÉ

#### 3.1. Antecedentes Generales

En Abril del año 2009, se incorporó Clínica Dental Móvil al Servicio de Salud Chiloé, respondiendo a Programa de Clínicas Dentales Móviles implementado por el Ministerio de Salud de Chile, teniendo como estrategia cubrir lugares apartados del archipiélago de la provincia de Chiloé y ofrecer una atención dental personalizada a sus habitantes. Hoy en día, se confecciona un calendario anual mediante solicitudes que realizan las diez Municipalidades que conforman la Provincia de Chiloé. Este proyecto pertenece al Departamento de Redes Asistenciales del Servicio de Salud Chiloé.

En el camión actualmente existen dos box clínicos de atención, ya que en éste trabajan dos cirujanos dentistas de forma simultánea más un Técnico Paramédico de apoyo. Las jornadas de trabajo constan de 8 horas normales diarias en 11 meses del año, con una atención semanal promedio de 80 a 110 pacientes.

Los funcionarios de Clínica Dental Móvil son:

- Federico Lynam, Cirujano Dentista.
- María Zúñiga, Cirujano Dentista.
- Mónica Soto, Técnico Paramédico.

Sobre el vehículo se trata de un camión Iveco, modelo Dail 70,13 DC, tipo Furgón, con un Peso Bruto de 6.700 Kg.



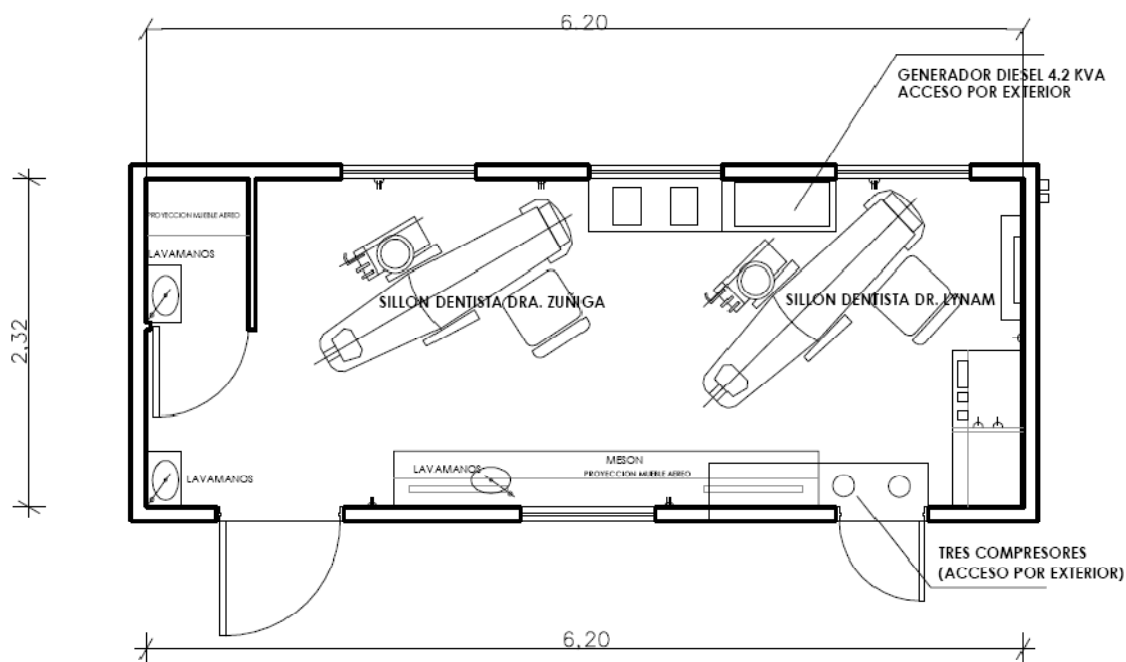
Figura 3.1: Camión Iveco Dail 70,13 DC acondicionado como Clínica Dental Móvil.

La estructura de la clínica que es fijada al chasis del camión y está compuesta básicamente por paneles de latón con un espesor de 2 mm, fijada a pilares de fierro cuadrado de 70\*70 mm con un de espesor de 4 mm.



Figura 3.2: Composición del clínico del camión dental.

El interior de la clínica dental, como ya se mencionó está compuesto por dos unidades completas montado sobre el chasis del móvil. Los puestos de trabajo se centran básicamente en los sillones dentales como se visualiza en la siguiente figura.



## PLANTA DE ARQUITECTURA SITUACIÓN ACTUAL

CLÍNICA DENTAL MÓVIL, SERVICIO DE SALUD CHILOÉ  
ESC 1/50

Figura 3.3: Planta arquitectura y esquematizaciones del Interior de Clínica Dental Móvil, Servicio de Salud Chiloé.

También es importante señalar que al interior del box clínico existen un mesón principal como se observa en la anterior figura, además de dos muebles destinado para documentos e insumos médicos, todos ellos elaborados en masisa enchapada de 2 cm de espesor.

## 4. MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 4.1. Materiales

Básicamente, este trabajo de tesis fue elaborada de acuerdo a datos y mediciones realizadas en Clínica Dental Móvil en funcionamiento. Para ello, se utilizaron principalmente un medidor de vibraciones, un sonómetro, calibrador, y software correspondiente para visualizar los datos adquiridos e interpretación de éstos.

En términos generales los materiales e instrumentos requeridos para desarrollar este estudio fueron:

#### 4.1.1. Analizador de Vibraciones SVAN 958, para registro de Vibraciones

- Analizador de Vibraciones SVAN 958 de 4 canales, configurado para realizar análisis FFT, con ventana Hanning (1920 líneas en banda de 224 kHz).
- Acelerómetro triaxial SV 3023M2 con sensibilidad nominal 1 mV/m-2. (10 mV/g).
- Acelerómetro de asiento SV39A/L (sensibilidad 100mV/g).
- Bajo Normativa ISO 8041:2005.



Figura 4.1: Analizador de Vibraciones SVAN 958 de 4 canales.



#### 4.1.2. Software SvanPC+.

- Software SvanPC+, ver. 1.0.21k.
- Software para visualizar y gestionar los registros de medición capturado por equipo Svantek Svan 958.

También se realizó un montaje previo en el Instituto de Acústica de la Universidad Austral de Chile, con el fin de preparar el equipo medidor de vibraciones, calibración de canales y la verificación de la adquisición de datos para la jornada de medición, enfocado en las funcionalidades del software SvanPC+. Para la calibración se utilizó el acelerómetro 4294 de Brüel & Kjaer y para la verificación de transmisión de datos se empleó lo siguiente:

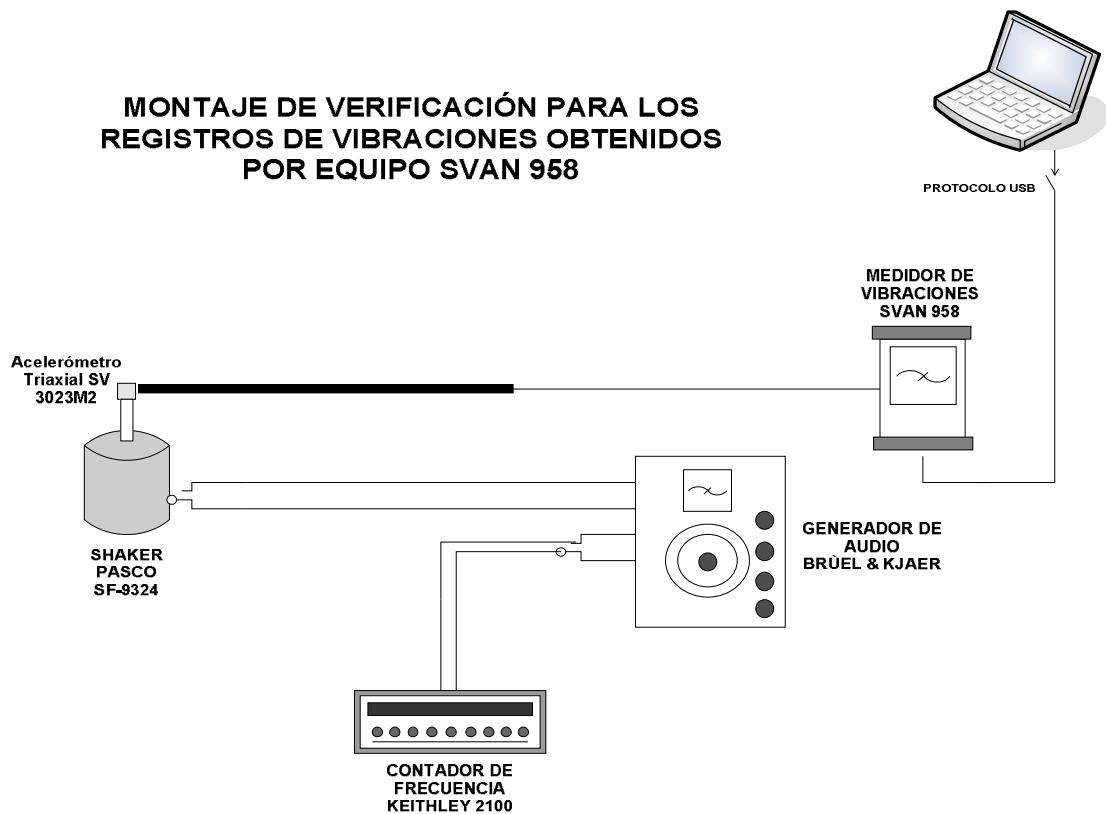


Figura 4.2: Montaje para la verificación de transmisión de datos entre equipo Svan 958 y software SvanPC+.

#### **4.1.3. Sonómetro QUEST TECHNOLOGIES SoundPro SP DL-2-1/1, para obtención de Niveles de Presión Sonora.**

El sonómetro Quest SoundPro Sp DL-2-1/1, es un instrumento que efectúa una amplia gama de mediciones acústicas, destinado para la medición de ruido ocupacional y ambiental. Este instrumento es de precisión configurado como tipo 2, utiliza un micrófono de condensador prepolarizado de 12 mm. Entrega las mediciones en pantalla, permitiendo observar: SPL, LEQ, L<sub>máx</sub>, L<sub>mín</sub>, LPK, SEL y tiempo de medición, entre otros. También permite seleccionar el modo de respuesta para la medición, ya sea “FAST”, “SLOW”, “IMPULSE” y “PEAK”, además de la frecuencia a ponderar A, C Y LIN. Posee intervalos de medición entre los 20 dB hasta los 140 dB. Además obedece las siguientes normas:

- IEC 61672-1-2002 Class 2 Sound Level Meter Type 2.
- ANSI S1.4-1983 (RS2001) Octave-Band Filters Class 1.
- IEC61260:2001 Octave Band Filters Class 1.
- ANSI S1.43-1997 (R2002) for Sound Level Meters Type 2.

#### **4.1.4. Calibrador QC-10 Quest Technologies.**

El pistófono calibrador QC-10 produce un tono de 1000 Hz a 114 dB, con este dispositivo se verificó y calibró antes de la jornada de mediciones. El calibrador está bajo las siguientes normas:

- ANSI S1. 40-1984- Standard For Sound Calibrators.
- IEC 942-1988 For Sound Calibrators.



Figura 4.3: Sonómetro Integrador Quest SP DL-2-1/1 y Pistófono Calibrador Quest QC-10.

#### 4.1.5. Materiales anexos.

Entre los materiales anexos, ocupados para las mediciones se tienen:

- Cinta adhesiva de papel.
- Cera de abeja para la fijación del acelerómetro en las superficies de medición.
- Software QuestSuite Professional II, para la obtención de los registros de Niveles de Presión Sonora.
- Software para la predicción del aislamiento acústico Insul v6.2.
- Cámara fotográfica digital.

## 4.2. Metodología

### 4.2.1. Visualización y Selección de Fuentes Generadoras de Ruido que serán incluidas en este estudio

Las mediciones tanto como para vibraciones y Niveles de Presión Sonora se realizaron el día 15 de Abril de 2010, en esa oportunidad Clínica Dental Móvil del Servicio de Salud Chiloé se encontraba ubicada en Posta de Salud Rural Linao, comuna de Ancud, de la Provincia de Chiloé. Por petición de los funcionarios de clínica móvil, se efectuaron estas mediciones en una jornada laboral normal.



Figura 4.4: Posta de Linao. Comuna de Ancud.

En primera instancia se inspeccionó el camión dental junto a los funcionarios, el objetivo de este recorrido fue visualizar las fuentes de ruido a considerar. Los trabajadores del camión dental describieron y catalogaron las fuentes emisoras de ruido que se encuentran en el camión dental, como Ruidos del Tipo Base, éstos producidos por elementos de utilización continua y Ruidos del Tipo Adicionales, producidos por elementos de utilización discontinua durante la jornada de trabajo diario.

Para los ruidos del tipo base se han catalogados los de:



**Turbinas**



**Eyectores**



**Compresores de aire**



**Lavadora Ultrasónica**

Figura 4.5: Fuentes de Ruido declaradas como del tipo base por los funcionarios de Clínica Dental Móvil, Servicio de Salud Chiloé <sup>[3]</sup>.

Mientras que para emisiones de ruido adicionales se tienen:



**Lámpara de Fotocurado**



**Amalgamador**



**Termocalefactor**



**Scalers**



**Autoclaves**



**Generador Eléctrico**

Figura 4.6: Fuentes de Ruido del tipo adicionales declaradas por los funcionarios de Clínica Dental Móvil, Servicio de Salud Chiloé.

Uno de los objetivos de este trabajo ha sido crear un ambiente acústico de similares características a los recintos hospitalarios, es por esto que se han excluido los equipos de uso habitual en una sala dental <sup>[4]</sup>, considerando sólo como fuentes de ruido los producidos por los dos compresores de aire que alimentan a los dos sillones dentales usados permanentemente en las labores diarias por el Dr. Federico Lynam y la Dra. María Zúñiga, y un generador eléctrico que se utiliza ocasionalmente para energizar los dos box de atención. A continuación se describen de forma más detalladas estos equipos:

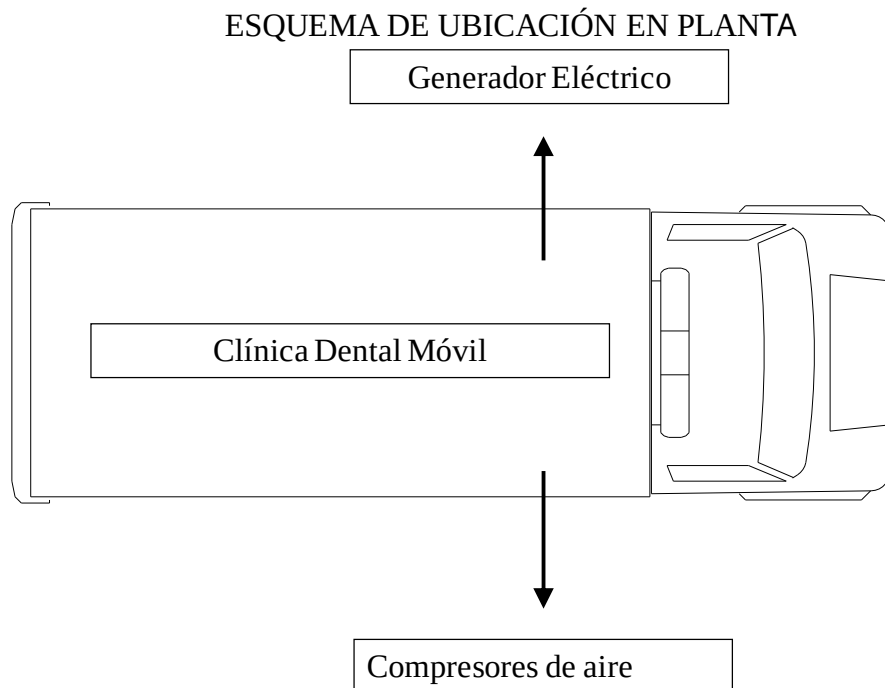


Figura 4.7: Ubicación de las fuentes de ruido descritas en una vista aérea del camión dental.

#### 4.2.1.1. Compresores de aire

En Clínica Dental Móvil, existen tres compresores instalados ya que este camión fue diseñado para realizar funciones con tres box de atención, pero hoy en día sólo se trabaja con dos de ellos, dejando inutilizado un compresor de aire. Los dos compresores son de iguales características, Marca Schulz, Modelo MSV 6, de Industria Brasileira, con las siguientes generalidades:

| COMPRESOR SCHULZ MSV 6/30                                                         |                                 |                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Simbología                                                                        | Especificaciones Técnicas       |                                                                  |
|  | Voltaje de Funcionamiento       | 220 V                                                            |
|  | Desplazamiento Teórico de motor | 6 pies <sup>3</sup> /min - 170 l/min                             |
|  | Revoluciones de Motor           | 1730 RPM                                                         |
|  | Presión Mínima de Operación     | 80 lbf/pol <sup>2</sup> - 5,5 bar                                |
|  | Presión Máxima de Operación     | 120 lbf/pol <sup>2</sup> - 8,3 bar                               |
|  | Nº de Etapas                    | 1                                                                |
| Unidad Compresora                                                                 | Nº de Pistones                  | 2 em V                                                           |
|  | Potencia                        | 1 Hp – 0,75 kW                                                   |
| Motor                                                                             | Tensión                         | 110 V / 220 V                                                    |
|  | Volumen del Reservatorio        | 30 L                                                             |
|  | Peso Bruto                      | 58 Kg                                                            |
|  | Peso Líquido                    | 41 Kg                                                            |
|  | Dimensiones                     | 440x670x440 mm<br>(AnchoxAltoxLargo)                             |
|  | Emisión de Ruido                | * 78 dB- Medido a 1 mt de distancia, con ruido de fondo de 65 dB |
| Observación: * Sin gabinete acústico, medido a 1 mt de distancia.                 |                                 |                                                                  |

Tabla 4.1: Especificaciones Técnicas entregado por fabricante de Compresor montado en Clínica Dental Móvil,  
link: <http://www.schulz.com.br>.



Figura 4.8: Compresor Schulz MSV 6/30





Figura 4.9: Compresor Schulz MSV 6/30 instalador en Clínica Dental Móvil. Se visualizan la separación de los acumuladores y motores.

#### ESQUEMA DE UBICACION EN ELEVACION

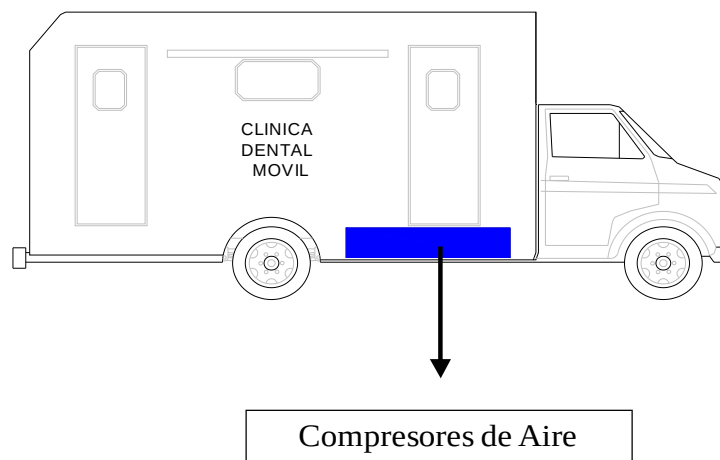


Figura 4.10: Ubicación de los Compresores de aire en Clínica Dental Móvil.

#### 4.2.1.2. Generador Eléctrico

El funcionamiento del generador eléctrico es de forma esporádica, pero es uno de los dispositivos que destaca mayormente por el ruido que emite dentro de las jornadas del camión clínico.

Algunas de las características técnicas de este generador son:

| <b>GENERADOR ELÉCTRICO</b><br><b>Especificaciones Técnicas</b> |                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Voltaje Nominal                                                | 230/110 V                                                                                                                                                              |
| Corriente Nominal                                              | 18,3 A                                                                                                                                                                 |
| Potencia de Salida Nominal                                     | 4,5 kVA                                                                                                                                                                |
| Máxima Potencia de Salida                                      | 5 kVA                                                                                                                                                                  |
| Velocidad de Giro Nominal                                      | 3000 rpm                                                                                                                                                               |
| Número de Fases Eléctrica                                      | Una                                                                                                                                                                    |
| Capacidad de Estanque de Combustible                           | 16 lts                                                                                                                                                                 |
| Peso Líquido                                                   | 94 Kg                                                                                                                                                                  |
| Tiempo de Continuidad                                          | 9,5 hrs con Potencia Nominal                                                                                                                                           |
| Nivel de Ruido sin carga                                       | 70 dBA/ 7 m                                                                                                                                                            |
| Nivel de Ruido con carga                                       | 74 dBA/ 7 m                                                                                                                                                            |
| Tipo de Combustible                                            | Petróleo                                                                                                                                                               |
| Tipo de Motor                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un cilindro</li> <li>• 4 Pistones</li> <li>• Motor Refrigerado por aire</li> <li>• Tipo Vertical</li> <li>• Diesel</li> </ul> |

Tabla 4.2: Especificaciones Técnicas de generador eléctrico montado en Clínica Dental Móvil.



Figura 4.11: Vista exterior e interior del lugar del gabinete de instalación del Generador en Clínica Dental.

## ESQUEMA DE UBICACION EN ELEVACION

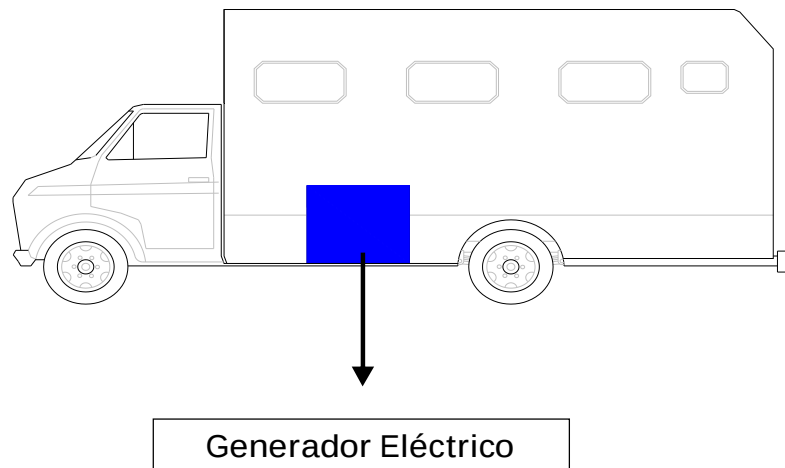


Figura 4.12: Ubicación del Generador Eléctrico en Clínica Dental Móvil.

Posterior a la elección de las fuentes a considerar se procedió a registrar mediante el sonómetro integrador los niveles de presión sonora emitidos por cada una de las fuentes, a una distancia aproximada de dos metros, obteniendo los siguientes resultados:

| <b>NIVELES DE PRESIÓN SONORA dB[A] OBTENIDOS EN EL EXTERIOR A 2 M DE DISTANCIA DE LAS FUENTES</b> |            |             |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|
| <b>Fuentes de Ruido</b>                                                                           | <b>Leq</b> | <b>Lmín</b> | <b>Lmáx</b> |
| Generador Eléctrico                                                                               | 71,7       | 71,0        | 72,5        |
| Compresor de aire                                                                                 | 69,4       | 69,1        | 69,9        |

Tabla 4.3: Niveles de Presión Sonora registrados a 2 m de distancia a las fuentes de ruido consideradas en este estudio.

También, con este anterior proceso, se logró comprobar que los ruidos emitidos por las fuentes correspondían a “Ruido Estable”, por presentar fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB [A] Lento, observado en un periodo de tiempo igual a un minuto, esto para la clasificación y evaluación en D.S. N° 146/97 MINSEGPRES y D.S. N° 594 MINSAL.

Posteriormente, se midió el ruido de fondo al interior del box dental, con la condición de tener todos los equipos, motores y dispositivos apagados, los valores registrados fueron:

| <b>RUIDO DE FONDO REGISTRADO AL INTERIOR DE CLÍNICA DENTAL MÓVIL, dB[A]</b> |             |             |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| <b>Leq</b>                                                                  | <b>Lmín</b> | <b>Lmáx</b> |
| 38,8                                                                        | 31,2        | 44,5        |

Tabla 4.4: Ruido de Fondo al interior del camión dental, registrado con todos los equipos apagados.

#### **4.2.2. Verificación de las condiciones laborales de los trabajadores de Clínica Dental Móvil, según Decreto Supremo N°594.**

Continuando con los procedimientos, se verificó las condiciones laborales que están expuestas los trabajadores dentales, para esto se realizaron mediciones tanto de vibraciones como de Niveles de Presión Sonora, en base al Decreto Supremo N° 594/2000 del MINSAL, Aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, del cual se hace alusión al capítulo 4, De la Contaminación Ambiental, Párrafo III, De los Agentes Físicos:

##### **1. Del Ruido.**

- Como exposición laboral a ruido, como ya se ha señalado se distinguió como ruido estable al ruido generado por las fuentes consideradas.
- Se ha realizado las mediciones de ruido estable con sonómetro integrador, configurado como tipo II, cumpliendo con las normas establecidas en el Artículo 72 de esta norma.
- Se midió el nivel de presión sonora continuo equivalente NPSeq o Leq, expresado en decibeles con ponderación A, y con respuesta lenta.
- Se realizó mediciones en base de una muestra de medición de ruido ocupacional en los puestos de trabajo de los dos dentistas, proyectándola a una jornada de 8 horas diarias, ya que las emisiones de ruido de las fuentes a

considerar son suficientemente constantes, además por el espacio reducido del recinto involucrado.

- Los valores obtenidos se compararon con los entregados en tabla, por este decreto en su artículo 75. Valores que se entenderán para trabajadores expuestos sin protección auditiva personal.

## **2. De las Vibraciones.**

- El reglamento establece que se entiende por vibración al movimiento oscilatorio de las partículas de los cuerpos sólidos.
- Se debe distinguir la exposición a vibraciones segmentaria del componente mano- brazo o exposición del segmento mano-brazo y la exposición de cuerpo entero o exposición global.
- Las vibraciones muestreadas se asimilaron a las vibraciones globales o de cuerpo entero, estos registros de aceleración vibratoria se midieron en la dirección que establece la normativa para un sistema de coordenadas ortogonales tomando como punto de referencia el corazón, estos son:

Eje Z (aZ) De los pies a la cabeza.

Eje X (aX) De la espalda al pecho.

Eje Y (aY) De derecha a izquierda.

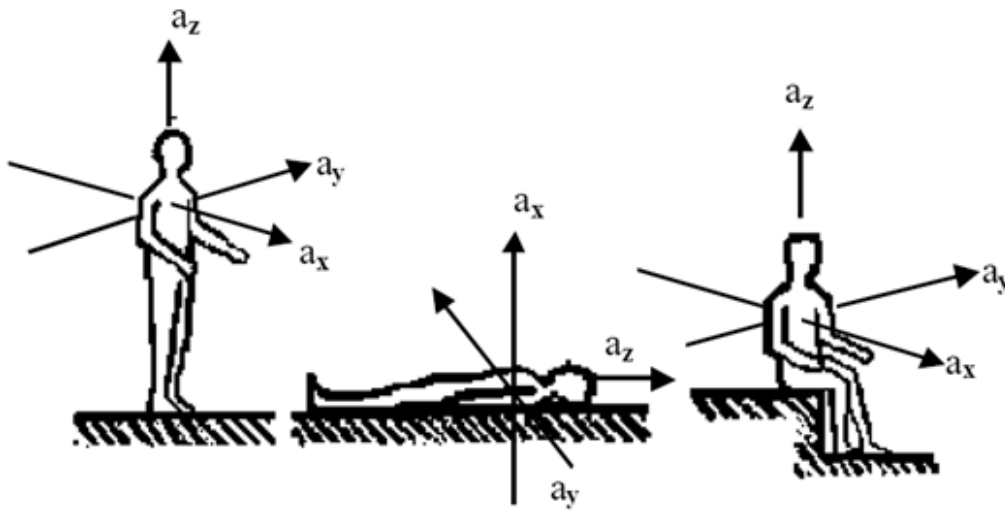


Figura 4.13: Sistema de coordenadas ortogonales que se deben considerar para las mediciones de aceleración recibidas por los individuos en ambiente laboral.

- Las mediciones de la exposición a vibración se efectuaron con un sistema de transducción triaxial, con el fin de registrar con exactitud la aceleración vibratoria generada por la fuente, en la gama de frecuencias de 1 Hz a 80 Hz.
- Las mediciones se realizaron de forma simultánea para cada eje coordenada ( $a_z$ ,  $a_x$ , y  $a_y$ ), donde se consideró como magnitud el valor de la aceleración equivalente ponderada en frecuencia ( $A_{eq}$ ) expresada en metros por segundo al cuadrado ( $m/s^2$ ).
- La aceleración obtenida equivalente ponderada en frecuencia ( $A_{eq}$ ) se calculó con los valores permitidos para una jornada de 8 horas por cada eje de medición, descritos en tabla del Artículo 87 de esta normativa.
- Según artículo 88 de esta normativa, se consideró las aceleraciones equivalentes ponderadas en frecuencia diferentes a las establecidas en el artículo 87, permitiéndose éstas siempre y cuando el tiempo de exposición no exceda los valores indicados en tabla contenida en este artículo 88.

La toma de mediciones se realizó en los puestos de trabajo de los médicos dentales Federico Lynam y María Zúñiga, específicamente cercanos a los dos sillones dentales.

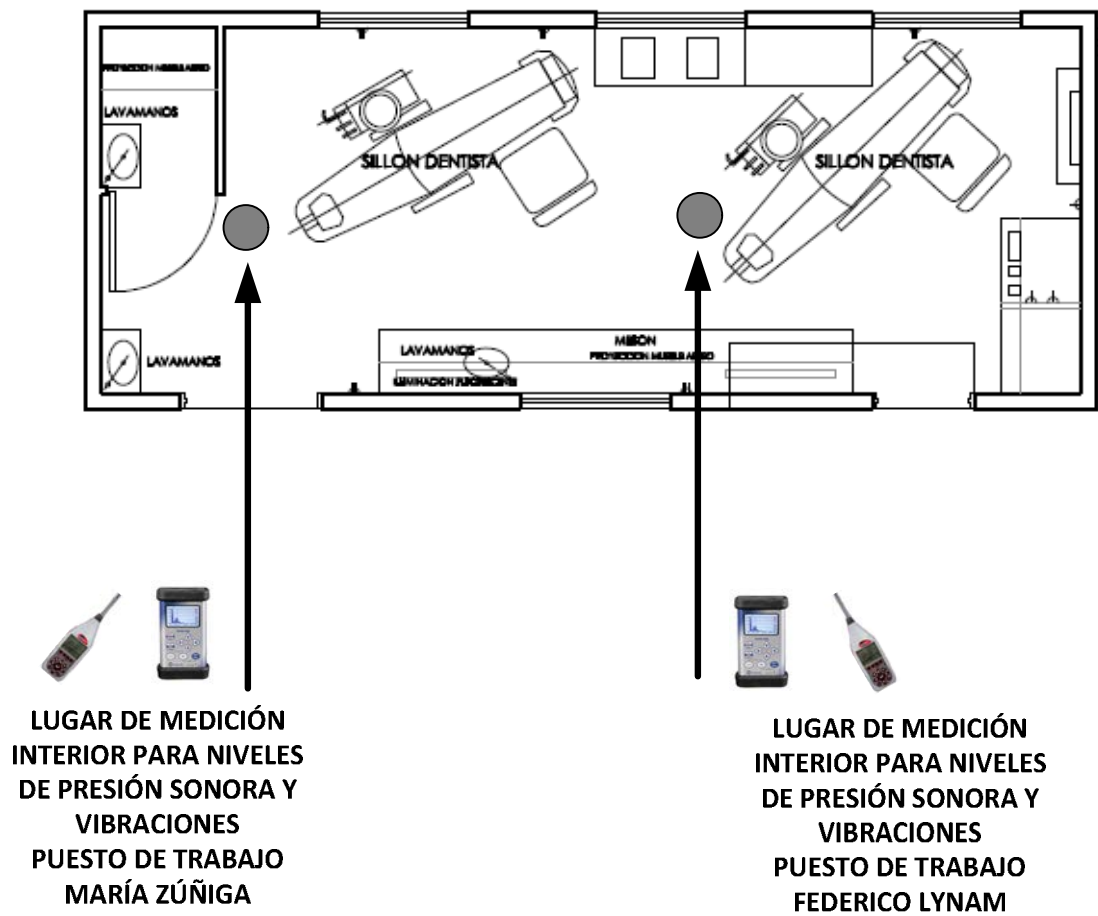


Figura 4.14: Puntos de Medición elegidos para Normativa D.S N°594.

#### 4.2.3. Consideraciones de Niveles de Presión Sonora para el interior de la Clínica Dental Móvil asimilando ambiente acústico hospitalario.

Para dejar el interior de la Clínica Dental Móvil con un ruido de fondo asimilado a un ambiente acústico clínico mientras esté en funcionamiento las fuentes consideradas y las recomendaciones que se entregarán en el presente estudio, se recurrió a la tabla 4.5, que otorga un nivel de ruido de fondo apropiado para cada tipo de recinto, y la clasifica según las curvas de Criterios de Ruido NC <sup>[5]</sup>, Noise Criteria, de uso comúnmente en Estados Unidos, o su semejante, las curvas de criterio NR, Noise Rating, desarrollada y empleada por la Organización Internacional para la Estandarización ISO.

| Locales                                             | dB[A] | NR    |
|-----------------------------------------------------|-------|-------|
| <b>Hospitales</b>                                   |       |       |
| Departamentos, enfermerías, centros quirúrgicos     | 35-45 | 30-40 |
| Laboratorios, áreas para uso público                | 40-50 | 35-45 |
| Servicios                                           | 45-55 | 40-50 |
| <b>Escuelas</b>                                     |       |       |
| Bibliotecas, salas de música, salas de descanso     | 35-45 | 30-40 |
| Salas de clases, laboratorios                       | 40-50 | 35-45 |
| Circulación                                         | 45-55 | 40-50 |
| <b>Hoteles</b>                                      |       |       |
| Departamentos                                       | 35-45 | 30-40 |
| Restaurantes, salas de estar                        | 40-50 | 40-55 |
| <b>Residenciales</b>                                |       |       |
| Dormitorios                                         | 35-45 | 30-40 |
| Salas de estar                                      | 40-50 | 35-45 |
| <b>Auditorios</b>                                   |       |       |
| Salas de concierto, teatros                         | 30-40 | 25-30 |
| Salas de conferencia, cines y de uso múltiple       | 35-45 | 30-35 |
| <b>Oficinas</b>                                     |       |       |
| Salas de reunión                                    | 30-40 | 25-35 |
| Salas de gerencia, proyectos y administración       | 35-45 | 30-40 |
| Salas de computadores                               | 45-65 | 40-60 |
| Salas de mecanografía                               | 50-60 | 45-55 |
| Iglesias y templos (cultos meditativos)             | 40-50 | 35-45 |
| <b>Locales deportivos</b>                           |       |       |
| Pabellones cerrados para espectáculos y actividades | 45-60 | 40-55 |

Tabla 4.5: Niveles de Presión Máximo de ruido de fondo propio para cada recinto, además se categorizan para la aplicación de las curvas NR.



La tabla 4.5 muestra los niveles de ruido de fondo recomendado para cada tipo de recinto y su clasificación NR. Esta clasificación indica que para un recinto hospitalario en sectores desde Departamentos, enfermerías o centros quirúrgicos se deben tener valores de ruido de fondo hasta los 45 dB [A], correspondiendo a la curva NR 40. Al emplear esta curva mediante la gráfica de la ilustración 4.15 y tabla 4.5, se encontró los niveles de ruido de fondo que se deben respetar, es decir, para cumplir con el objetivo de dejar el interior del box dental con un ruido de fondo similar a un ambiente acústico clínico, los nuevos valores del espectro de ruido que se obtengan al interior de la clínica, una vez que se hayan implementado las soluciones recomendadas en este estudio, deben estar situados por debajo de la curva NR 40 para todo el espectro.

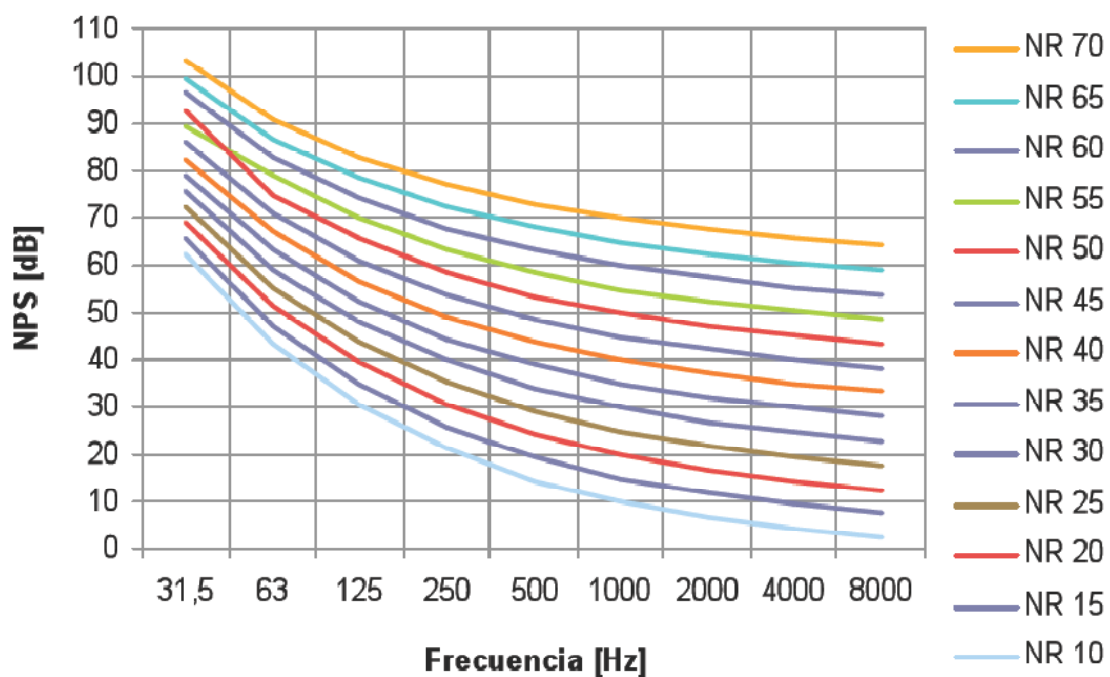


Figura 4.15: Gráfica representando las curvas NR de evaluación de ruido.

| <b>Máximo Nivel de Presión Sonora dB</b> |                                                 |             |            |            |            |             |             |             |             |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>Noise Rating<br/>NR<br/>Curve</b>     | <b>Frecuencia Central de Banda de Octava Hz</b> |             |            |            |            |             |             |             |             |
|                                          | <b>31,5</b>                                     | <b>62,5</b> | <b>125</b> | <b>250</b> | <b>500</b> | <b>1000</b> | <b>2000</b> | <b>4000</b> | <b>8000</b> |
| NR 0                                     | 55                                              | 36          | 22         | 12         | 5          | 0           | -4          | -6          | -8          |
| NR 10                                    | 62                                              | 43          | 31         | 21         | 15         | 10          | 7           | 4           | 2           |
| NR 20                                    | 69                                              | 51          | 39         | 31         | 24         | 20          | 17          | 14          | 13          |
| <b>NR 30</b>                             | <b>76</b>                                       | <b>59</b>   | <b>48</b>  | <b>40</b>  | <b>34</b>  | <b>30</b>   | <b>27</b>   | <b>25</b>   | <b>23</b>   |
| <b>NR 40</b>                             | <b>83</b>                                       | <b>67</b>   | <b>57</b>  | <b>49</b>  | <b>44</b>  | <b>40</b>   | <b>37</b>   | <b>35</b>   | <b>33</b>   |
| <b>NR 50</b>                             | <b>89</b>                                       | <b>75</b>   | <b>66</b>  | <b>59</b>  | <b>54</b>  | <b>50</b>   | <b>47</b>   | <b>45</b>   | <b>44</b>   |
| NR 60                                    | 96                                              | 83          | 74         | 68         | 63         | 60          | 57          | 55          | 54          |
| NR 70                                    | 103                                             | 91          | 83         | 77         | 73         | 70          | 68          | 66          | 64          |
| NR 80                                    | 110                                             | 99          | 92         | 86         | 83         | 80          | 78          | 76          | 74          |
| NR 90                                    | 117                                             | 107         | 100        | 96         | 93         | 90          | 88          | 86          | 85          |
| NR 100                                   | 124                                             | 115         | 109        | 105        | 102        | 100         | 98          | 96          | 95          |
| NR 110                                   | 130                                             | 122         | 118        | 114        | 112        | 110         | 108         | 107         | 105         |
| NR 120                                   | 137                                             | 130         | 126        | 124        | 122        | 120         | 118         | 117         | 116         |
| NR 130                                   | 144                                             | 138         | 135        | 133        | 131        | 130         | 128         | 127         | 126         |

Tabla 4.6: Niveles de presión máxima de ruido de fondo por banda de octava.

#### 4.2.4. Revisión de Antecedentes para establecer criterios de aceptabilidad de ambiente acústico en recintos clínicos.

Además de emplear en este estudio las curvas NR y definir que el ruido de fondo es hasta 45 dB para un recinto hospitalario similares a los box dentales del Camión, también se efectuó una revisión bibliográfica general para establecer criterios de ambiente acústico en recintos clínicos. Se señala que para determinar el grado de confort ambiental en un entorno, los parámetros que se analizan son los valores de Ruido, Temperatura e Iluminación. Para conocer y valorar el malestar de una persona o de un colectivo frente al ruido, es necesario disponer de una escala que relacione la respuesta subjetiva de las personas con los valores que alcanzan las características físicas del ruido. En este aspecto, las curvas NR referidas representar fielmente lo alcanzado anteriormente en cuanto a ruido.

La mayoría de las reseñas bibliográficas encontradas en la búsqueda de criterios de aceptabilidad de ambiente acústico en recintos clínicos, entregan información sobre el aumento de niveles de ruido dentro de las dependencias hospitalarias, debido a que año a año, se requieren hospitales de mayores dimensiones, con mayor número de equipamiento clínico e instalaciones. Existen diversos monitoreos de niveles de presión sonora a las distintas unidades que integran un establecimiento de salud, como por ejemplo “Noise Pollution on Wards in Iringa Regional Hospital, Tanzania”<sup>[20]</sup>, que describe el comportamiento acústico de este tipo de recinto. También, desde el sitio [www.acoustics.com](http://www.acoustics.com) se obtienen diversos artículos que informan sobre el ruido en edificios de salud.

Como información de altos niveles de ruido en salas hospitalarias en Chile, existen diversos reportes que entregan esta problemática reiteradamente en la Unidades Neonatales, específicamente las Unidades de Cuidado Intensivo para Neonatal, ver por ejemplo revista C & T “Ciencia y Trabajo, link: <http://www.cienciaytrabajo.cl/pdfs/20/c20.pdf>.

La preocupación de ambientes acústicos confortables dependerá de los equipamientos e instalaciones en las unidades más delicadas, como por ejemplo: Neonatología, Unidades de Cuidado Intensivo y Pabellones. Se señala que el llamado PMA “Programa Médico Arquitectónico” es el instrumento técnico que determina la dimensión, características, relaciones funcionales de los ambientes y espacios físicos, las características de las instalaciones sanitarias, eléctricas y especiales que son requeridas para el funcionamiento de los equipo y mobiliario, así como otras condiciones que son indispensables para que el personal desarrolle las actividades propias de cada unidad funcional.

Este programa de cada unidad funcional debe incluir:

- Objetivos de la Unidad.
- Actividad que se realizan
- Ubicación.
- Relaciones funcionales según las necesidades de comunicación y sinergia entre los diferentes servicios y unidades del hospital.
- Ambientes y espacios físicos que incluya: número, disposición, dimensionamiento, equipamiento básico, condiciones básicas de operación, instalaciones, ventilación, iluminación y posibilidades de expansión.
- Programa de áreas de la unidad funcional.

- Se determina las superficies útiles mínimas necesarias para que se realicen las actividades del personal y se coloquen los equipos y mobiliarios. Para la estimación del área total, se debe añadir al programa de áreas, un coeficiente que represente el ancho de muros y las circulaciones. Este coeficiente para el caso de hospitales, es de 30% o más del área total útil de los ambientes y espacios físicos.

Se hace referencia al PMA para realizar un eventual proceso de control de ruido dentro de un establecimiento hospitalario, ya que es el programa que entrega los criterios fundamental para no alterar la funcionalidad de este tipo de recintos, especialmente en redes de aire acondicionado, temperaturas nominales de cada sala y sistema de renovación de aire. Pero en resumen, los valores arrojados por las curvas NR, entregan un parámetro apropiado para definir un recinto clínico, según la funcionalidad o unidad.

#### **4.2.5. Cuantificación de Niveles de Presión Sonora según D.S. N° 146/1997 MINSEGPRES, introduciendo escenario desfavorable para Clínica Dental Móvil hacia la vecindad.**

Se realizaron mediciones de presión sonora externas a Clínica Dental Móvil, con el fin de otorgar representatividad a las zonas de incidencia directa a las emisiones de ruido y así evaluar estas emisiones según normativa para fuentes fijas. Estas mediciones y procedimientos se realizaron según las siguientes pautas y definiciones establecidas en esta normativa, estas son:

- Se registraron Niveles de Presión Sonora Continuo Equivalente Leq, Niveles de Presión Sonora Máximo,  $L_{máx}$  y Niveles de Presión Sonora Mínimo,  $L_{mín}$ , todos ellos expresados en dB [A].
- Se calculó Nivel de Presión Sonora Corregido, NPC, este corresponde al nivel de presión sonora que resulte de las correcciones establecidas en la normativa a aplicar.
- Se consideró un receptor ficticio, considerando tres los lugares de medición, con una distancia aproximada de 10 mts del camión dental para estos tres

lugares establecidos y en radiación directa al ruido producido por el camión dental, ver figura 4.16.

- Según las muestras de Nivel de Presión Sonora registradas al principio de la jornada de medición, se clasificó las emisiones de las fuentes consideradas como Ruido Estable, por presentar fluctuaciones de nivel de presión sonora, en un rango inferior o igual a 5 dB [A], observado en un periodo de tiempo igual a un minuto.
- Como Ruido de Fondo, se estableció un valor de 35 dB [A], para efectuar los cálculos de Nivel de Presión Sonora Corregido.
- Como se está presentando escenario acústico desfavorable para Clínica Dental Móvil, se ha establecido que los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de la emisión de ruido, medidos en los lugares elegidos y descritos, no podrán superar al ruido de fondo en 10 dB [A] o más.
- Al presentar el diseño de las soluciones acústicas, las emisiones de ruido simuladas por Clínica Dental Móvil deberán cumplir con los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos, no superando los 10 dB [A] al ruido de fondo creado.

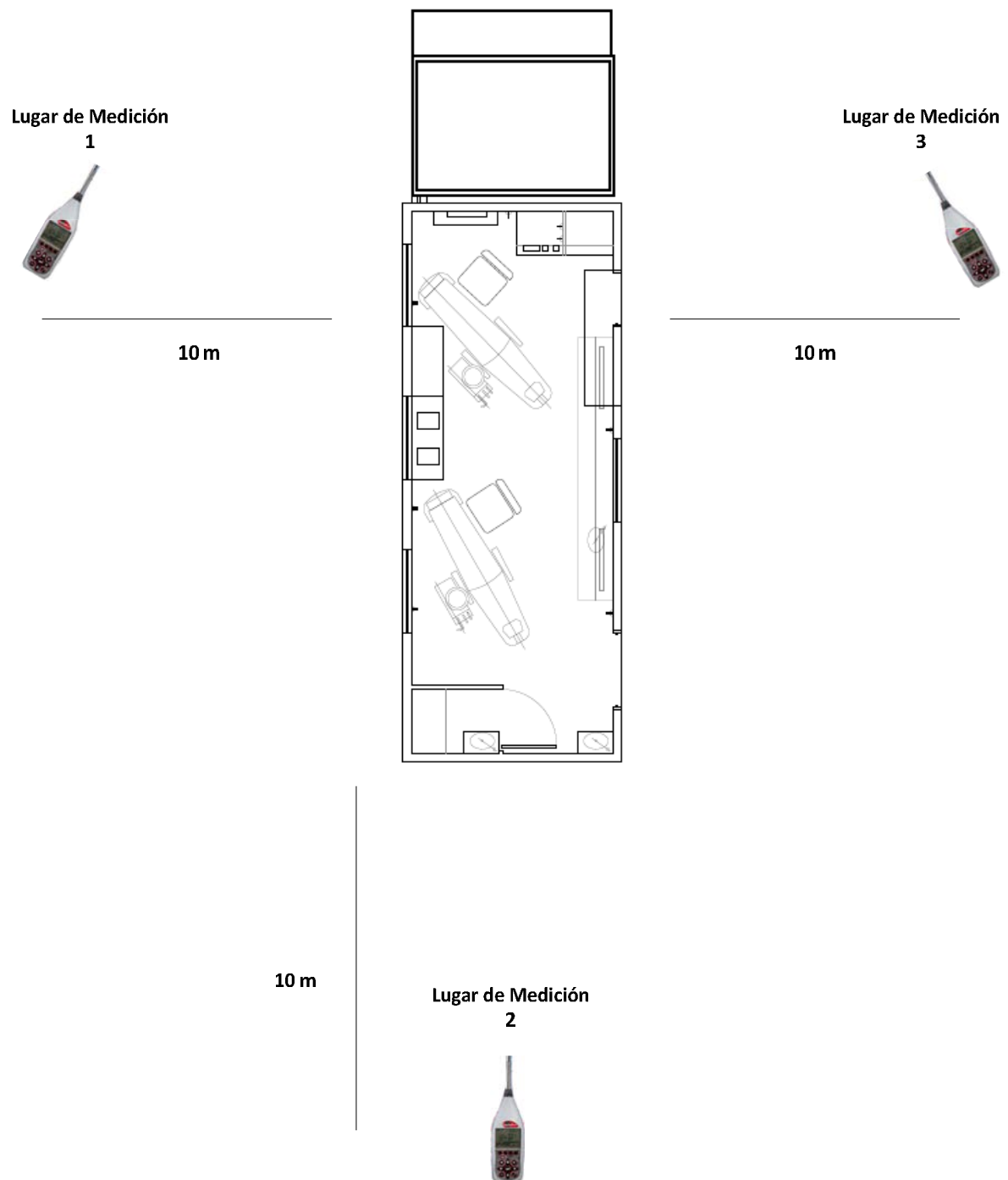


Figura 4.16: Puntos de Medición elegidos para Normativa D.S N°146.

#### **4.2.6. Registros de Mediciones de Niveles de Presión Sonora y Vibraciones a las fuentes de ruido consideradas, para implementar y respaldar soluciones acústicas.**

Por último, al verificar los altos Niveles de Presión Sonora encontrados, se realizaron registros de vibraciones y Niveles de Presión Sonora por espectro de octava a las fuentes consideradas y según los siguientes escenarios:

- **1 Compresor de aire en funcionamiento, registro de Vibraciones**
  - o Medición de Vibración en superficie del compresor.
  - o Medición de vibración en estructura del gabinete del compresor.
  
- **1 Compresor de aire en funcionamiento, registro de Niveles de Presión Sonora.**
  - o Medición Exterior de Niveles de Presión Sonora en espectro de octava cercana a la fuente.
  - o Medición Interior de Clínica Dental de Niveles de Presión Sonora en espectro de octava.
  
- **2 Compresores de aire en funcionamiento, registro de Vibraciones**
  - o Medición de vibración en estructura de soporte para los compresores.
  - o Medición Interior en Clínica Dental Móvil.
  
- **2 Compresores de aire en funcionamiento, Registro de Niveles de Presión Sonora**
  - o Medición exterior a la Clínica Dental Móvil cercana a la fuente.
  - o Medición Interior en Clínica Dental Móvil.
  
- **Generador eléctrico en funcionamiento, registro de Vibraciones**
  - o Medición de vibración en superficie del generador.
  - o Medición de vibración en estructura del gabinete del generador.
  - o Medición de vibración en el interior de Clínica Dental Móvil.

- **Generador eléctrico en funcionamiento, registro de Niveles de Presión Sonora.**
  - o Medición exterior a la Clínica Dental Móvil cercana a la fuente.
  - o Medición interior a la Clínica Dental Móvil.
  
- **Generador eléctrico en funcionamiento, fuera del gabinete de instalación, registro de Niveles de Presión Sonora.**
  - o Medición interior a la Clínica Dental Móvil.



## 5. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

### 5.1. Resultados obtenidos para la verificación de las condiciones laborales de los trabajadores de Clínica Dental Móvil, según Decreto Supremo N°594.

#### 5.1.1. Ruido

El ruido que se ha registrado al considerar como fuentes el generador eléctrico y los dos compresores de aire en funcionamiento, es de tipo estable. Los valores que registraron corresponde a una toma de niveles de presión de aproximadamente tres minutos por cada puesto de trabajo, esto se debe al comportamiento suficientemente uniforme del ambiente acústico. A continuación se presentan los registros de Niveles de Presión Sonora por cada puesto de trabajo:

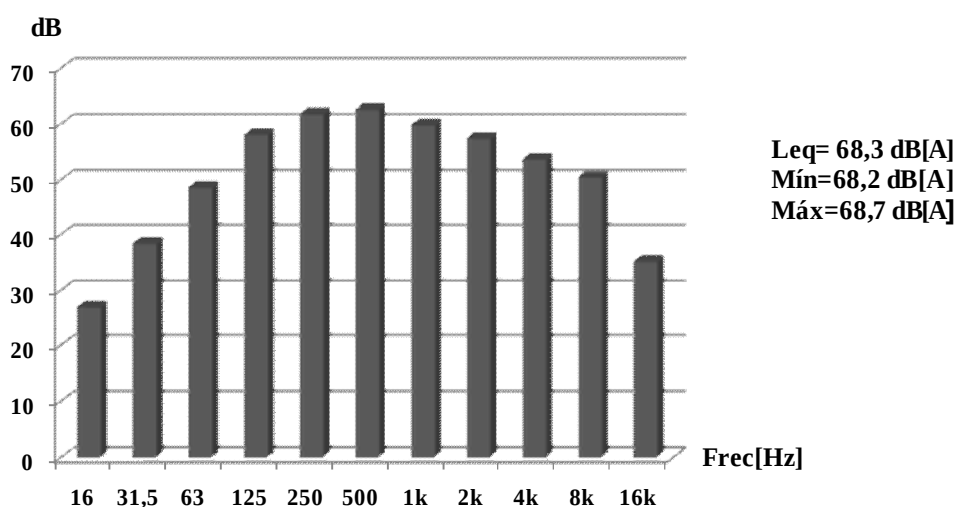


Figura 5.1: Niveles de Presión Sonora por banda de octava obtenidos durante el funcionamiento del generador y los dos compresores. Lugar de medición puesto de trabajo de Federico Lynam.

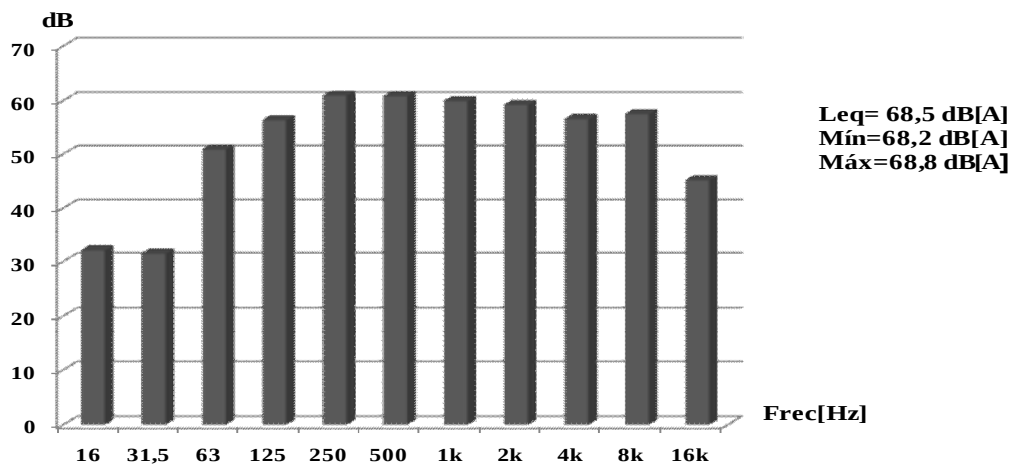


Figura 5.2: Niveles de Presión Sonora por banda de octava obtenidos durante el funcionamiento del generador y los dos compresores. Lugar de medición puesto de trabajo de María Zúñiga.

Los Niveles de Presión Sonora equivalentes medidos en dB[A], en respuesta Lenta, no superan los 85 dB[A] según lo que establece el Artículo 74, describiendo que ningún trabajador podrá estar expuesto a un nivel de presión sonora continuo equivalente superior a 85 dB[A] en una jornada de labor de 8 horas.

Los Niveles de presión Sonora equivalentes fueron de 68, 3 y 68, 5 dB[A] para los puestos de trabajo de Federico Lynam y María Zúñiga respectivamente.

### 5.1.2. Vibraciones

Según el Artículo 87 del Decreto Supremo N°594, Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en Los Lugares de Trabajo, indica que la aceleración equivalente ponderada en frecuencia  $A_{eq}$  máxima permitida para una jornada de 8 horas descrita por cada eje medición, serán los siguientes:

| Eje de Medición | $A_{eq}$ Máxima Permitida<br>[m/s <sup>2</sup> ] |
|-----------------|--------------------------------------------------|
| z               | 0,63                                             |
| x               | 0,45                                             |
| y               | 0,45                                             |

Tabla 5.1: Valores de aceleración equivalente ponderados en frecuencias  $A_{eq}$  máximos para los tres ejes de medición permitidos para una jornada de labor de 8 horas.

Los valores de aceleración equivalente ponderados en frecuencias  $A_{eq}$  que se obtuvieron para cada puesto de trabajo se visualizan a continuación:

|                         | Ch1 (VLM)               | Ch2 (VLM)               | Ch3 (VLM)               |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                         | P1 (HP1, 500 ms)        | P1 (HP1, 500 ms)        | P1 (HP1, 500 ms)        |
| Date & time             | RMS [m/s <sup>2</sup> ] | RMS [m/s <sup>2</sup> ] | RMS [m/s <sup>2</sup> ] |
| 15/04/2010 14:21:24.100 | 0,242672892             | 0,309044676             | 0,511579454             |
|                         | <b>Eje X</b>            | <b>Eje Y</b>            | <b>Eje Z</b>            |

Tabla 5.2: Planilla entregada por Software SvanPC+ al crear valor de Aceleración RMS obtenidos en cada eje para puesto de trabajo de Federico Lynam

|                         | Ch1 (VLM)               | Ch2 (VLM)               | Ch3 (VLM)               |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                         | P1 (HP1, 500 ms)        | P1 (HP1, 500 ms)        | P1 (HP1, 500 ms)        |
| Date & time             | RMS [m/s <sup>2</sup> ] | RMS [m/s <sup>2</sup> ] | RMS [m/s <sup>2</sup> ] |
| 15/04/2010 15:13:38.100 | 0,18369844              | 0,214468319             | 0,302954325             |
|                         | <b>Eje X</b>            | <b>Eje Y</b>            | <b>Eje Z</b>            |

Tabla 5.3: Planilla entregada por Software SvanPC+ al crear valor de Aceleración RMS total obtenidos en cada eje para puesto de trabajo de María Zúñiga.

Se visualiza para cada puesto de trabajo, que los niveles de aceleración obtenidos no superan al que establece el Artículo 87 de este decreto. El máximo registro se encontró en el eje Z del puesto de trabajo del Sr. Federico Lynam que correspondió a  $0,511 \text{ m/s}^2$ .

Para poseer un control sobre el tiempo de exposición en que los funcionarios puedan someterse a estos niveles, se debe comparar los registros con los valores que describe el Artículo 88 de este mismo decreto.

| Tiempo de exposición (horas) | Aeq Máxima Permitida |             |             |
|------------------------------|----------------------|-------------|-------------|
|                              | Z                    | X           | Y           |
| 12                           | 0,50                 | 0,35        | 0,35        |
| <b>11</b>                    | <b>0,53</b>          | <b>0,38</b> | <b>0,38</b> |
| 10                           | 0,56                 | 0,39        | 0,39        |
| 9                            | 0,59                 | 0,42        | 0,42        |
| 8                            | 0,63                 | 0,45        | 0,45        |
| 7                            | 0,70                 | 0,50        | 0,50        |
| 6                            | 0,78                 | 0,54        | 0,54        |
| 5                            | 0,90                 | 0,61        | 0,61        |
| 4                            | 1,06                 | 0,71        | 0,71        |
| 3                            | 1,27                 | 0,88        | 0,88        |
| 2                            | 1,61                 | 1,25        | 1,25        |
| 1                            | 2,36                 | 1,70        | 1,70        |
| 0,5                          | 3,30                 | 2,31        | 2,31        |

Tabla 5.4: Tiempo de exposición máximo para los niveles de Aceleraciones equivalentes ponderadas en frecuencia para cada eje de medición.

Con el valor registrado en el puesto de trabajo del Sr. Federico Lynam no se podría estar expuesto a una jornada de trabajo por 11 horas, pero al poseer los funcionarios con jornadas normal de trabajo, esto es 8 horas, se encuentran dentro de lo establecido por este decreto en cuanto a vibraciones.

A continuación se visualizan el detalle por frecuencia de los registros obtenidos de los valores de aceleraciones en cada puesto de trabajo, con el fin de visualizar el comportamiento de los niveles de aceleración en función a frecuencia.

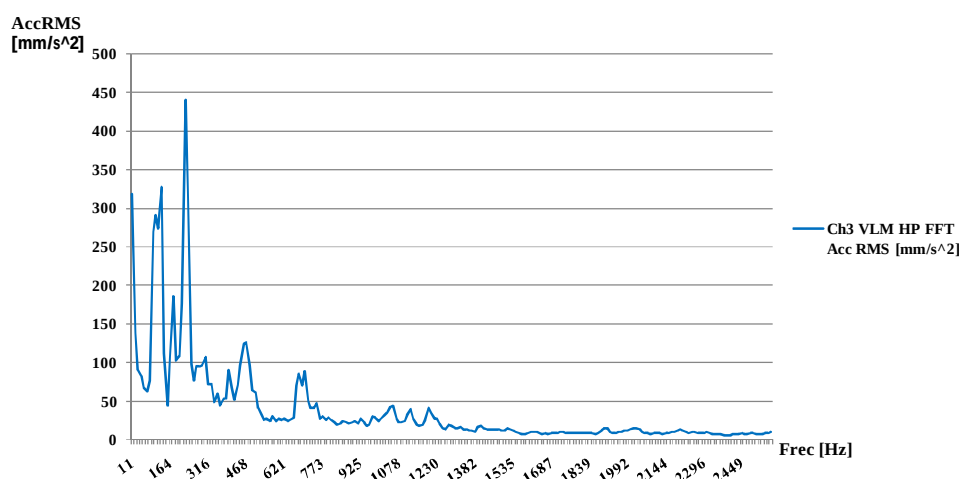


Figura 5.3: Niveles de Aceleración RMS por frecuencias obtenidos en puesto de trabajo Federico Lynam

Los valores de aceleración registrados en el puesto de trabajo del Sr. Federico Lynam pertenecen básicamente a frecuencias bajas, existiendo valores relativamente destacados en los 164 y 200 Hz, alcanzando 320 y 445  $\text{mm/s}^2$  respectivamente.

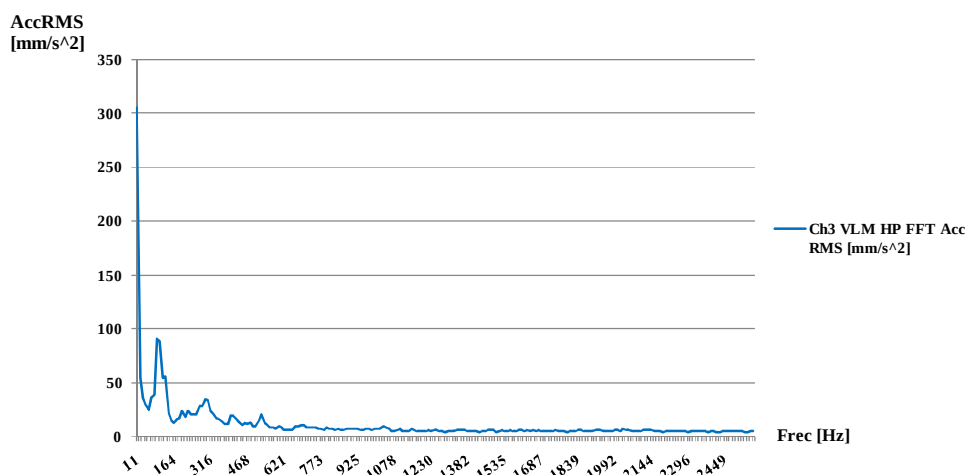


Figura 5.4: Niveles de Aceleración RMS por frecuencias obtenidos en puesto de trabajo María Zúñiga.

Existe una notable atenuación entre los niveles de aceleración obtenidos en el puesto de trabajo de María Zúñiga con respecto al anterior puesto de trabajo medido, en igual forma se conservan sólo valores importantes en frecuencias bajas, inferior a los 100 Hz.

## 5.2. Resultados obtenidos para la cuantificación de Niveles de Presión Sonora según D.S. N° 146/1997 MINSEGPRES, introduciendo escenario desfavorable para clínica dental móvil hacia la vecindad.

### 5.2.1. Medición según D.S. N° 146/1997 MINSEGPRES, para el funcionamiento del generador eléctrico.

#### 5.2.1.1. Lugar de Medición 1.

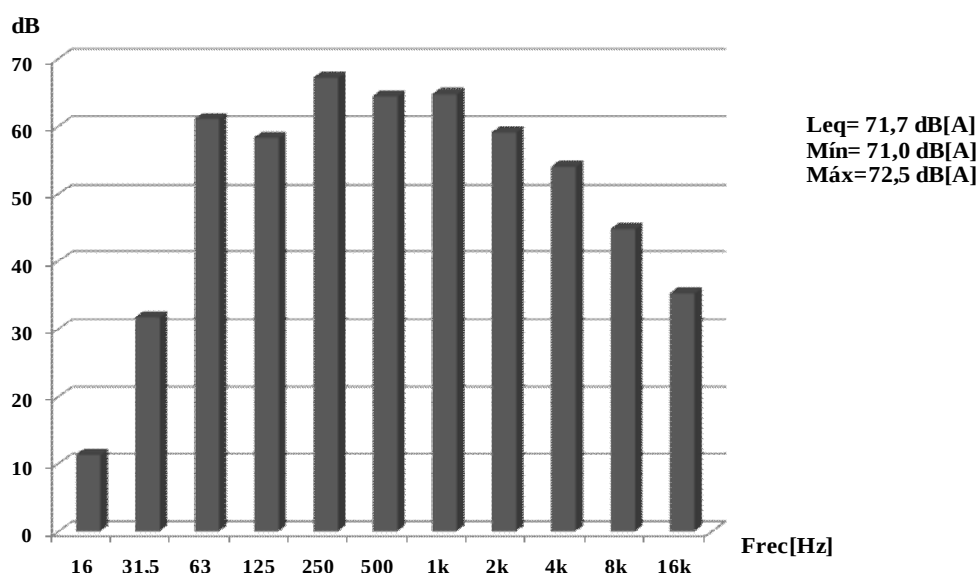


Figura 5.5: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, Lugar de Medición N°1 para D.S. N°146/1997, fuente considerada Generador Eléctrico.

## 5.2.1.2. Lugar de Medición 2.

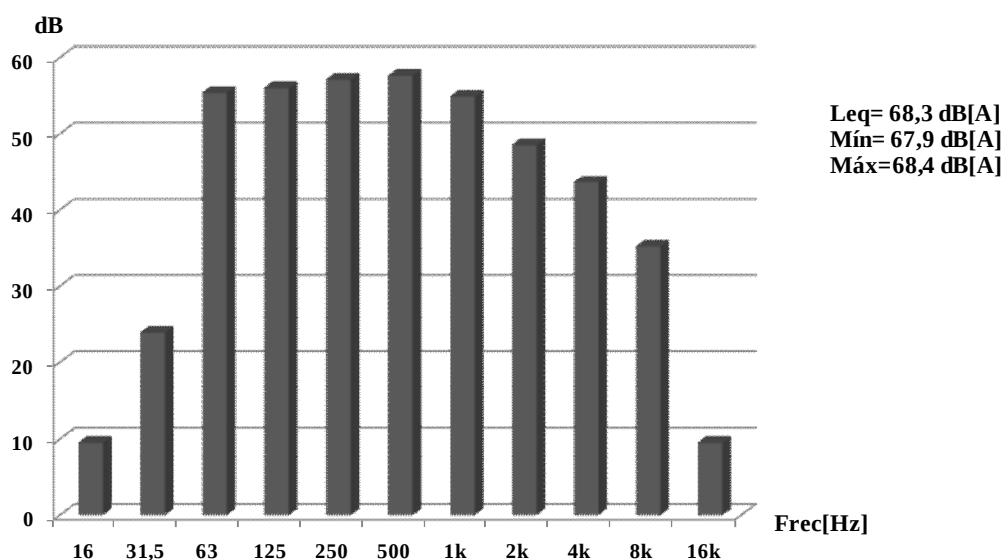


Figura 5.6: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, Lugar de Medición N°2 para D.S. N°146/1997, fuente considerada Generador Eléctrico.

## 5.2.1.3. Lugar de Medición 3.

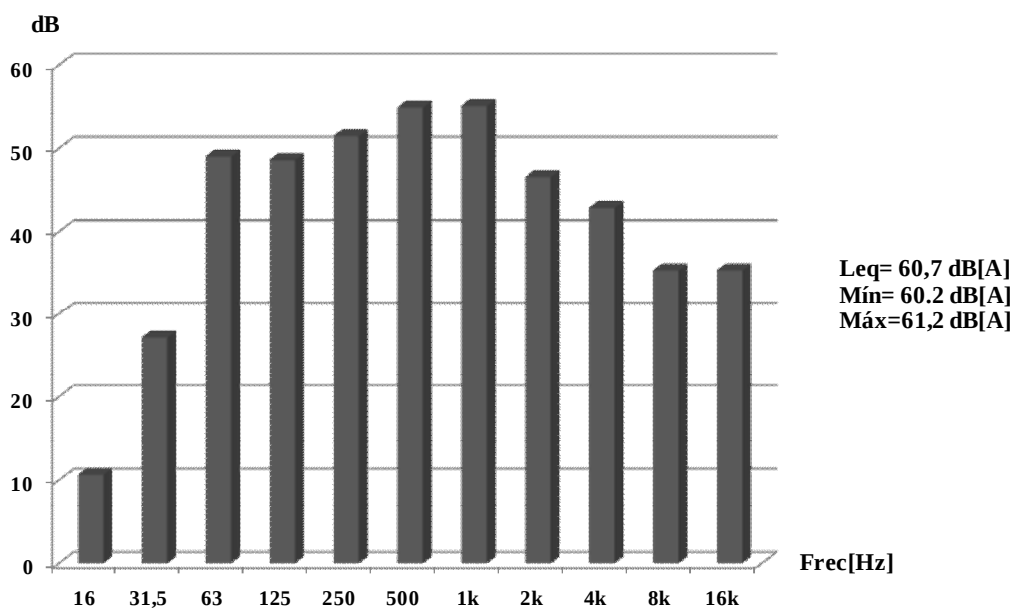


Figura 5.7: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, Lugar de Medición N°3 para D.S. N°146/1997, fuente considerada Generador Eléctrico.

El escenario desfavorable que se armó y se debe evaluar según Parte 5° de Título III de Los Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora Corregido del D.S. N° 146/1997 MINSEGPRES, donde indica que “En las áreas rurales, los niveles de presión sonora corregidos que se obtengan de la emisión de una fuente fija emisora de ruido, medidos en el lugar donde se encuentre el receptor, no podrán superar al ruido de fondo en 10 dB[A] o más, corresponde en poseer un ruido de fondo de 35 dB [A] propio en sectores netamente rurales, que es común en los recorridos del programa de atención de Clínica Dental Móvil.

Por lo tanto, para la situación de funcionamiento del generador eléctrico, se puede visualizar que en los tres lugares de medición se superan los 45 dB [A] anteriormente establecido. También se logra observar que el nivel máximo obtenido es en el lugar de medición 1, por ser más cercano al generador eléctrico, alcanzando un registro de 71,7 dB [A]. Además para los tres lugares de medición, que corresponden al exterior de Clínica Dental Móvil, los Niveles de Presión Sonora registrados por banda de octava describen que existen valores considerables a atenuar entre los 63 Hz y 4 kHz.

## 5.2.2. Medición según D.S. N° 146/1997 MINSEGPRES, para el funcionamiento del generador eléctrico y los dos compresores.

### 5.2.2.1. Lugar de Medición 1.

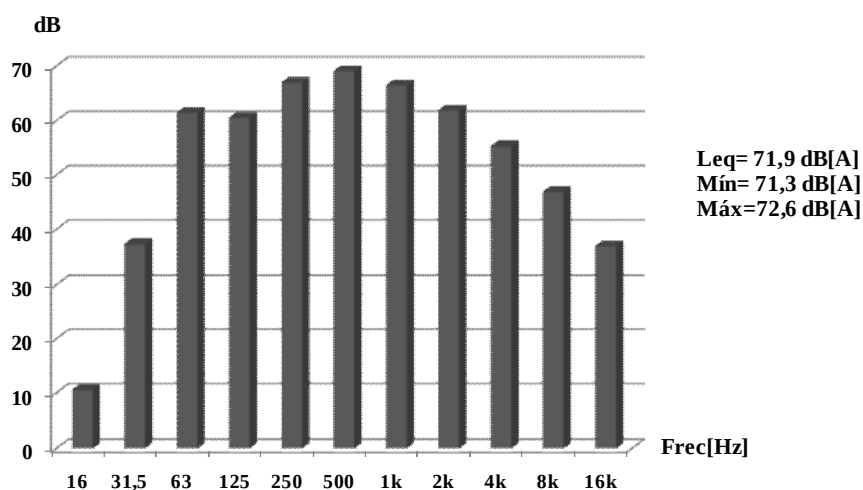


Figura 5.8: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, Lugar de Medición N°1 para D.S. N°146/1997, fuente considerada Dos Compresores y Generador Eléctrico.



## 5.2.2.2. Lugar de Medición 2.

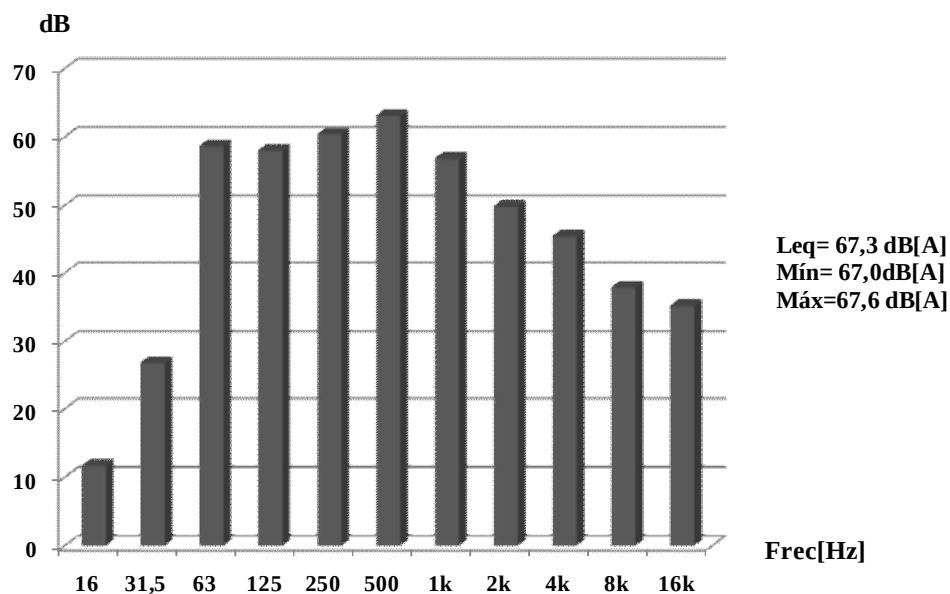


Figura 5.9: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, Lugar de Medición N°2 para D.S. N°146/1997, fuente considerada Dos Compresores y Generador Eléctrico.

## 5.2.2.3. Lugar de Medición 3.

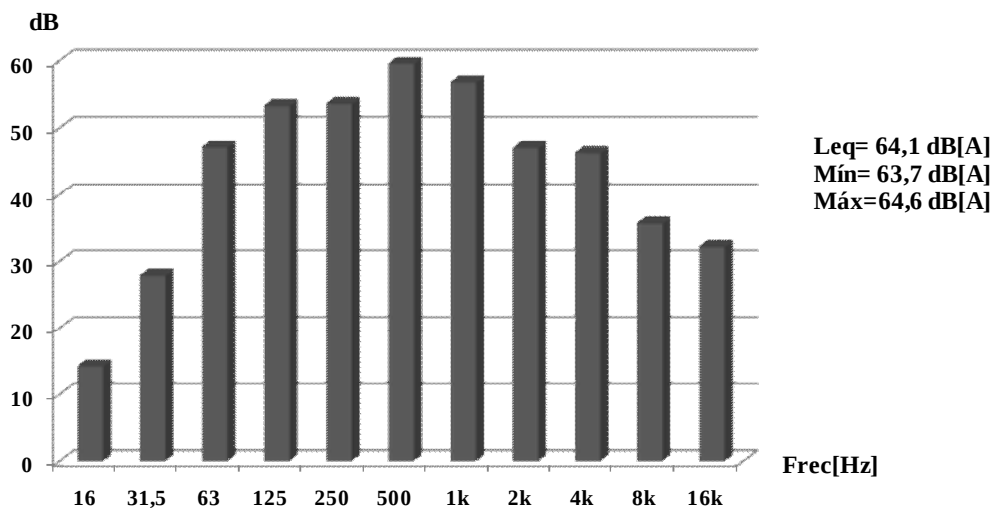


Figura 5.10: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, Lugar de Medición N°3 para D.S. N°146/1997, fuente considerada Dos Compresores y Generador Eléctrico.

Al realizar mediciones exteriores con la totalidad de las fuentes consideradas para aplicar D.S. N° 146/1997 MINSEGPRES, nuevamente sobrepasan los 45 dB[A] para los tres lugares de medición, alcanzando un valor máximo de 71,9 dB[A] y con valores significativos entre los 63 y 8.000 Hz.

### 5.3. Registro de Mediciones de Niveles de Presión Sonora y Vibraciones a las fuentes de ruido consideradas, para implementar y respaldar soluciones acústicas.

#### 5.3.1. Registro de Vibraciones para 1 compresor de aire en funcionamiento.

- Medición de vibración en la superficie del compresor, Res 84 \*.
- Medición de vibración en estructura del gabinete del compresor, Res 85.

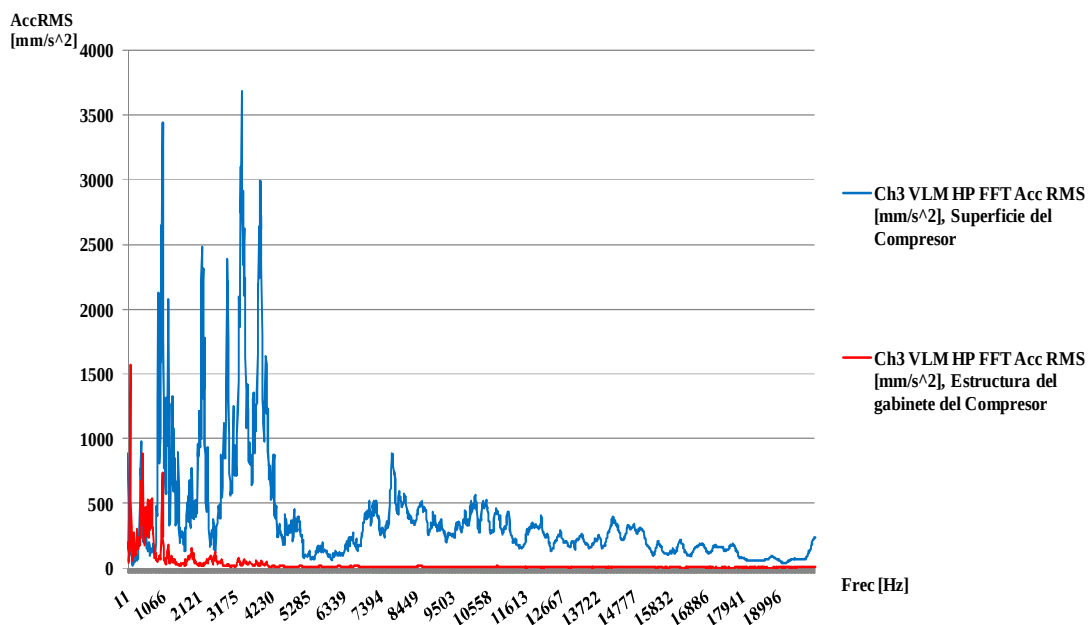


Figura 5.11: Niveles de Aceleración para la superficie y la estructura de uno de los dos compresores de Clínica Dental Móvil.

\*Res: Indica nombre del archivo para los registros de vibraciones.



Figura 5.12: Acelerómetro instalado sobre un compresor de aire y sobre la estructura del gabinete de instalación de los compresores.

Se aprecia la disminución de los niveles de aceleración obtenidos al colocar el acelerómetro en el gabinete de los compresores con respecto a colocar el acelerómetro sobre uno de los compresores de aire. Básicamente se transmiten valores de aceleración en bajas frecuencias hacia la estructura del camión dental.

### 5.3.2. Registro de Niveles de Presión Sonora en espectro de octava, para 1 Compresor de aire en funcionamiento.

#### 5.3.2.1. Medición Cercana a la Fuente.

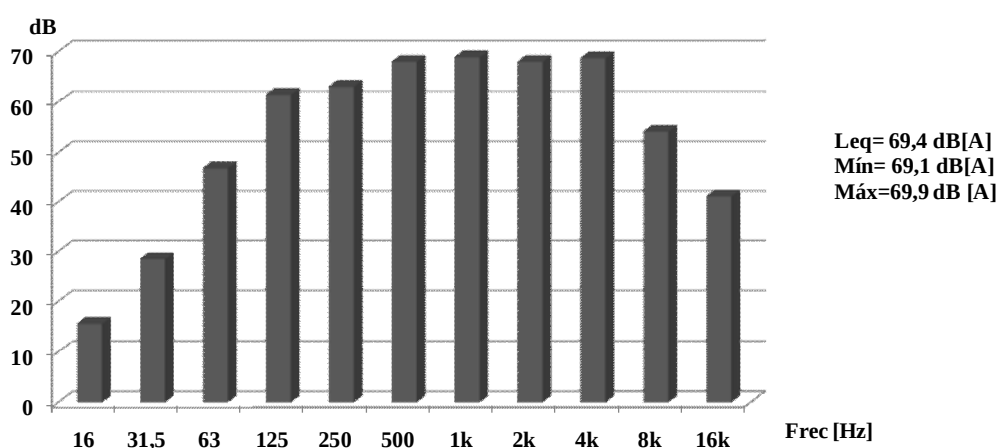


Figura 5.13: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, fuente considerada un compresor de aire.

Las frecuencias considerables corresponden entre los 125 Hz y 8 kHz de las emisiones de ruido para un compresor de aire en funcionamiento.

#### 5.3.2.2. Medición Interior de Clínica Dental.

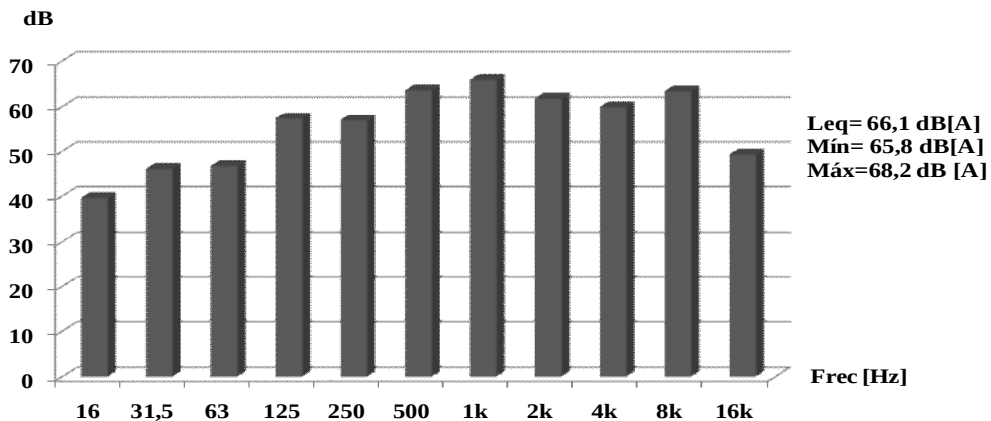


Figura 5.14: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, fuente considerada un compresor de aire, medición interior.

Al observar gráfico de la figura 5.14, se observa una mayor transmisión sonora entre las frecuencias 125 Hz y 8 kHz, es necesario señalar como el valor correspondiente a los 8 kHz obtenido al interior de la Clínica Dental Móvil ha aumentado, atribuyéndose a los muebles o al revestimiento interior que existen dentro del camión dental, ambos elaborados con material ligero.

#### 5.3.3. Registro de Vibraciones, para 2 compresores de aire en funcionamiento.

- Medición de Vibración en estructura del gabinete de los compresores, Res 86.
- Medición Interior en Clínica Dental Móvil, Res 78.
- Medición Interior en Clínica Dental Móvil, Res 81.

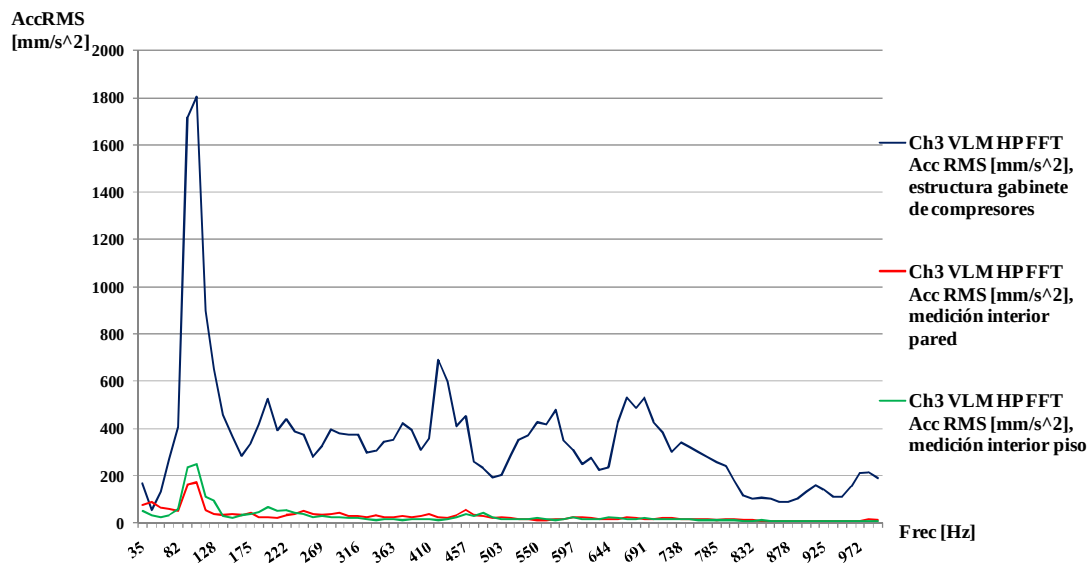


Figura 5.15: Niveles de Aceleración para estructura en gabinete de compresores, pared interior y piso interior de Clínica Dental Móvil, con los dos compresores en funcionamiento.

Existe una disminución notable entre el registro de aceleración al interior de la Clínica con respecto a los valores obtenidos en la estructura del gabinete de los compresores, además el dentro de los dos valores obtenidos al interior del camión dental el mayor valor de aceleración corresponde al medido en el piso de éste.

#### 5.3.4. Registro de Niveles de Presión Sonora en espectro de octava, para 2 Compresores de aire en funcionamiento.

##### 5.3.4.1. Medición exterior a Clínica Dental Móvil, cercana a la fuente.

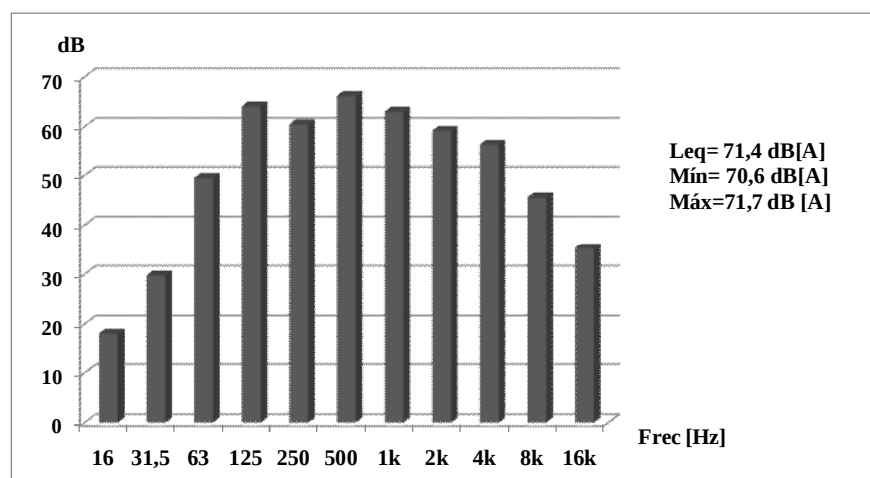


Figura 5.16: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, fuente considerada dos compresores de aire, medición cercana a la fuente.

#### 5.3.4.2. Medición interior en Clínica Dental Móvil.

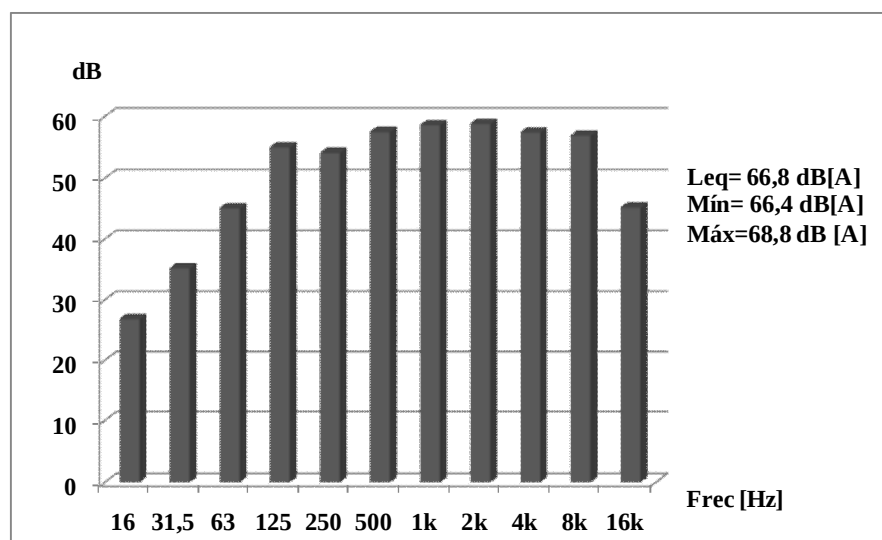


Figura 5.17: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, fuente considerada dos compresores de aire, medición interior.

El espectro transmitido al interior de la Clínica Dental Móvil está en el rango de los 63 Hz y los 16 kHz, además existe una amplificación en los niveles de presión sonora correspondientes a las frecuencias entre los 2 kHz y los 16 kHz.

#### 5.3.5. Generador eléctrico en funcionamiento, registro de vibraciones.

- Medición de vibración en superficie del generador, Res 51.
- Medición de vibración en estructura del gabinete del generador, Res 53
- Medición de vibración en el interior de Clínica Dental Móvil, Res 54.

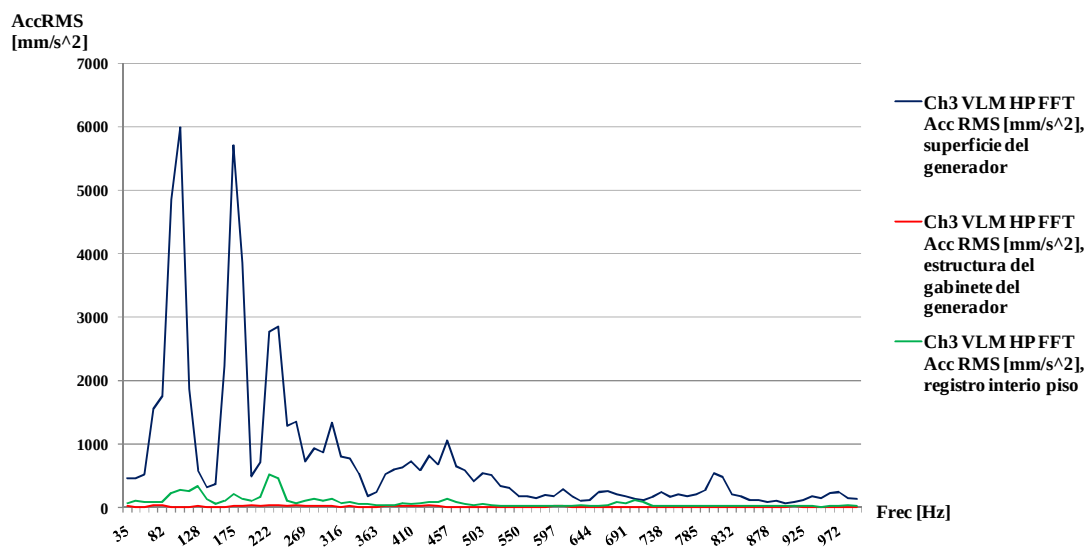


Figura 5.18: Niveles de Aceleración para superficie de generador, estructura del gabinete del generador y piso interior de Clínica Dental Móvil, con Generador Eléctrico en funcionamiento.



Figura 5.19: Ubicación de acelerómetro triaxial al momento de obtener los registros de aceleraciones correspondiente al funcionamiento del generador eléctrico.

Para el generador eléctrico también existe una disminución de los valores de aceleración correspondiente al medido en la estructura del gabinete de instalación y al interior de la clínica dental móvil con respecto al medido sobre la superficie del generador eléctrico.

### 5.3.6. Generador eléctrico en funcionamiento, registro de Niveles de Presión Sonora.

#### 5.3.6.1. Medición exterior a la Clínica Dental Móvil, cercana a la fuente.

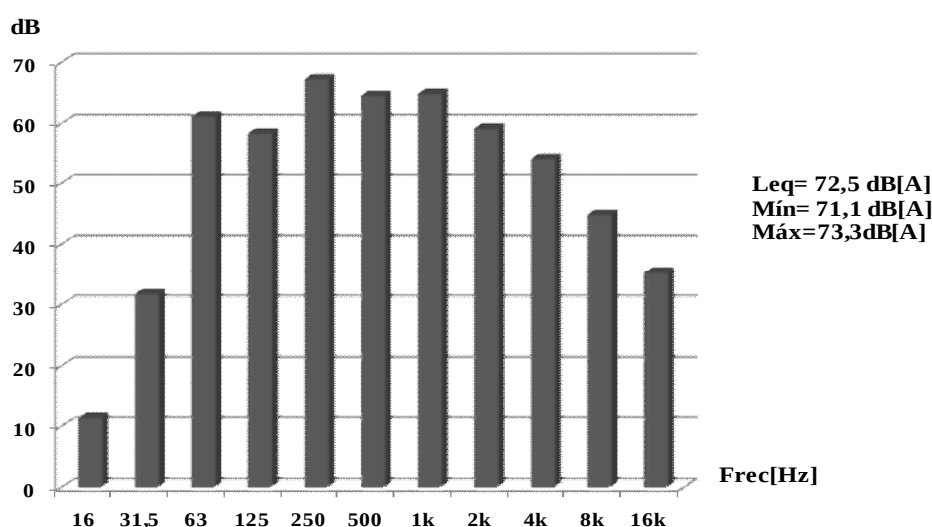


Figura 5.20: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, fuente considerada generador eléctrico, medición a dos metros de la fuente.

Las frecuencias a considerar para las emisiones de ruido del generador eléctrico se sitúan entre los 63 Hz y los 8kHz. Como ya se mencionó en las mediciones realizadas relativas a la aplicación de la normativa D.S. 146/1997 MINSEGPRES, los niveles de presión sonora hacia el exterior sobrepasan suficientemente los 45 dB [A].



### 5.3.6.2. Medición interior a la Clínica Dental Móvil.

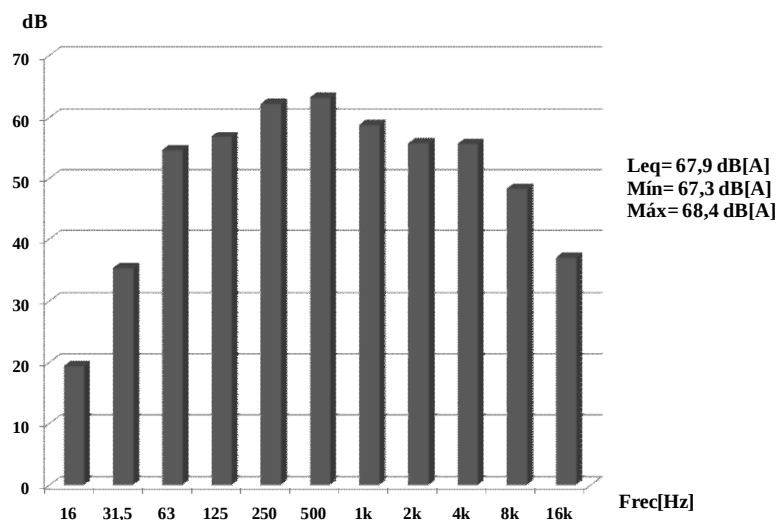


Figura 5.21: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, fuente considerada generador eléctrico, medición interior.

Al comparar los gráficos de la figura 5.20 y 5.19, se observa que para el interior de la Clínica Dental Móvil existe transmisión casi íntegra en los niveles entre las frecuencias de los 63 Hz y 8 kHz, y nuevamente se logra visualizar un aumento para los niveles de presión sonora correspondiente a las frecuencias 4 y 8 kHz.

### 5.3.7. Generador eléctrico en funcionamiento fuera del gabinete de instalación, registro de Niveles de Presión Sonora en el interior de Clínica Dental Móvil.

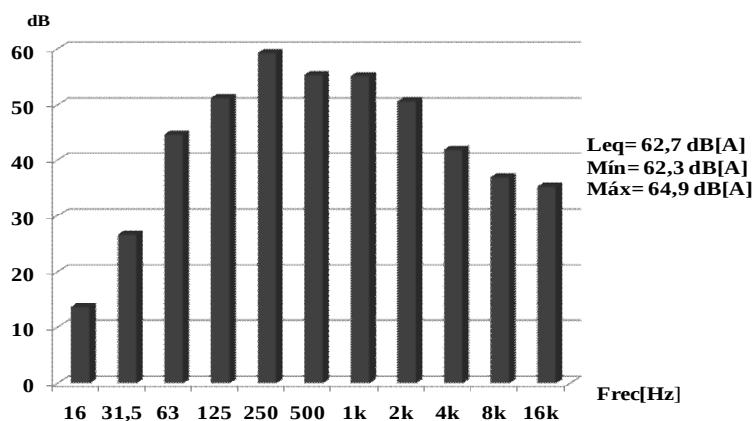


Figura 5.22: Niveles de Presión Sonora en banda de octava, fuente considerada generador eléctrico fuera de gabinete de instalación, medición interior.

Los niveles de presión sonora que se registraron al interior de la Clínica Dental Móvil considerando el funcionamiento del generador eléctrico instalado en el gabinete, sección 5.3.6.2, representan los niveles de ruido que se transmiten vía aérea y estructural hacia el interior del box dental. Es por esto que se optó por realizar una segunda medición nuevamente al interior de la clínica, considerando el funcionamiento del generador eléctrico, y como éste es movable se ubicó fuera del gabinete, precisamente en el suelo y fuera del camión, sección 5.3.7, representando estos niveles registrados al ruido que se transmite al interior de la clínica por vía aérea, por lo tanto, al realizar una diferencia entre los dos niveles de presión sonora, sección 5.3.6.2 y 5.3.7, se encuentra un valor de 5,2 dB[A], que representa el efecto de la transmisión vía estructural hacia el interior de la clínica producido por el generador eléctrico al funcionar instalado en el gabinete actual.

## 6. PRESENTACIÓN DE SOLUCIONES

### 6.1. Diseño de Solución Acústica para grupo de compresores de aire.

#### 6.1.1. Fijación de los compresores de aire.

Hoy en día existen tres compresores de aire instalados en el gabinete de compresores del camión dental, como primera medida se sugiere retirar el compresor en desuso y situar nuevamente los dos compresores de aire de forma para aprovechar el nuevo gabinete que se recomienda en el presente estudio, además de cambiar la orientación horizontalmente, dejando la parte de ventilación de cada compresor hacia la puerta de acceso del gabinete de instalación, todo esto para emplear la recomendación de celosía acústica también sugerida en este estudio.

La fijación actual de uno de los compresores hacia la estructura del camión consiste en cuatro pernos más una goma situados en la parte trasera del compresor como lo detalla la siguiente ilustración.

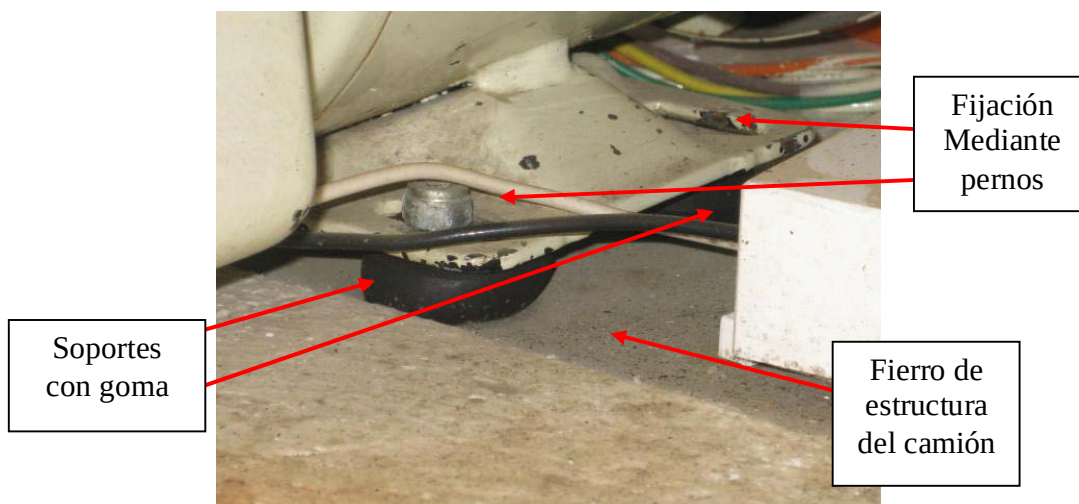


Figura 6.1: Fijación actual de uno de los compresores de aire mediante pernos y gomas.

Mientras que el otro compresor está soldado directamente al fierro de la estructura del camión.



Figura 6.2: Fijación actual de uno de los compresores de aire mediante soldadura simple.

Se sugiere reemplazar estos dos tipos de montaje por un sistema antivibratorio capaz de fijar dos estructuras totalmente rígidas entre sí, sin transmitir vibración acústica. Este sistema está compuesto por goma y acero recomendado con proceso de galvanizado, realizando un muelle que actúa como suspensión para las vibraciones, evitando la propagación en frecuencias bajas <sup>[6]</sup> y colabora a mejorar la insonorización. El soporte sugerido debe ir en las cuatro fijaciones traseras que poseen cada compresor de aire <sup>[5]</sup>.

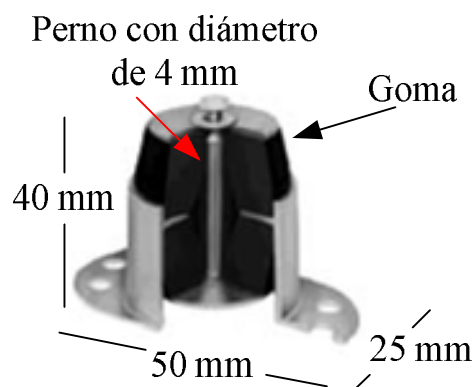


Figura 6.3: Sistema antivibratorio que incluye soporte, goma y perno para fijación de los compresores a la estructura del camión.

### 6.1.2. Gabinete Acústico para la instalación de dos compresores de aire

El gabinete de Clínica Dental Móvil que contiene los tres compresores de aire tiene las siguientes dimensiones:

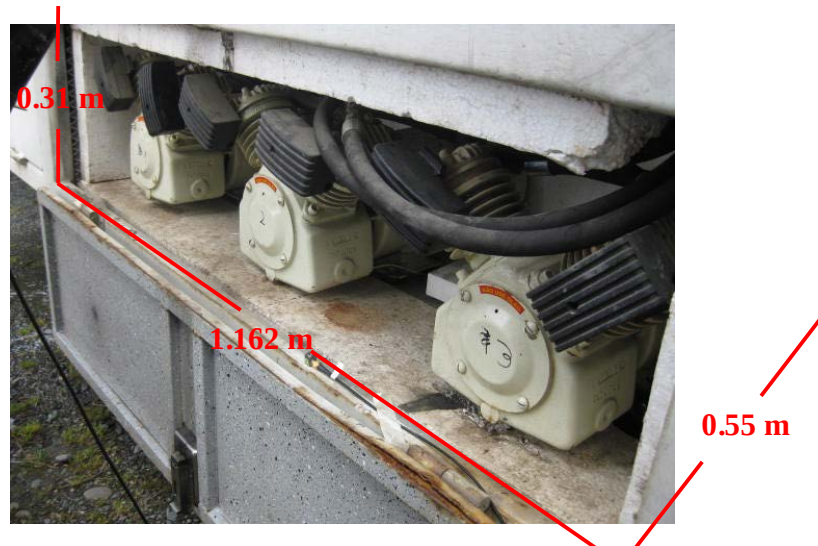


Figura 6.4: Actual gabinete de compresores de aire en Clínica Dental Móvil.

Con los registros de niveles de presión sonora que se obtuvieron cercano a los compresores en funcionamiento, sección 5.3.4.1, se comprobó que el espectro sonoro tiene un alza en los niveles a partir de los 63 Hz, alcanzando un valor de 49,5 dB, por lo tanto, al momento de implementar un encierro acústico, se optará que los paneles que conformarán el encierro deben tener una frecuencia de resonancia inferior a los 63 Hz para evitar un aumento de niveles cercanos a esta frecuencia. <sup>[2] [6]</sup>.

Para conocer de mejor forma el comportamiento de la pérdida por transmisión TL, de la onda sonora al pasar por ejemplo a través de una pared simple, se puede verificar mediante la Ley de la Masa:

$$TL = 10 \log \left\{ 1 + \left\{ \frac{\pi f M_s}{\rho_0 c} \right\}^2 \right\} \quad (6,1)$$

La ecuación 6.1, ley de la masa, muestra que para frecuencias relativamente altas, la pérdida de transmisión crece 6 dB con cada duplicación de la densidad superficial de la pared. También, fijada la densidad superficial, la pérdida de transmisión crece con la frecuencia.

En los casos en que no hace falta información tan detallada del comportamiento de la pérdida de transmisión en función de la frecuencia, es posible disponer de un número único que describe globalmente el rendimiento del material como aislador sonoro. Este valor recibe dos denominaciones según la norma bajo la cual se determine <sup>[8]</sup>:

- Índice de reducción acústica compensado,  $R_w$ , según la Norma IRAM 4043/84, reproducción europea Norma ISO 717.
- Clase de Transmisión Sonora, STC, según las normas norteamericanas ASTM E90-83 y ASTM E 413-73.

Se señala que ambos valores difieren ligeramente, aunque en no más de  $\pm 1$  dB. A través del software de Predicción del Aislamiento Acústico Insul v6.2, se encontró una buena opción para el diseño y los materiales a emplear en los paneles del encierro acústico, incluido el lado inferior del gabinete, con un  $R_w$  de 57, esta composición de los paneles se describe a continuación:

- Una placa de acero 1 mm de espesor, con una masa superficial de  $7,8 \text{ kg/m}^2$ . Esta placa es la misma que posee actualmente la mayoría de las paredes del gabinete de los compresores de aire de la clínica dental, solamente faltaría por implementar las dos paredes laterales que actualmente están compuesto por una malla de acero.
- Una cámara de aire con un espesor de 220 mm. Ésta se debe rellenar con una fibra de vidrio de espesor 220 mm y una densidad volumétrica de  $22 \text{ kg/m}^3$ .
- Una placa de acero de 2 mm de espesor con una masa superficial de  $15,6 \text{ kg/m}^2$ .

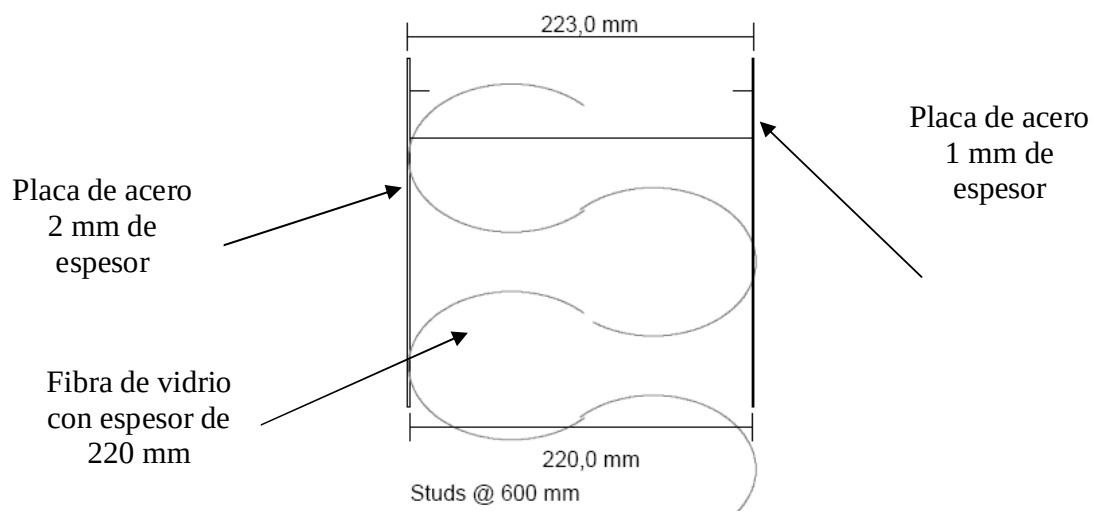


Figura 6.5: Diseño de los paneles que conformarán el encierro acústico para los compresores de aire.

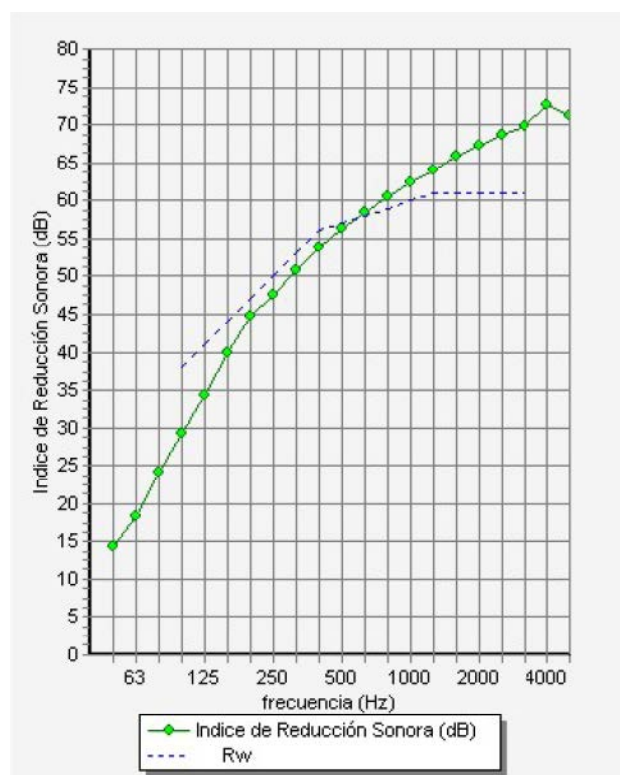


Figura 6.6: Gráfica de la pérdida por transmisión en función de las frecuencias, panel acústico destinado para el encierro de los compresores de aire.

La frecuencia de resonancia de este panel es de 56 Hz, lo cual es aceptable ya que el aumento en las frecuencias bajas para los niveles de presión sonora se sitúa desde los 63 Hz <sup>[9]</sup>. Además el índice de reducción sonora en esta frecuencia es de 17 dB.

| Frecuencia Hz | TL dB |
|---------------|-------|
| 63            | 17    |
| 125           | 32    |
| 250           | 44    |
| 500           | 56    |
| 1.000         | 62    |
| 2.000         | 67    |
| 4.000         | 71    |

Tabla 6.1: Pérdida por transmisión en dB por frecuencia para el panel diseñado, encierro compresores de aire.

Además a los paneles diseñados que conformarán el encierro acústico, se recomienda colocar material absorbente fibra de vidrio con una densidad volumétrica de 10 kg/m<sup>3</sup> y un espesor de 50 mm instalados por las caras internas del encierro acústico, se puede fijar a cada placa de acero de 1 mm mediante una malla metálica para aprovechar las propiedades absorbentes de este material, con esta condición, la pérdida por transmisión de cada panel, representa la pérdida por transmisión de todo el encierro acústico, ya que no se trataría de un encierro reverberante que produzca modos normales de vibración significantes <sup>[9]</sup>. Por lo tanto, para el cálculo del nivel de ruido al interior de la clínica dental, considerando el nuevo encierro acústico, se utilizaron los valores de niveles de presión sonora por bandas de octava registrados cercanos a los compresores y con la puerta de acceso al gabinete abierta, sección 5.3.4.1, a estos niveles se les realizó la corrección dB[A] respectiva por banda, posterior a esto se les restó los valores de TL entregados por software Insul, tabla 6.1, y finalmente se efectuó una suma energética, para obtener el nivel estimado al interior de la clínica en dB [A], correspondiente al funcionamiento de los dos compresores como fuente de ruido. Cabe señalar que con este criterio, se despreció la contribución energética de ruido que emiten los compresores hacia el exterior y que retorna nuevamente hacia el box dental.



Expresión para Suma energética <sup>[6]</sup>:

$$NPS = 10 \log \sum_{i=0}^n 10^{\frac{L_{pi}}{10}} \quad (6,2)$$

y corrección para dejar los niveles con ponderación A. <sup>[10]</sup>

| Frecuencia Central Hz | Corrección dB |
|-----------------------|---------------|
| 16                    | -56,7         |
| 31,5                  | -39,4         |
| 63                    | -26,2         |
| 125                   | -16,1         |
| 250                   | -8,6          |
| 500                   | -3,2          |
| 1.000                 | 0             |
| 2.000                 | +1,2          |
| 4.000                 | +1,0          |
| 8.000                 | -1,1          |
| 16.000                | -6,6          |

Tabla 6.2: Corrección que se añade a los niveles por banda de octava para convertirlos a niveles con ponderación A.

|                  | Valores Medidos dB               | Corrección para ponderación A | Valores Medidos en dB[A]                                                                                 | Pérdida por Transmisión del panel | Valores entregados por los compresores de aire hacia el interior de la clínica dental en dB [A] |
|------------------|----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Frec [Hz]</b> | <b>NIVELES DE PRESIÓN SONORA</b> |                               |                                                                                                          |                                   |                                                                                                 |
| 63               | 49,5                             | -26,2                         | 23,3                                                                                                     | 17                                | 6,3                                                                                             |
| 125              | 64,1                             | -16,1                         | 48                                                                                                       | 32                                | 16                                                                                              |
| 250              | 60,5                             | -8,6                          | 51,9                                                                                                     | 44                                | 7,9                                                                                             |
| 500              | 66,2                             | -3,2                          | 63                                                                                                       | 56                                | 7                                                                                               |
| 1k               | 63                               | 0                             | 63                                                                                                       | 62                                | 1                                                                                               |
| 2k               | 59,2                             | +1,2                          | 60,4                                                                                                     | 67                                | -6,6                                                                                            |
| 4k               | 56,4                             | +1,0                          | 57,4                                                                                                     | 71                                | -13,6                                                                                           |
|                  |                                  |                               | <b>Contribución de ruido por parte de los compresores de aire hacia el interior de la clínica dental</b> |                                   | <b>19 dB[A]</b>                                                                                 |

Tabla 6.3: Contribución de ruido por parte de los compresores de aire, una vez que se haya implementado el encierro acústico.

El valor de 19 dB [A] entregado por la tabla 6.3 es el nuevo aporte de ruido que entregarán los compresores de aire instalado de la forma como se recomendó en esta sección e implementando de forma hermética el encierro acústico sugerido. También se señala, que al momento de funcionar los compresores de aire con el nuevo encierro acústico, el nivel de ruido de fondo que se registrará al interior de la clínica dental móvil, será aproximadamente el mismo que se midió con todos los equipos apagados inicialmente, esto es 38 dB [A].

### 6.1.3. Celosía Acústica instalada en puerta de gabinete de compresores de aire.

Se considera un encierro totalmente hermético para los compresores de aire, por lo tanto se debe incluir celosía acústica con celdas absorbentes, que debe tener una superficie del 50% de la superficie total de la puerta de acceso al gabinete de compresores de aire. La carcasa debe ser fabricada en acero galvanizado de 1,5 mm de espesor. Uno de los principios de la celosía acústica es aceptar el apropiado flujo de aire para la ventilación de los compresores de aire. Además para atenuar las frecuencias bajas se debe incluir material absorbente y el tamaño de las aberturas entre más reducidas serán, más se atacará a las frecuencias altas <sup>[11]</sup>.

Las celdas acústicas también deben ser elaboradas en acero galvanizado de 0,6 mm de espesor y rellenas con lana de vidrio con densidad de 32 kg/m<sup>3</sup>, con protección en velo de vidrio de color negro. El ancho de la celosía total de la celosía debe ser de 100 mm, con tres ductos de aire en forma de V invertida con abertura de 10 mm. El valor de la pérdida por transmisión se encontró al aproximar el diseño de esta celosía al de una celosía del tipo comercial <sup>[16]</sup> que tiene dimensiones similares a las recomendadas, el modelo de referencia es el del tipo Slimshield SL-600, de empresas IAC Stopson Española S.A.

| Modelo | Espesor<br>en mm | Frecuencia central de la banda de octava en Hz |     |     |     |    |    |    |    |
|--------|------------------|------------------------------------------------|-----|-----|-----|----|----|----|----|
|        |                  | 63                                             | 125 | 250 | 500 | 1k | 2k | 4k | 8k |
| SL-600 | 600              | 7                                              | 9   | 12  | 24  | 31 | 33 | 29 | 30 |

Tabla 6.4: Valores de la Pérdida por Transmisión por espectro de la celosía recomendada para la puerta del gabinete de compresores.

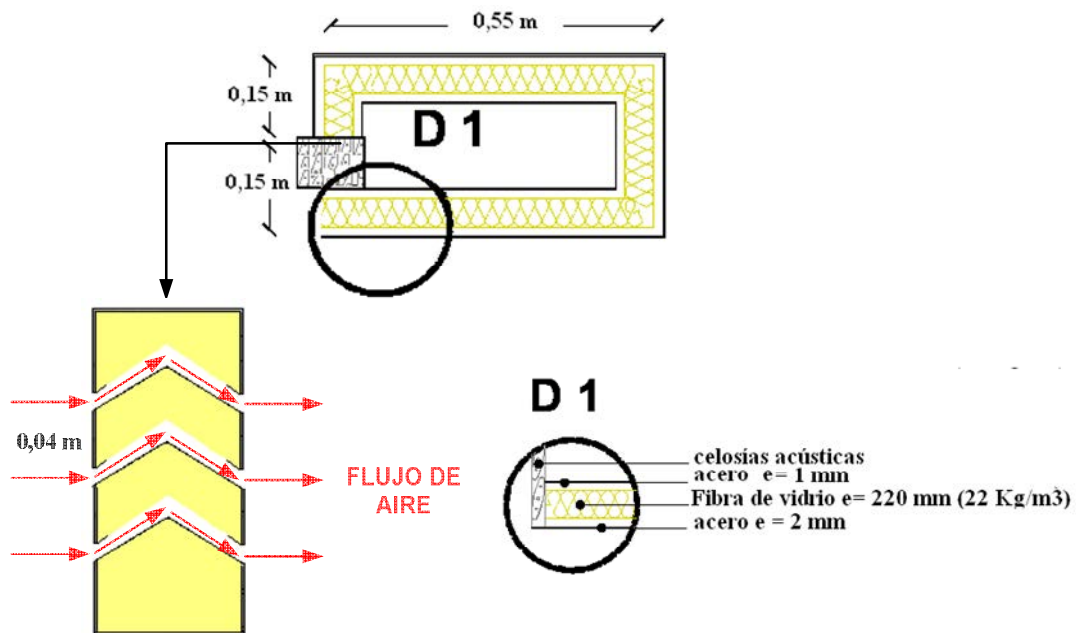


Figura 6.7: Detalle constructivo para el encierro de compresores eléctricos, incluyendo la parte frontal celosías acústica del tipo V invertido.

Se recuerda nuevamente que la celosía acústica debe ir instalada en la puerta de acceso del nuevo gabinete para los compresores de aire, por lo tanto, para estimar el ruido que radiarán estas fuentes hacia la vecindad con esta nueva solución acústica, se calculó el aislamiento de la puerta de acceso, que se toma como una pared compuesta, al estar formada por el panel diseñado y las celosías acústicas. Entonces, estos dos elementos tienen un aislamiento diferente y para calcular el aislamiento global se realizó mediante la siguiente expresión <sup>[9]</sup>:

$$\text{Aislamiento Puerta de Acceso Encierro Acústico Compresores de Aire} = 10 \log \left\{ \frac{S_t}{\tau_P S_P + \tau_C S_C} \right\} \quad (6,3)$$

$$\text{TL: Pérdida por Transmisión} = 10 \log \left\{ \frac{1}{\tau} \right\} \quad (6,4)$$

$S_t$ : Superficie de la puerta de acceso,  $0,36 \text{ m}^2$ .

$S_p$ : Superficie del panel,  $0,18 \text{ m}^2$ .

$S_c$ : Superficie de la celosía,  $0,18 \text{ m}^2$ .

| TL PARA PUERTA DE ACCESO AL GABINETE DE LOS COMPRESORES DE AIRE |                       |             |             |              |                       |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|--------------|-----------------------|
| Frecuencia Hz                                                   | Valores Medidos dB[A] | TL Panel dB | TL Celosías | TL Compuesto | NPS Esperado en dB[A] |
| 63                                                              | 23,3                  | 17          | 7           | 9,6          | 13,7                  |
| 125                                                             | 48                    | 32          | 9           | 12,0         | 36,0                  |
| 250                                                             | 51,9                  | 44          | 12          | 15,0         | 36,9                  |
| 500                                                             | 63                    | 56          | 24          | 27,0         | 36,0                  |
| 1.000                                                           | 63                    | 62          | 31          | 34,0         | 29,0                  |
| 2.000                                                           | 60,4                  | 67          | 33          | 36,0         | 24,4                  |
| 4.000                                                           | 57,4                  | 71          | 29          | 32,0         | 25,4                  |
|                                                                 |                       |             |             | NPS dB [A]   | 41,6                  |

Tabla 6.5: Nivel de Presión Sonora estimado para la cercanía exterior del encierro acústico de compresores de aire.

El Nivel de Presión Sonora de  $41,6 \text{ dB [A]}$ , es el esperado para la cercanía exterior de los dos compresores en funcionamiento, representando éste al valor de ruido para la vecindad con el nuevo encierro acústico, Decreto Supremo N°146 MINSEGPRES.

## 6.2. Diseño de Solución Acústica para Generador Eléctrico.

### 6.2.1. Fijación del Generador Eléctrico

Las perturbaciones mecánicas de una máquina mal aislada propagan vibraciones en forma de ondas de torsión por la estructura del edificio de manera diferente según la dirección, originando un ruido estructural. La velocidad del sonido por los sólidos viaja de diez a quince veces más rápido que en el aire. Es un ruido inducido por la vibración que concentra gran parte de su energía en las bajas frecuencias, entre 8 a 250 Hz.

Como ya se mencionó, los ejercicios efectuados en las secciones 5.3.6.2 y 5.3.7, entregaron un valor de 5,2 dB[A], representando el efecto de la transmisión vía estructural hacia el interior del box de atención, producido por el generador eléctrico y al funcionar instalado en el gabinete actual. Este escenario es el común en máquinas rotativas, que es la generación de esfuerzos sobre la superficie en la cual se encuentran montadas, provocando vibraciones en ésta. La estructura que soporta la máquina es un medio perfecto para la transmisión de vibraciones, provocando emisiones de ruido aéreo cuando dichas vibraciones alcanzan superficies como pisos, paredes, cielorrasos, etc. Esto se debe a que aquellas superficies de gran tamaño, son radiadores acústicos muy eficientes.

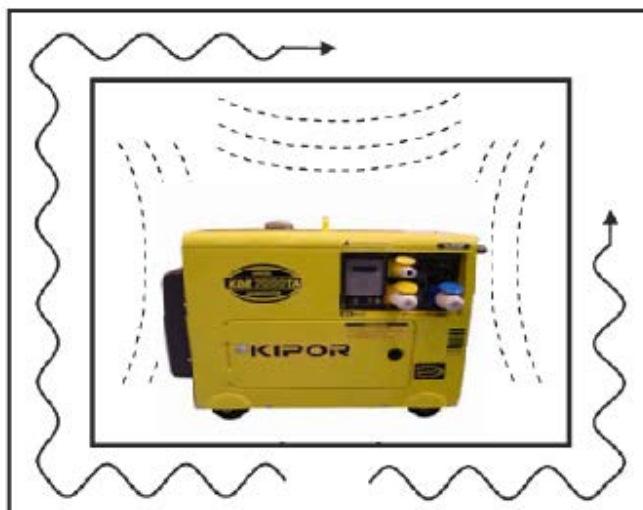


Figura 6.8: Propagación de Vibraciones Estructurales.

Para atacar estas vibraciones, se sugiere la instalación de un apoyo elástico. La idea de reducir los esfuerzos mecánicos sobre la base, es permitir que la máquina o dispositivos causante de vibraciones, se desplace experimentando aceleraciones producto de las oscilaciones. Entonces, de la fuerza total que de otro modo quedaría aplicada directamente al apoyo, una parte importante será consumida para acelerar el dispositivo.

El generador eléctrico, figura 6.9, de masa **M** apoyado directamente sobre la base del gabinete actual, al ser sometida a una energía vibratoria  **$F \sin \omega t$** , transmite esta energía directamente al suelo, imagen 6.10.

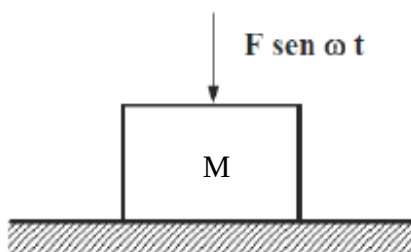


Figura 6.9. Ilustración de Generador eléctrico de masa **M** apoyado sobre la base del actual gabinete

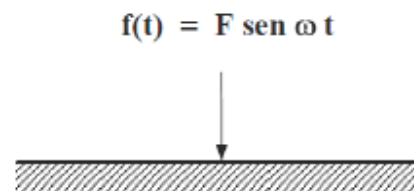


Figura 6.10. Representación de la fuerza vibratoria que transmite a la base del actual gabinete.

Ahora, considerando el generador eléctrico aislado de la base del gabinete mediante una suspensión elástica, Figura 6.11, al ser sometido a un esfuerzo vibratorio, transmite a la base únicamente el esfuerzo elástico, Figura 6.12. El resto de la energía vibratoria acelera la máquina que ahora tiene mayor libertad de movimiento gracias al aislamiento.

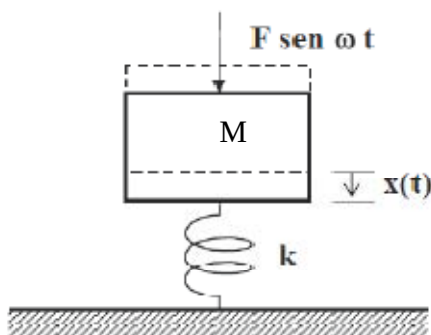


Figura 6.11. Ilustración de Generador eléctrico de masa **M** apoyado sobre una suspensión elástica.

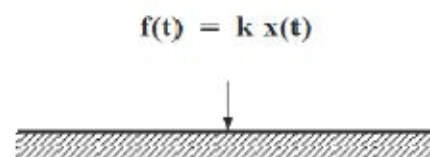


Figura 6.12. Representación del esfuerzo elástico que se transmite a la base del gabinete.

Donde

|                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| <b><math>k</math></b>         | Factor de Rigidez [N/m]   |
| <b><math>F_{senot}</math></b> | Esfuerzo Vibratorio [N/m] |
| <b><math>x(t)</math></b>      | Desplazamiento [mm]       |
| <b><math>M</math></b>         | Masa del Generador [Kg]   |
| <b><math>f(t)</math></b>      | Esfuerzo elástico [N/m]   |

Es muy importante que al momento de aislar el generador eléctrico, la relación que existe entre los valores de la frecuencia natural del sistema  $f_0$  y la frecuencia excitadora o perturbadora  $f$ , debe cumplir que  $f > f_0$ . Si se puede asegurar que el generador eléctrico funcionará siempre cumpliendo esta relación, no existirán problemas de transmisión de vibraciones. En literaturas se recomiendan razones de 3:1, 4:1 o 5:1, que son las más utilizadas a fin de evitar fenómenos de resonancia <sup>[16]</sup>.

La frecuencia natural del sistema es la frecuencia propia o de resonancia del sistema, en este caso formado por el generador sobre el sistema antivibratorio que se sugerirá, y se obtiene teóricamente de la siguiente fórmula:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M}} \quad (6.5)$$

Donde

$k$  = Rigidez del Sistema Antivibratorio, [N/m].

$M$  = Masa del Generador Eléctrico, [Kg].

$f_0$  = Frecuencia Natural del Sistema, [Hz].

Y también:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{M} \left( 1 - \left( \frac{C}{C_c} \right)^2 \right)} \quad (6.6)$$



$k$  = Rigidez del Sistema Antivibratorio, [N/m].

$M$  = Masa del Generador Eléctrico, [Kg].

$f_0$  = Frecuencia Natural del Sistema, [Hz].

$\frac{C}{C_C}$  = Factor de Amortiguamiento [%].

Este último se divide en tres clases:

1. **Amortiguamiento fuerte**,  $C > C_C$ .
2. **Amortiguamiento Crítico**,  $C = C_C$ .
3. **Amortiguamiento débil**,  $C < C_C$ .

Por otro lado la frecuencia perturbadora o excitadora, se origina en las partes móviles de una máquina, en este caso el generador eléctrico. Es común tomar la velocidad de giro más baja si hubiese variedad en las revoluciones del motor. La frecuencia perturbadora se define como:

$$f = \frac{rpm}{60} \quad (6.7)$$

Donde:

$rpm$  = Frecuencia de trabajo del motor [Hz].

$f$  = Frecuencia excitadora o perturbadora [Hz].

Para la obtención de la transmisión de vibraciones, más conocida como transmisibilidad  $T$ , definida como la relación entre la amplitud de la fuerza transmitida a la estructura soporte y la fuerza de excitación:

$$T = \frac{1}{1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2} \quad (6.8)$$

$$T = \frac{\sqrt{1 + 4 \left(\frac{C}{C_c}\right)^2 \left(\frac{f}{f_0}\right)^2}}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right)^2 + 4 \left(\frac{f}{f_0}\right)^2 \left(\frac{C}{C_c}\right)^2}} \quad (6.9)$$

La ecuación 6.9 cuantifica las vibraciones transmitidas al tener un sistema de amortiguación.

Con los parámetros anteriormente mencionados y más algunos datos como el peso del generador eléctrico, centro de gravedad de la máquina, frecuencia de excitación, números de soportes, tiempo de funcionamiento, etc, se pueden encontrar en el mercado actual sistemas de soluciones antivibratorias, en el caso de este estudio, para aislar las vibraciones producidas por el generador eléctrico hacia la estructura del camión dental, se optó por un sistema amortiguador viscoelástico antivibratorio compuesto por caucho, natural o sintético con un diseño especial que combina el caucho de gran elasticidad con un soporte metálico que proporciona seguridad contra rotura por impacto, limitando el cabeceo y su rotación. Estos aisladores están diseñados para máquinas que tienen una componente de su movimiento en el plano horizontal, además tiene una elasticidad axial superior a la elasticidad radial, controlando el movimiento en las tres dimensiones. El caucho sintético está compuesto a base del petróleo, y presenta una mejor resistencia térmica, es estable a fluidos no polares, aceites minerales, lubricantes, carburantes, etc, y tiene una mayor resistencia a la intemperie que los de caucho natural. La velocidad de giro del generador eléctrico es de 3.000 rpm, 50 Hz según ecuación 6.7, por lo que un sistema compuesto por cuatro amortiguadores de caucho es idóneo a partir de 1.500 rpm, con una distribución del peso de 23, 5 kg aproximadamente, mientras que el espacio sobrante para la instalación de estos soportes es de 25 cm. Se recomienda que los amortiguadores presenten características técnicas similares al modelo MR2025 de la empresa española Lesol.<sup>[18]</sup> El amortiguador MR 20252 posee una frecuencia natural de 8 Hz y presenta deflexiones de 2 mm aproximadamente, de similares característica se encuentra el modelo BRB 50 de la empresa AMC Mecanocaucho, Aplicaciones Mecánicas del Caucho S.A.<sup>[19]</sup>



Figura 6.13: Modelo de Sistema de amortiguador de empresas Lesol.

| Referencia ▲ | ØA (mm) ▲ | Dureza (sh) ▲ | B (mm) ◆ | C (mm) ◆ | D ◆  | i ◆ | Carga a Compresión ◆ (Kg) | Flecha a Compresión ◆ (mm) | Carga a Cizalla ◆ (Kg) | Flecha a Cizalla ◆ (mm) | Guía ◆ |
|--------------|-----------|---------------|----------|----------|------|-----|---------------------------|----------------------------|------------------------|-------------------------|--------|
| MR 1610      | 16        | 60            | 10       | 12       | M-05 | 5   | 20                        | 1,5±0,5                    | 2,0                    | 2,0±0,5                 |        |
| MR 1615      | 16        | 60            | 15       | 12       | M-05 | 5   | 15                        | 2,5±0,5                    | 2,0                    | 3,0±0,5                 |        |
| MR 1620      | 16        | 60            | 20       | 12       | M-05 | 5   | 15                        | 3,5±1,0                    | 2,0                    | 4,0±0,5                 |        |
| MR 1625      | 16        | 60            | 25       | 12       | M-05 | 5   | 15                        | 4,5±1,0                    | 2,0                    | 5,0±0,5                 |        |
| MR 2015      | 20        | 60            | 15       | 15       | M-06 | 5   | 35                        | 3,0±0,5                    | 3,5                    | 3,0±0,5                 |        |
| MR 2020      | 20        | 60            | 20       | 15       | M-06 | 5   | 30                        | 4,0±1,0                    | 2,5                    | 4,0±0,5                 |        |
| MR 2025      | 20        | 60            | 25       | 15       | M-06 | 5   | 25                        | 5,0±1,0                    | 2,5                    | 5,0±1,0                 |        |
| MR 2030      | 20        | 60            | 30       | 15       | M-06 | 5   | 25                        | 6,0±1,0                    | 2,5                    | 6,0±1,0                 |        |
| MR 2520      | 25        | 50            | 20       | 20       | M-08 | 6   | 50                        | 4,0±0,5                    | 8,0                    | 4,0±0,5                 |        |
| MR 2525      | 25        | 50            | 25       | 20       | M-08 | 6   | 45                        | 5,0±1,0                    | 6,0                    | 5,0±1,0                 |        |
| MR 2530      | 25        | 50            | 30       | 20       | M-08 | 6   | 40                        | 6,0±1,0                    | 5,0                    | 6,0±1,0                 |        |
| MR 2540      | 25        | 50            | 40       | 20       | M-08 | 6   | 40                        | 8,0±1,0                    | 5,0                    | 8,0±1,0                 |        |
| MR 00        | 28        | 50            | 22       | 20       | M-08 | 6   | 60                        | 5,0±1,0                    | 11,0                   | 5,0±1,0                 |        |
| MR 3015      | 30        | 50            | 15       | 20       | M-08 | 6   | 90                        | 3,0±0,5                    | 11,0                   | 3,0±0,5                 |        |

Tabla 6.6. Dimensiones, peso y desplazamiento para modelos de amortiguadores de empresas Lesol.

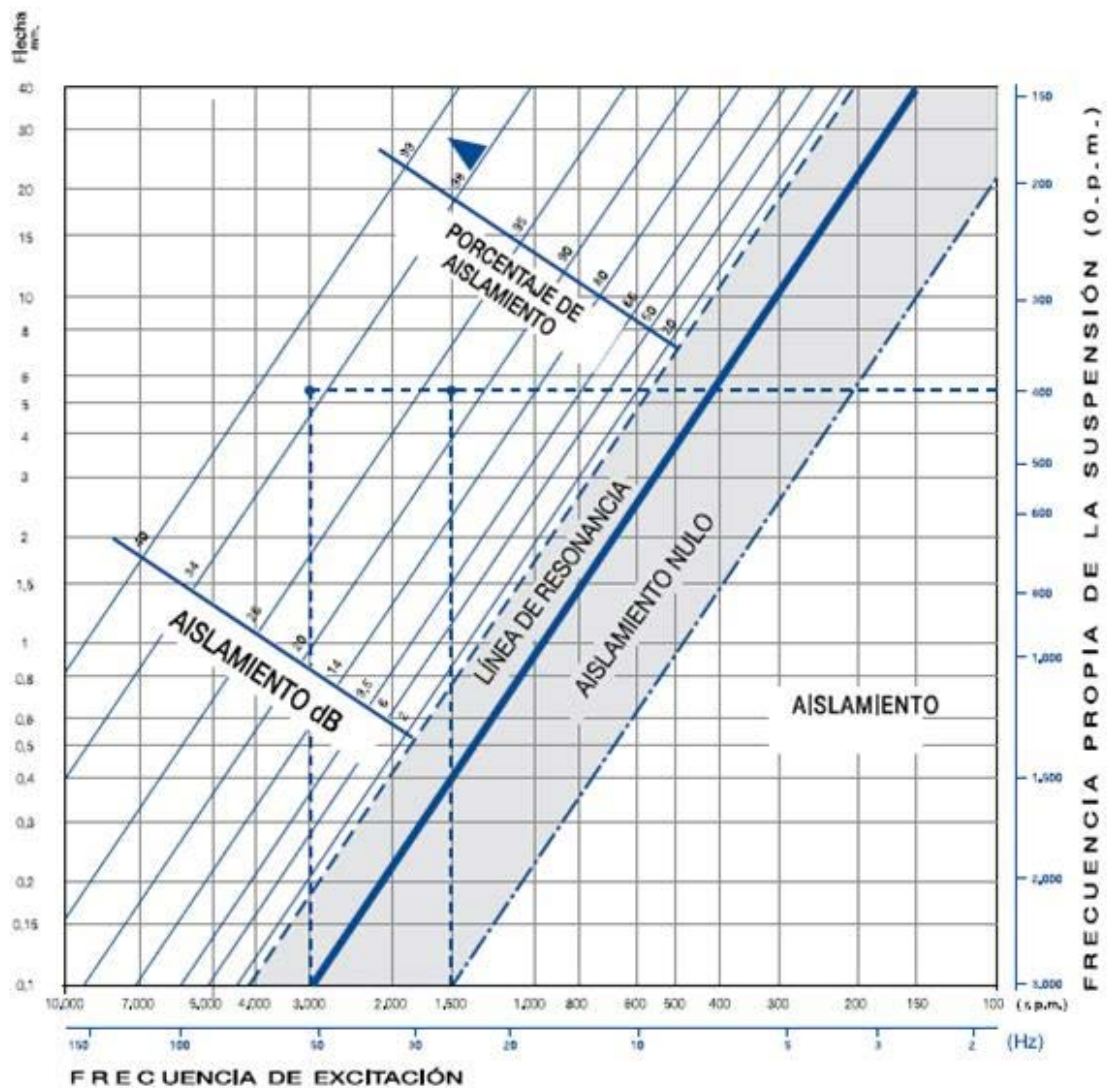


Figura 6.14: Gráfica de aislamiento y atenuación de vibraciones entregada por empresas AMC Mecanocaucho,

La gráfica de la figura 6.14, muestra el comportamiento que se obtendrá con sistemas de amortiguamiento, en primera instancia el peso del motor y la frecuencia de excitación otorgan las especificaciones técnicas del sistema elástico, con estos datos y la gráfica se logra calcular el porcentaje de aislamiento y atenuación de vibraciones. Para esta sugerencia, se tiene una frecuencia de excitación de 50 Hz, lo que el sistema brinda una frecuencia de aproximadamente 8 Hz y una atenuación de vibraciones de 34 dB.

### 6.2.2. Gabinete Acústico para la instalación del Generador Eléctrico.

El gabinete de Clínica Dental Móvil que contiene el generador eléctrico tiene las siguientes dimensiones:

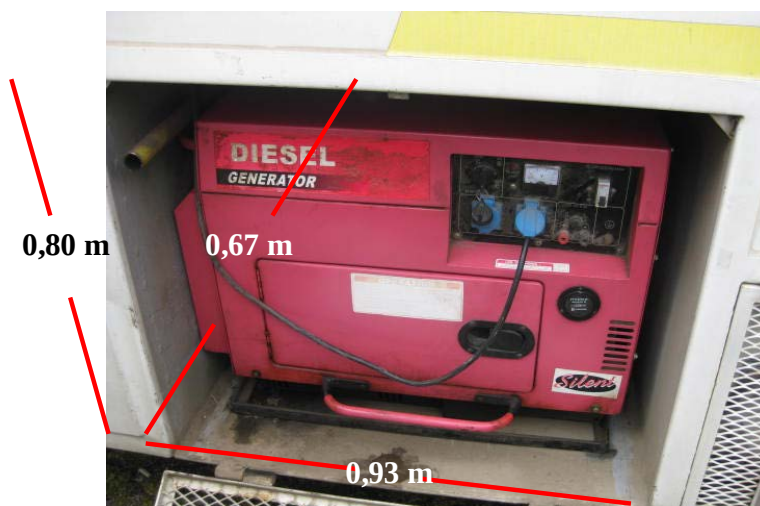


Figura 6.15: Actual gabinete del generador eléctrico en Clínica Dental Móvil.

Con los registros de niveles de presión sonora que se obtuvieron al generador eléctrico, sección 5.3.6, más específicamente la medición que se realizó al generador eléctrico de forma cercana, 5.3.6.1, se logra visualizar que existe un alto nivel de presión sonora en los 63 Hz con un valor correspondiente de 60 dB. Por otro lado, las paredes del gabinete actual del generador eléctrico son todas de 1 mm de espesor, por esto, sería de gran utilidad considerar el mismo diseño de panel que el recomendado para el encierro acústico de los compresores de aire, que entregó una frecuencia de resonancia de 56 Hz, y un TL de 17 dB para los 63 Hz, pero el inconveniente para este gabinete, es que no se cuenta actualmente con espacio suficiente para implementar un encierro compuesto por paneles de 220 mm de espesor a diferencia del gabinete de los compresores de aire. Por lo tanto, se ha optado por cambiar la placa de acero que existe, aumentando la masa e incorporando otra placa de similares características, y así poder desarrollar un panel con un espesor 80 mm, el cual este diseño mediante software Insul entregó una frecuencia de resonancia de 51 Hz y un  $R_w$  de 62, a continuación se describe la composición del panel elaborado:

- Una placa de acero de 5 mm de espesor, con una masa superficial de 39 kg/m<sup>2</sup>.
- Una cámara de aire con un espesor de 70 mm.
- La cámara de aire se rellenará con una fibra de vidrio de espesor 75 mm y una densidad volumétrica de 10 kg/m<sup>3</sup>.
- Otra placa de acero de 5 mm de similares características a la primera placa.

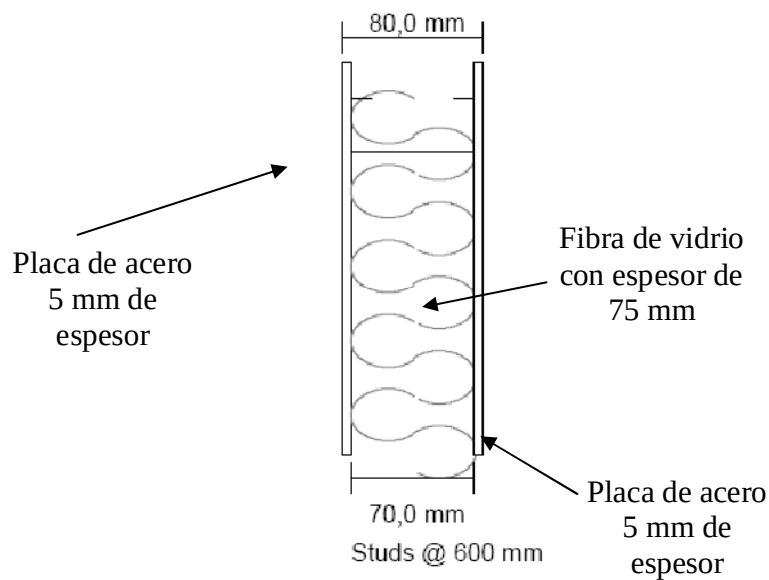


Figura 6.16: Diseño de los paneles que conformarán el encierro acústico para el generador eléctrico.

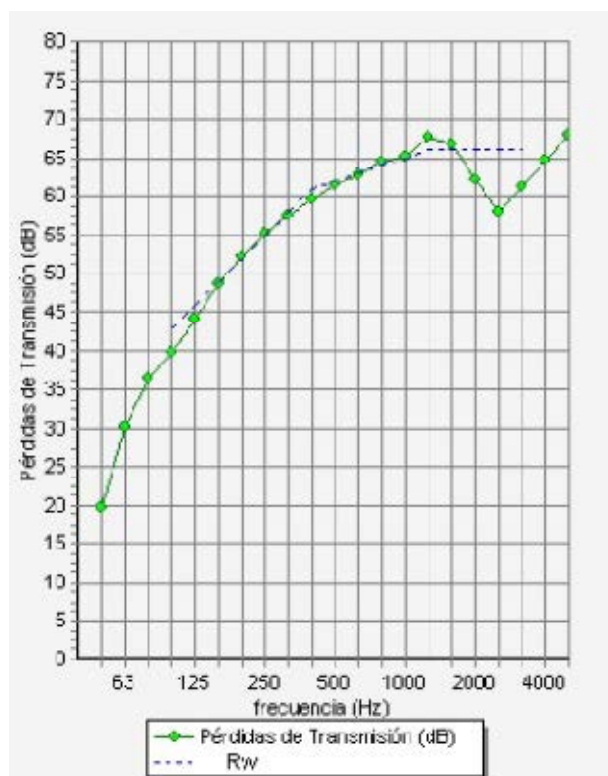


Figura 6.17: Gráfica de la pérdida por transmisión en función de las frecuencias, panel acústico destinado para el encierro del generador eléctrico.

Nuevamente se reitera que la frecuencia de resonancia de este panel es de 51 Hz, lo cual es suficientemente baja con respecto a los 63 Hz, frecuencia donde comienza el aumento de niveles de presión sonora, obteniendo para esta frecuencia un valor de pérdida por transmisión de 24 dB.

| Frecuencia Hz | TL dB |
|---------------|-------|
| 63            | 24    |
| 125           | 43    |
| 250           | 54    |
| 500           | 61    |
| 1.000         | 66    |
| 2.000         | 61    |
| 4.000         | 64    |

Tabla 6.7: Pérdida por transmisión en dB por espectro de octava para el panel diseñado, destinado para el encierro acústico del generador eléctrico.

También, al igual que el encierro de los compresores de aire se debe incorporar material absorbente fibra de vidrio con una densidad volumétrica de 10 kg/m<sup>3</sup> y un espesor de 50 mm instalados por las caras internas de este encierro acústico, se puede fijar al interior del gabinete mediante una malla metálica.

Para el cálculo de los niveles de ruido al interior del box dental considerando el nuevo encierro acústico y el funcionamiento sólo del generador eléctrico, éste se desarrolló de la misma forma que para el gabinete de los compresores, tomando como referencia los registros de la sección 5.3.6.1, efectuando la corrección para ponderación A, restando los TL por frecuencia que entregó el software Insul y finalmente procesando el resultado mediante la suma energética. Para este cálculo igual se despreció la contribución energética sonora que entrega el generador eléctrico hacia el exterior y que retorna nuevamente hacia el box dental.

|                  | Valores Medidos dB               | Corrección para ponderación A | Valores Medidos en dB[A]                                                                              | Pérdida por Transmisión del panel | Valores entregados el generador eléctrico hacia el interior de la clínica dental en dB [A] |
|------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Frec [Hz]</b> | <b>NIVELES DE PRESIÓN SONORA</b> |                               |                                                                                                       |                                   |                                                                                            |
| 63               | 61,2                             | -26,2                         | 35                                                                                                    | 24                                | 11                                                                                         |
| 125              | 58,4                             | -16,1                         | 42,3                                                                                                  | 43                                | -0,7                                                                                       |
| 250              | 67,3                             | -8,6                          | 58,7                                                                                                  | 54                                | 4,7                                                                                        |
| 500              | 64,6                             | -3,2                          | 61,4                                                                                                  | 61                                | 0,4                                                                                        |
| 1k               | 64,9                             | 0                             | 64,9                                                                                                  | 66                                | -1,1                                                                                       |
| 2k               | 59,2                             | +1,2                          | 60,4                                                                                                  | 61                                | -0,6                                                                                       |
| 4k               | 54,2                             | +1,0                          | 55,2                                                                                                  | 64                                | -8,8                                                                                       |
|                  |                                  |                               | <b>Contribución de ruido por parte del generador eléctrico hacia el interior de la clínica dental</b> |                                   | <b>12 dB[A]</b>                                                                            |

Tabla 6.8: Contribución de ruido por parte del generador eléctrico, una vez que se haya implementado el encierro acústico.

El valor de 12 dB [A] entregado por la tabla 6.8 es el nuevo aporte de ruido que entregará el generador eléctrico una vez que se haya implementado de forma hermética el encierro acústico sugerido. También se señala, que al momento de funcionar solamente el generador eléctrico con el nuevo encierro acústico, el nivel de ruido de fondo que se registrará



al interior de la clínica dental móvil, será aproximadamente el mismo que se midió con todos los equipos apagados inicialmente, esto es 38 dB [A].

### 6.2.3. Celosía Acústica instalada en puerta de gabinete de Generador Eléctrico.

También como para los compresores de aire, se consideró celosías acústica que deben ir instalada en la puerta de acceso del nuevo encierro acústico, la superficie que debe cubrir también será del 50% de la superficie total de la puerta de acceso y con un diseño del tipo V invertida con las mismas dimensiones que el que se consideró para los compresores de aire, pero ahora se deben implementar seis celdas a diferencia de las tres que se diseñaron para la puerta del encierro de compresores.

#### DETALLE CONSTRUCTIVO

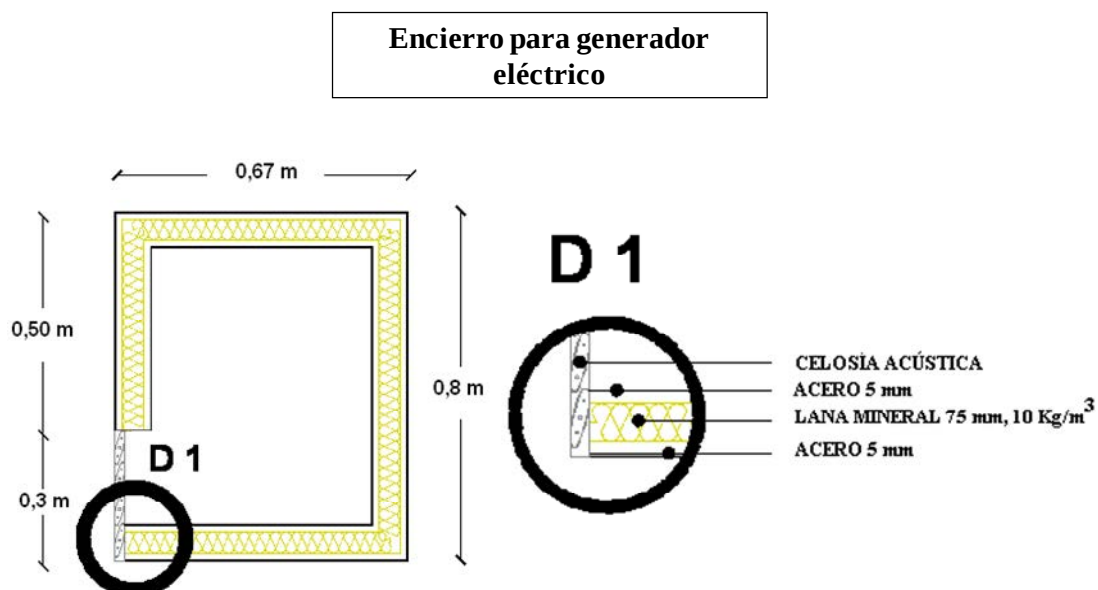


Figura 6.18: Detalle constructivo para el encierro acústico destinado para el generador eléctrico. La celosía acústica debe contener seis celdas rellenas con material absorbentes.

La pérdida por transmisión de las celosías acústica se encontró través de la aproximación del diseño comercial que entrega empresas IAC Stopson Española S.A, con el modelo Slimshield SL-600.

Para calcular la pérdida por transmisión de la puerta de acceso se procedió de la misma forma que para la puerta de acceso del encierro de compresores de aire, esto es mediante la siguiente fórmula para el aislamiento acústico de paredes compuestas:

$$\text{Aislamiento Puerta de Acceso Encierro Acústico} = 10 \log \left\{ \frac{S_t}{\tau_P S_P + \tau_C S_C} \right\} \quad (6,10)$$

Generador Eléctrico

$$\text{TL: Pérdida por Transmisión} = 10 \log \left\{ \frac{1}{\tau} \right\} \quad (6,11)$$

$S_t$ : Superficie total de la puerta de acceso, 0,744 m<sup>2</sup>.

$S_p$ : Superficie del panel, 0,372 m<sup>2</sup>.

$S_c$ : Superficie de la celosía, 0, 372 m<sup>2</sup>.

| TL PARA PUERTA DE ACCESO AL GABINETE ACÚSTICO DEL GENERADOR ELÉCTRICO |                       |             |             |              |                       |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|--------------|-----------------------|
| Frecuencia Hz                                                         | Valores Medidos dB[A] | TL Panel dB | TL Celosías | TL Compuesto | NPS Esperado en dB[A] |
| 63                                                                    | 35                    | 24          | 7           | 9,9          | 25,1                  |
| 125                                                                   | 42,3                  | 43          | 9           | 12,0         | 30,3                  |
| 250                                                                   | 58,7                  | 54          | 12          | 15,0         | 43,7                  |
| 500                                                                   | 61,4                  | 61          | 24          | 27,0         | 34,4                  |
| 1.000                                                                 | 64,9                  | 66          | 31          | 34,0         | 30,9                  |
| 2.000                                                                 | 60,4                  | 61          | 33          | 36,0         | 24,4                  |
| 4.000                                                                 | 55,2                  | 64          | 29          | 32,0         | 23,2                  |
|                                                                       |                       |             |             | NPS dB [A]   | 44,7                  |

Tabla 6.9: Nivel de Presión Sonora estimado para la cercanía exterior del encierro acústico del generador eléctrico.

El Nivel de Presión Sonora de 44,7 dB [A], es el estimado para la cercanía exterior del gabinete acústico del generador eléctrico, funcionando solamente éste, representando este nivel al valor de ruido para la vecindad, Decreto Supremo N°146 MINSEGPRES, una vez que se haya implementado el nuevo encierro acústico de forma hermética. Se recuerda que la medición In Situ para este escenario fue de 71,7 dB [A], por lo tanto si se implementa esta recomendación se tendrá una disminución de 27 dB aproximadamente.

Cabe señalar que para la parte frontal del generador, debe ir incluida la salida del tubo escape, lo que sería ideal que se sitúe en la parte superior izquierda del encierro acústico, y realizar una extensión de este tubo hacía el techo del camión.

## 7. CONCLUSIONES

Se logró presentar metodologías prácticas que son cotidianas en el ambiente laboral acústico, como lo son la medición para los decretos N° 594, éste en lo que se refiere a ruido y vibraciones y el Decreto Supremo N° 146 para el registro de ruido emitido por fuentes fijas. Antes de estos registros, se realizaron reconocimientos e identificaciones de las fuentes más importantes, se obtuvo una diferencia con la declaración de fuentes de ruido realizadas por los funcionarios, hasta que se optó sólo por considerar los dos compresores de aire y el generador eléctrico como fuente de ruido, ya que uno de los objetivos fue establecer un ambiente sonoro normal de una atención clínica, por lo que se descartaron los ruidos emitidos por los equipos propios de un box dental. Esto último se consiguió al recomendar las soluciones tanto para el grupo de compresores de aire y el generador eléctrico, y estimar los nuevos valores de ruido de fondo que se podrán esperar dentro del box clínico, todo esto empleando los criterios de ruido de fondo que se establecen para los recintos hospitalarios, mediante la curva NR 40, que indica que para este tipo de recinto los niveles de ruido de fondo no deben sobrepasar los 45 dB [A]. Con respecto a esto último, se entregó sitios web y artículos que describen en cierta medida ambientes acústicos clínicos, en los cuales la mayoría evidencian que cada año existe mayores niveles de ruido en recinto hospitalarios, y que las curvas NR o NC entregan apropiados valores, según correspondan la funcionalidad del recinto.

El nuevo aporte de nivel de ruido hacia el interior de la clínica dental fue de 19 dB [A] correspondiente al funcionamiento de los dos compresores y de 12 dB [A] para las emisiones de ruido proveniente del generador eléctrico, siempre y cuando se implementen los encierros diseñados. Estos dos valores teóricos indican que las aislaciones sugeridas en este documento para estas dos fuentes de ruido son óptimas, si al momento de funcionar los compresores de aire y el generador eléctrico con los nuevos encierros acústicos, el nivel de ruido de fondo que se registrará al interior de la clínica dental móvil, será aproximadamente el mismo que se midió con todos los equipos apagados inicialmente, esto es 38 dB [A], y por lo tanto responderá a los requerimientos de la curva NR 40, que no sobrepasa los 45 dB [A].

Los valores medidos In Situ cumplen con el Decreto Supremo N° 594, en lo que se refiere a ruido y vibraciones, de todas formas se bajó teóricamente las emisiones de ruido

emitidas al interior de la clínica dental por las fuentes consideradas, generador eléctrico y compresores de aire, estableciéndose estos niveles cercanos a los 38 dB [A].

Los registros de vibraciones obtenidos, no lograron evidenciar si existió niveles a considerar de vibraciones, salvo el cumplimiento a la Normativa N°594 en referencia a vibraciones para los dos puestos de trabajo, pero si se efectuó un ejercicio durante el proceso de medición descrita en las secciones 5.3.6.2 y 5.3.7, en el cual se encontró un valor de 5,2 dB [A] que representó el efecto de la transmisión vía estructural hacia el interior de la clínica, producido por el generador eléctrico al funcionar instalado en el gabinete actual y se determinó que este valor de 5,2 dB [A] es considerable, por lo que se sugirió un sistema antivibratorio comercial. El diseño de éste se encontró a través de parámetros básicos como son el peso del generador eléctrico y la frecuencia de funcionamiento de éste. A través de dos empresas españolas distribuidoras de estos sistemas, se logró calcular que el sistema va a obtener una atenuación en vibraciones alrededor de los 34 dB, condición suficiente para el escenario del generador eléctrico. También se recomendó una solución similar para el montaje de los compresores, ya que al momento de realizar mediciones, se escucharon golpeteos de funcionamiento por una mala fijación rígida.

Por otro lado, se constató la normativa para fuentes fijas D.S. N° 146/97 del Ministerio Secretaría General de La Presidencia, ésta se comprobó con la estimación de los valores de ruido obtenidos en la parte frontal de cada gabinete de equipo, éstos fueron de 41,6 dB[A] para los compresores y de 44,7 dB[A] para el generador eléctrico, los cuales cumplen al estar por debajo al fijado para este escenario, 45 dB[A], solamente el nivel estimado para el funcionamiento del generador está muy próximo a este valor, pero se consideró el registro cercano a la fuente, lo cual para evaluar el D.S. N° 146/97 aún falta considerar la pérdida por distancia para este nivel.

Como puntos desfavorables de los encierros recomendados, está la masa que se debe considerar, sobre todo para el diseño del encierro acústico correspondiente al generador, ya que al efectuar el registro de niveles de presión sonora por frecuencia de octava efectuada cercana a la fuente, entregó un alza en los niveles desde los 63 Hz al igual que el espectro emitido por los dos compresores de aire, pero se debió aumentar la masa para el encierro del generador eléctrico, ya que actualmente no se cuenta con tanto espacio físico para recomendar

la misma solución acústica que para los compresores de aire, que tenía un espesor de 220 mm, por lo que se aumentó la masa de ambas placas que conforman los paneles del encierro acústico, y considerando un espesor de 80 mm por cada panel. La masa que se debe considerar para implementar esta solución es de 200 kg sumado a los 50 kg que se deben considerar para el encierro acústico para los compresores de aire. Cabe señalar que se ha optado por implementar acero, en lugar de cualquier material más ligero, volcánita, osb o maderas en general, ya que se tienen malas experiencias con estos materiales por los caminos en que debe circular el camión dental, donde el box dental sufre torsiones, golpes y saltos.

Para evitar el sobre peso que se sugiere para el encierro del generador, solución en base acero, se recomienda instalar un silenciador a la salida del escape del generador, así se podrá subir la frecuencia donde comienzan a elevarse los niveles de presión sonora para el generador, y con esto se podrá implementar una solución más liviana en cuanto a masa. El diseño de un silenciador no dio lugar para este estudio, pero si se puede solicitar en el mercado actual entregando los registros obtenidos de las emisiones de ruido que se realizaron para el generador eléctrico en banda de octava.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] István L. Vér. Beranek Leo L. 2006. Noise and Vibration Control Engineering. Principles and Applications.
- [2] Randall, Barron F & Dekker M. 2003. Industrial Noise Control and Acoustics.
- [3] Roberts HW, Charlton DG, Oper Dent 2009. The release of mercury from amalgam restorations and its health effects: a review.
- [4] Food and Drug Administratios, HHS. Fed Regist. 2009 Dental devices: classification of dental amalgam, reclassification of dental mercury, designation of special controls for dental amalgam, mercury and amalgam alloy. Final rule. Aug.
- [5] Norton M & Karczub D. 2003. Fundamentals of Noise and Vibration Analysis for Engineers.
- [6] Frank & Gardonio P. 2007. Sound and Structural Vibration, Radiation, Transmission and Response.
- [7] Jacobsen F, Poulsen T., Rundel J.H, Gade A.C & Ohlrich M. 2007. Fundamentals of Acoustics and Noise Control
- [8] Mouratidis E. & Becker J. 2004 The Acoustics Properties of Common HVAC Plena (RP-1026). ASHRAE Transactions.
- [9] Samir N.Y. Gerges. 1992. Ruido, Fundamentos e Controle.
- [10] Kinsler L, Frey A, Coppens A & Sanders J. 1995. Fundamentos de Acústica.
- [11] Goldam S. & P. E. 2006. Vibration Spectrum Analysis.

- [12] Kenneth G. Mc & Varoto P.S. 2008. Vibration Testing Theory and Practice. 13:573.
- [13] Schaer M.E. 2005. A Practical Guide to Noise and Vibration Control for HVAC Systems, 2nd ed. ASHRAE.
- [14] Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas, D.S. N° 146/1997. DEL MINISTERIO SECRETARIA GENERAL DE LA PRESIDENCIA. 1997.
- [15] Decreto Supremo N°594, Aprueba Reglamento Sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo. Santiago 15 de de Septiembre de 1999.
- [16] Francisco J Mellado M., Tesis “Caracterización y Propuesta de Mitigación de los Niveles de Ruido Generados por el Grupo Electrógeno FG Wilson, Modelo Perkins P440E1 en el Edificio J1 – Sede Providencia – Universidad de Las Américas. 2009
- [17] [http://www.stopson.com/webs/productos\\_m.htm](http://www.stopson.com/webs/productos_m.htm), empresas IAC Stopson Española S.A., 2010.
- [18] <http://www.lesol.es/>, empresa española Lesol.
- [19] <http://www.mecanocaucho.com/>, empresa española AMC Mekanocaucho, Aplicaciones Mecánica del Caucho S.A.
- [20] Anna A. Moshi, Kulva M Philimoni and Stelyus L. Mkoma, 2010.







|                                                                                   |  |                                   |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------|
|  |  | <b>INFORME TIPO RUIDO</b>         |                 |
|                                                                                   |  | <b>ANEXO C</b>                    |                 |
| GERENCIA PREVENCIÓN                                                               |  | Código PR-ATE-PREV-004-2-E        | Versión:06/2006 |
| AREA HIGIENE                                                                      |  | Aprobado por: Gerencia Prevención | Página 2 de 5   |

### 1. ANTECEDENTES

El día 16.06.09 se realiza visita a Clínica Móvil, ubicada momentáneamente en la Comuna de Puqueldón. Se detecta en esta visita que las fuentes generadoras de ruido con el compresor, turbina y eyector, además de un equipo de música que funciona con volumen más bien alto debido al ruido que emiten los otros equipos.

En esta Clínica Móvil laboran 4 trabajadores, en horario de 8:30 a 17:30 horas, atienden en promedio 25 pacientes al día, con un tiempo de demora en cada uno de ellos de 30 minutos promedio.

### 2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Se utilizan como criterios de evaluación, los definidos desde el Artículo N° 70 hasta el Artículo N° 82 (ambos inclusive) del Decreto Supremo N° 594, de 1999, del Ministerio de Salud, que Aprueba Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.

### 3. INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

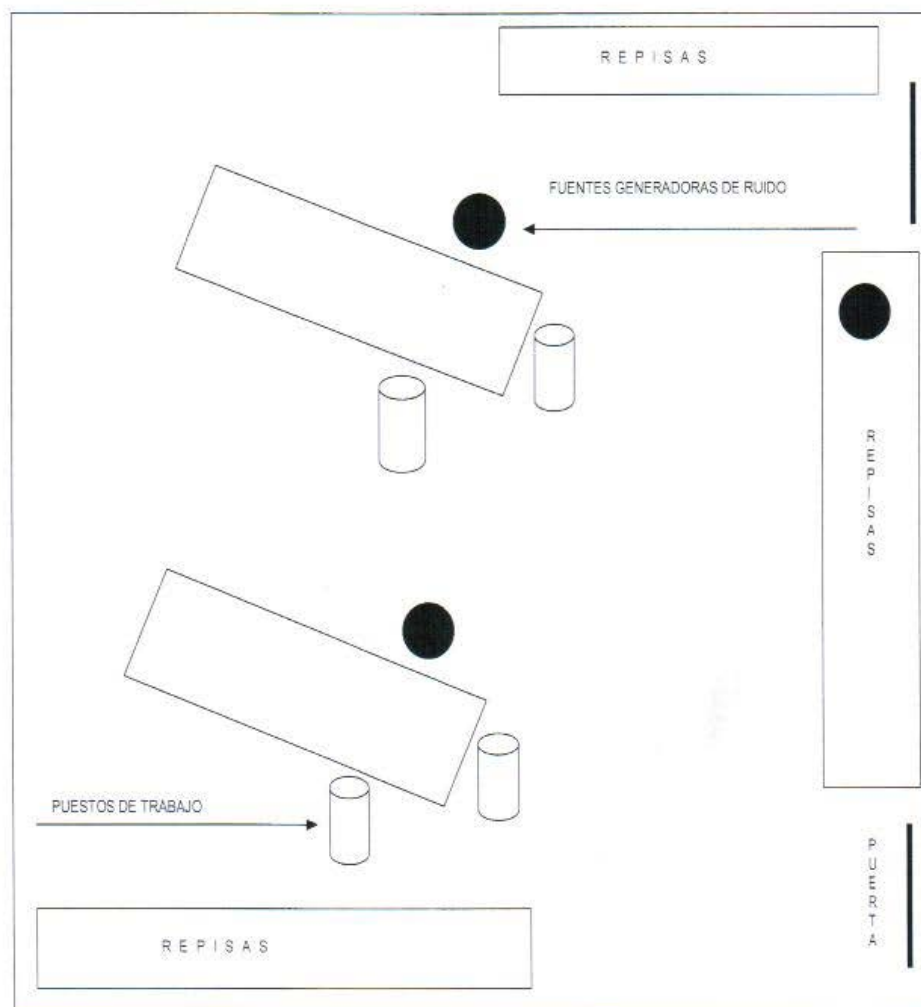
- Sonómetro Integrado marca Quest, Modelo 2200 previamente calibrado.
- Calibrador Acústico marca Quest, modelo QC 10.



|                                                                                   |  |                                             |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------|-----------------|
|  |  | <b>INFORME TIPO RUIDO</b><br><b>ANEXO C</b> |                 |
| GERENCIA PREVENCIÓN                                                               |  | Código PR-ATE-PREV-004-2-E                  | Versión:06/2006 |
| AREA HIGIENE                                                                      |  | Aprobado por: Gerencia Prevención           | Página 3 de 5   |

#### 4. ESQUEMA DE LAS INSTALACIONES

##### 4.1 Atención Pacientes





|                                                                                   |  |                                             |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------|-----------------|
|  |  | <b>INFORME TIPO RUIDO</b><br><b>ANEXO C</b> |                 |
| GERENCIA PREVENCIÓN                                                               |  | Código PR-ATE-PREV-004-2-E                  | Versión:06/2006 |
| AREA HIGIENE                                                                      |  | Aprobado por: Gerencia Prevención           | Página 4 de 5   |

## 5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se realizan mediciones de NPSeq con sonómetro integrador, a la altura de la zona auditiva de los trabajadores expuestos, en los puntos que se indican en cada sector o área de trabajo, obteniendo los siguientes resultados:

### 5.1. Clínica Móvil

| Punto de Medición | RESULTADOS OBTENIDOS | NPSeq dB(A)<br>lento    | NPSeq dB(A)<br>lento    |
|-------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
|                   | Descripción          | Dirigido a la<br>fuente | Dirigido a la<br>fuente |
| 1                 | Federico Lyman       | 86.7                    | 84.9                    |
| 2                 | Marjorie Tonioni     | 86.5                    | 85.1                    |

| Punto de Medición | RESULTADOS OBTENIDOS      | NPSeq dB(A)<br>lento    | NPSeq dB(A)<br>lento    |
|-------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
|                   | Descripción               | Dirigido a la<br>fuente | Dirigido a la<br>fuente |
| 3                 | Ma. de Los Angeles Zúñiga | 85.1                    | 84.1                    |
| 4                 | Mónica Soto               | 84.7                    | 83.3                    |

Los resultados presentados anteriormente fueron arrojados por la medición realizada con los dos equipos de trabajo funcionando al mismo tiempo, incluyendo además el compresor, turbina, eyector y el equipo de música. La última columna que se encuentra achurada corresponde a los resultados arrojados bajo las mismas condiciones anteriores, sólo eliminando el equipo de música como fuente generadora.

Se realizó además la medición con un solo equipo trabajo, es decir, atendiendo sólo a un paciente y sin el equipo de música, arrojando los siguientes resultados:

| Punto de Medición | RESULTADOS OBTENIDOS | NPSeq dB(A)<br>lento    |
|-------------------|----------------------|-------------------------|
|                   | Descripción          | Dirigido a la<br>fuente |
| 1                 | Federico Lyman       | 71.1                    |
| 2                 | Marjorie Tonioni     | 71.1                    |





|                                                                                   |  |                                   |                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------|------------------|
|  |  | <b>INFORME TIPO RUIDO</b>         |                  |
|                                                                                   |  | <b>ANEXO C</b>                    |                  |
| GERENCIA PREVENCIÓN                                                               |  | Código PR-ATE-PREV-004-2-E        | Versión: 06/2006 |
| AREA HIGIENE                                                                      |  | Aprobado por: Gerencia Prevención | Página 5 de 5    |

| Punto de Medición | RESULTADOS OBTENIDOS      | NPSeq dB(A) lento    |
|-------------------|---------------------------|----------------------|
|                   | Descripción               | Dirigido a la fuente |
| 1                 | Ma. de los Angeles Zúñiga | 70.6                 |
| 2                 | Mónica Soto               | 71.2                 |

#### 6. **CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS**

- 6.1. Tiempo de exposición de los trabajadores para 86.7 NPSeq (dB(A) lento), teniendo un tiempo de exposición de 6.30 horas al día.
- 6.2. De acuerdo a normativa, los trabajadores deberían estar expuestos 5 horas y 04 minutos.
- 6.3. En base a los puntos 6.1 y 6.2 se determina que no existe cumplimiento al DS 594 sobre los niveles de exposición permitidos.
- 6.4. Recomendaciones
  - Utilizar tapones auditivos con cordón, los cuales deberán ser cambiados por lo menos dos veces al mes; la utilización diaria de estos se realizará cada vez que se utilicen las fuentes generadoras de ruido.
  - Capacitar en el uso de los Equipos de Protección Personal
  - Realizar mantención en forma constante de las fuentes generadoras de ruido.
  - Realizar examen ocupacional a los trabajadores expuestos.

|                                                                |                                    |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>NOMBRE DEL EXPERTO</b>                                      | MARÍA PILAR ELGUETA BARRIENTOS     |
| <b>TÍTULO</b>                                                  | INGENIERO EN PREVENCIÓN DE RIESGOS |
| <b>REG. SESMA</b>                                              | COM./P-360                         |
| <b>REGIÓN</b>                                                  | DE LOS LAGOS                       |
| <b>N° CORRELATIVO DE INFORME DEL PROFESIONAL EN PREVENCIÓN</b> | 03/2009                            |

cc. / - Empresa  
- Prevención

### 9.1.Registros de Niveles de Presión Sonora en Clínica Dental Móvil para este estudio.

| 2 Compresores<br>Funcionando, Registro de<br>NPS en Exterior, por banda<br>Octava |            |     | 2 Compresores<br>Funcionando, Registro de<br>NPS en Interior, por<br>banda Octava |                |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|--|
| Frec [Hz]                                                                         | NPS dB [A] |     | Frec [Hz]                                                                         | NPS dB         |  |
| 16                                                                                | 18,1       |     | 16                                                                                | 27             |  |
| 31,5                                                                              | 29,8       |     | 31,5                                                                              | 35,2           |  |
| 63                                                                                | 49,5       |     | 63                                                                                | 45,1           |  |
| 125                                                                               | 64,1       |     | 125                                                                               | 55,1           |  |
| 250                                                                               | 60,5       |     | 250                                                                               | 54,2           |  |
| 500                                                                               | 66,2       |     | 500                                                                               | 57,6           |  |
| 1k                                                                                | 63         |     | 1k                                                                                | 58,7           |  |
| 2k                                                                                | 59,2       |     | 2k                                                                                | 58,9           |  |
| 4k                                                                                | 56,4       |     | 4k                                                                                | 57,5           |  |
| 8k                                                                                | 45,6       |     | 8k                                                                                | 57             |  |
| 16k                                                                               | 35,3       |     | 16k                                                                               | 45,2           |  |
|                                                                                   | 71,4       | Leq |                                                                                   | Leq 66,8 dB[A] |  |
|                                                                                   | 70,6       | Mín |                                                                                   | Mín 66,4 dB[A] |  |
|                                                                                   | 71,7       | Máx |                                                                                   | Máx 68,8 dB[A] |  |

Tabla 9.1: Niveles de presión sonora correspondiente a los dos compresores en funcionamiento.

| 1 Compresor Funcionando,<br>Registro de NPS exterior,<br>por banda de Octava, tapa<br>abierta |            |     | 1 Compresor Funcionando,<br>Registro de NPS interior,<br>por banda de Octava |            |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|
| Frec [Hz]                                                                                     | NPS dB [A] |     | Frec [Hz]                                                                    | NPS dB [A] |     |
| 16                                                                                            | 15,7       |     | 16                                                                           | 39,7       |     |
| 31,5                                                                                          | 28,6       |     | 31,5                                                                         | 46,3       |     |
| 63                                                                                            | 46,8       |     | 63                                                                           | 46,9       |     |
| 125                                                                                           | 61,6       |     | 125                                                                          | 57,4       |     |
| 250                                                                                           | 63,2       |     | 250                                                                          | 57         |     |
| 500                                                                                           | 68,1       |     | 500                                                                          | 63,7       |     |
| 1k                                                                                            | 69         |     | 1k                                                                           | 66         |     |
| 2k                                                                                            | 68,1       |     | 2k                                                                           | 61,9       |     |
| 4k                                                                                            | 68,8       |     | 4k                                                                           | 60         |     |
| 8k                                                                                            | 54,2       |     | 8k                                                                           | 63,5       |     |
| 16k                                                                                           | 41,2       |     | 16k                                                                          | 49,4       |     |
|                                                                                               | 69,4       | Leq |                                                                              | 66,1       | Leq |
|                                                                                               | 69,1       | Mín |                                                                              | 65,8       | Mín |
|                                                                                               | 69,9       | Máy |                                                                              | 68,2       | Máy |

Tabla 9.2: Niveles de presión sonora correspondiente a un compresor en funcionamiento.

| Generador Funcionando e<br>instalado en Gabinete de<br>Clínica Dental Móvil<br>Registro de NPS en Interior,<br>por banda Octava |            |     | Generador Funcionando e<br>instalado fuera de<br>Gabinete de Clínica Dental<br>Móvil Registro de NPS en<br>Interior, por banda Octava |            |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|
| Frec [Hz]                                                                                                                       | NPS dB [A] |     | Frec [Hz]                                                                                                                             | NPS dB [A] |     |
| 16                                                                                                                              | 19,5       |     | 16                                                                                                                                    | 13,7       |     |
| 31,5                                                                                                                            | 35,4       |     | 31,5                                                                                                                                  | 26,6       |     |
| 63                                                                                                                              | 54,7       |     | 63                                                                                                                                    | 44,6       |     |
| 125                                                                                                                             | 56,9       |     | 125                                                                                                                                   | 51,3       |     |
| 250                                                                                                                             | 62,3       |     | 250                                                                                                                                   | 59,3       |     |
| 500                                                                                                                             | 63,3       |     | 500                                                                                                                                   | 55,4       |     |
| 1k                                                                                                                              | 58,9       |     | 1k                                                                                                                                    | 55,2       |     |
| 2k                                                                                                                              | 55,8       |     | 2k                                                                                                                                    | 50,7       |     |
| 4k                                                                                                                              | 55,7       |     | 4k                                                                                                                                    | 41,9       |     |
| 8k                                                                                                                              | 48,4       |     | 8k                                                                                                                                    | 37         |     |
| 16k                                                                                                                             | 37,1       |     | 16k                                                                                                                                   | 35,3       |     |
|                                                                                                                                 | 67,9       | Leq |                                                                                                                                       | 62,7       | Leq |
|                                                                                                                                 | 67,3       | Mín |                                                                                                                                       | 62,3       | Mín |
|                                                                                                                                 | 68,4       | Máy |                                                                                                                                       | 64,9       | Máy |

Tabla 9.3: Niveles de presión sonora correspondiente al generador eléctrico.

| 1 Compresor Funcionando,<br>Registro de NPS exterior,<br>por banda de Octava, tapa<br>abierta |            |     | 1 Compresor Funcionando,<br>Registro de NPS interior,<br>por banda de Octava |            |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|------------------------------------------------------------------------------|------------|-----|
| Frec [Hz]                                                                                     | NPS dB [A] |     | Frec [Hz]                                                                    | NPS dB [A] |     |
| 16                                                                                            | 15,7       |     | 16                                                                           | 39,7       |     |
| 31,5                                                                                          | 28,6       |     | 31,5                                                                         | 46,3       |     |
| 63                                                                                            | 46,8       |     | 63                                                                           | 46,9       |     |
| 125                                                                                           | 61,6       |     | 125                                                                          | 57,4       |     |
| 250                                                                                           | 63,2       |     | 250                                                                          | 57         |     |
| 500                                                                                           | 68,1       |     | 500                                                                          | 63,7       |     |
| 1k                                                                                            | 69         |     | 1k                                                                           | 66         |     |
| 2k                                                                                            | 68,1       |     | 2k                                                                           | 61,9       |     |
| 4k                                                                                            | 68,8       |     | 4k                                                                           | 60         |     |
| 8k                                                                                            | 54,2       |     | 8k                                                                           | 63,5       |     |
| 16k                                                                                           | 41,2       |     | 16k                                                                          | 49,4       |     |
|                                                                                               | 69,4       | Leq |                                                                              | 66,1       | Leq |
|                                                                                               | 69,1       | Mín |                                                                              | 65,8       | Mín |
|                                                                                               | 69,9       | Máx |                                                                              | 68,2       | Máx |

Tabla 9.4: Niveles de presión sonora correspondiente a un compresor en funcionamiento.



| Punto A exterior,<br>Generador en<br>funcionamiento por banda<br>de octava                    |            |             | Punto B exterior,<br>Generador en<br>funcionamiento por banda<br>de octava                    |             |             | Punto C exterior,<br>Generador en<br>funcionamiento por banda<br>de octava                    |            | dB |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----|
| Frec [Hz]                                                                                     | NPS dB [A] |             | Frec [Hz]                                                                                     | NPS dB [A]  |             | Frec [Hz]                                                                                     | NPS dB [A] |    |
| 16                                                                                            | 11,4       |             | 16                                                                                            | 9,6         |             | 16                                                                                            | 10,7       |    |
| 31,5                                                                                          | 31,8       |             | 31,5                                                                                          | 23,9        |             | 31,5                                                                                          | 27,2       |    |
| 63                                                                                            | 61,2       |             | 63                                                                                            | 55,5        |             | 63                                                                                            | 49,1       |    |
| 125                                                                                           | 58,4       |             | 125                                                                                           | 56,1        |             | 125                                                                                           | 48,7       |    |
| 250                                                                                           | 67,3       |             | 250                                                                                           | 57,2        |             | 250                                                                                           | 51,5       |    |
| 500                                                                                           | 64,6       |             | 500                                                                                           | 57,7        |             | 500                                                                                           | 55         |    |
| 1k                                                                                            | 64,9       |             | 1k                                                                                            | 55          |             | 1k                                                                                            | 55,2       |    |
| 2k                                                                                            | 59,2       |             | 2k                                                                                            | 48,6        |             | 2k                                                                                            | 46,7       |    |
| 4k                                                                                            | 54,2       |             | 4k                                                                                            | 43,7        |             | 4k                                                                                            | 42,9       |    |
| 8k                                                                                            | 44,9       |             | 8k                                                                                            | 35,3        |             | 8k                                                                                            | 35,3       |    |
| 16k                                                                                           | 35,3       |             | 16k                                                                                           | 9,6         |             | 16k                                                                                           | 35,3       |    |
|                                                                                               |            | <b>71,7</b> | <b>Leq</b>                                                                                    | <b>68,3</b> | <b>Leq</b>  | <b>60,7</b>                                                                                   | <b>Leq</b> |    |
|                                                                                               |            | <b>71</b>   | <b>Mín</b>                                                                                    | <b>67,9</b> | <b>Mín</b>  | <b>60,2</b>                                                                                   | <b>Mín</b> |    |
|                                                                                               |            | <b>72,5</b> | <b>Máx</b>                                                                                    | <b>68,4</b> | <b>Máx</b>  | <b>61,2</b>                                                                                   | <b>Máx</b> |    |
| Punto A exterior,<br>Generador y 2<br>Compresores en<br>funcionamiento por banda<br>de octava |            |             | Punto B exterior,<br>Generador y 2<br>Compresores en<br>funcionamiento por banda<br>de octava |             |             | Punto C exterior,<br>Generador y 2<br>Compresores en<br>funcionamiento por banda<br>de octava |            |    |
| Frec [Hz]                                                                                     | NPS dB [A] |             | Frec [Hz]                                                                                     | NPS dB [A]  |             | Frec [Hz]                                                                                     | NPS dB [A] |    |
| 16                                                                                            | 10,6       |             | 16                                                                                            | 11,8        |             | 16                                                                                            | 14,3       |    |
| 31,5                                                                                          | 37,4       |             | 31,5                                                                                          | 27          |             | 31,5                                                                                          | 28         |    |
| 63                                                                                            | 61,5       |             | 63                                                                                            | 58,8        |             | 63                                                                                            | 47,3       |    |
| 125                                                                                           | 60,6       |             | 125                                                                                           | 58,2        |             | 125                                                                                           | 53,4       |    |
| 250                                                                                           | 67         |             | 250                                                                                           | 60,5        |             | 250                                                                                           | 53,7       |    |
| 500                                                                                           | 69,1       |             | 500                                                                                           | 63,2        |             | 500                                                                                           | 59,7       |    |
| 1k                                                                                            | 66,5       |             | 1k                                                                                            | 57          |             | 1k                                                                                            | 56,9       |    |
| 2k                                                                                            | 61,9       |             | 2k                                                                                            | 50          |             | 2k                                                                                            | 47,2       |    |
| 4k                                                                                            | 55,2       |             | 4k                                                                                            | 45,5        |             | 4k                                                                                            | 46,4       |    |
| 8k                                                                                            | 47         |             | 8k                                                                                            | 38          |             | 8k                                                                                            | 35,8       |    |
| 16k                                                                                           | 37         |             | 16k                                                                                           | 35,3        |             | 16k                                                                                           | 32,3       |    |
|                                                                                               |            | <b>Leq</b>  | <b>67,3</b>                                                                                   | <b>Leq</b>  | <b>64,1</b> | <b>Leq</b>                                                                                    |            |    |
|                                                                                               |            | <b>Mín</b>  | <b>67</b>                                                                                     | <b>Mín</b>  | <b>63,7</b> | <b>Mín</b>                                                                                    |            |    |
|                                                                                               |            | <b>Máx</b>  | <b>67,6</b>                                                                                   | <b>Máx</b>  | <b>64,6</b> | <b>Máx</b>                                                                                    |            |    |

Tabla 9.5: Niveles de presión sonora correspondiente al generador y los dos compresores en funcionamiento.

| Puesto de Trabajo Dr.<br>Lynam, fuentes<br>consideradas: Generador y<br>2 Compresores |            | Puesto de Trabajo Dra.<br>Zúñiga, fuentes<br>consideradas: Generador y<br>2 Compresores |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Frec [Hz]                                                                             | NPS dB [A] | Frec [Hz]                                                                               | NPS dB [A] |
| 16                                                                                    | 27,1       | 16                                                                                      | 32,1       |
| 31,5                                                                                  | 38,5       | 31,5                                                                                    | 31,5       |
| 63                                                                                    | 48,7       | 63                                                                                      | 50,9       |
| 125                                                                                   | 58,2       | 125                                                                                     | 56,5       |
| 250                                                                                   | 61,9       | 250                                                                                     | 61         |
| 500                                                                                   | 62,7       | 500                                                                                     | 60,9       |
| 1k                                                                                    | 59,9       | 1k                                                                                      | 60         |
| 2k                                                                                    | 57,5       | 2k                                                                                      | 59,3       |
| 4k                                                                                    | 53,8       | 4k                                                                                      | 56,7       |
| 8k                                                                                    | 50,6       | 8k                                                                                      | 57,6       |
| 16k                                                                                   | 35,3       | 16k                                                                                     | 45,2       |
| <b>68,3</b>                                                                           |            | <b>68,5</b>                                                                             |            |
| <b>Leq</b>                                                                            |            | <b>Leq</b>                                                                              |            |
| <b>68,2</b>                                                                           |            | <b>68,2</b>                                                                             |            |
| <b>Mín</b>                                                                            |            | <b>Mín</b>                                                                              |            |
| <b>68,7</b>                                                                           |            | <b>68,8</b>                                                                             |            |
| <b>Máx</b>                                                                            |            | <b>Máx</b>                                                                              |            |

Tabla 9.6: Niveles de presión sonora correspondiente al generador y los dos compresores en funcionamiento. Puestos de trabajo.