



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*

DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UNA SOLUCIÓN
DE CONTROL DE RUIDO PARA ATENUAR NIVELES
DE PRESION SONORA GENERADOS POR
MAESTRANZA BETH.

*Trabajo presentado como parte de los
requisitos para optar al Grado Académico de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería
y al Título Profesional de
Ingeniero Civil Acústico*

EDSON IVAN PADILLA CASTILLO

VALDIVIA — CHILE

2011

RESUMEN.....	IV
ABSTRACT	V
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. MAESTRANZA BETH	4
4. METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO.....	7
4.1 METODOLOGIA	7
4.2.1 Aplicación del DS 146/1997 a Maestranza Beth.	8
4.2.1.1 Sobre el área de estudio.....	8
4.2.1.2 Instrumento de Medición.....	9
4.2.1.3 Consideraciones previas al proceso de medición.	11
4.2.1.4 Elección de los Lugares de Medición.	11
4.2.1.5 Mediciones de Niveles de Presión Sonora.	14
4.2.1.6 Medición de Ruido de Fondo	17
4.2.1.7 Nivel de Presión Sonora Corregido NPC.	18
4.2.2 Resultados y Análisis de resultados de la aplicación del DS.146 a Maestranza Beth.	19
4.2.2.1 Resultados de NPC.	19
4.2.2.2 Análisis de NPC y Niveles establecidos por la normativa.....	20
4.2.2.3 Análisis de los resultados.....	21
5. SOLUCION PROPUESTA AL PROBLEMA.....	23
5.1 DESCRIPCION Y ANALISIS PREVIO AL INTERIOR DEL RECINTO.	23
5.1.2 Taller de Calderería.	27
5.1.3 Taller de Centrimecanizado.....	29
5.2 DISEÑO DE LA SOLUCION.....	31
5.2.1 Diseño mediante INSUL.	31
5.2.1.1 Sobre INSUL.	31
5.2.1.2 Diseño del panel.....	32
5.2.1.3 Materiales.	32
5.2.1.4 Pérdida por transmisión del panel.	33
5.2.1.5 Índice de reducción sonora y RW.....	35
5.2.2 Implementación del Panel.....	36
5.3 EVALUACION DE LA SOLUCION IMPLEMENTADA.....	38
5.3.1 Metodología.....	38
5.3.2.1 Resultados de NPC.	39
5.3.2.2 Comparación de NPC/Niveles establecidos por la normativa.	40
6. ANALISIS ESPECTRAL DE EFECTIVIDAD DEL PANEL.	43
6.1 METODOLOGIA	43
6.2 RESULTADOS.....	44
6.2.1 Diferencia de pérdida de transmisión ΔTL	44
6.2.2 Comparación entre resultados teóricos y reales.	45
6.2.3 Gráficas comparativas. Niveles teóricos y reales.....	48
6.2.3 Comparación LEQ teóricos y reales.....	51
6.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....	52

7. CONCLUSIONES	54
8 BIBLIOGRAFIA	56
9. ANEXOS.....	57
9.1 RESULTADOS DE MEDICIONES CAPITULO 4.....	57
9.1.1 Resultados NPS mínimos, máximos y LEQ.	57
9.1.1.1 Tablas de niveles medidos horarios diurno y nocturno.	57
9.1.1.2 Gráficos de niveles medidos horario nocturno.....	60
9.1.2 Fichas de medición de ruido estable para el cálculo de NPC.	62
9.1.2.1 Fichas de medición horario 07:00-21:00 hrs.....	62
9.1.2.2 Fichas de medición horario 21:00-07:00 hrs.....	66
9.2 FICHAS CARACTERISTICAS TECNICAS DE SIMULACIONES EN INSUL. PANEL Y LATON.	69
9.3 RESULTADOS DE MEDICIONES CAPITULO 5.....	72
9.3.1 Resultados NPS mínimos, máximos y LEQ.....	72
9.3.1.1 Tablas de valores medidos horarios diurno y nocturno.....	72
9.3.1.2 Gráficos de niveles medidos horario diurno.	75
9.3.1.3 Gráficos de niveles medidos en horario nocturno.	77
9.3.2 Fichas de medición de ruido estable para cálculo de NPC.....	79
9.3.2.1 Fichas de medición horario 07:00-21:00 hrs.....	79
9.3.2.2 Fichas de medición horario 21:00-07:00 hrs.....	83

RESUMEN

El presente documento expone las etapas realizadas al abordar un proyecto real de ingeniería acústica para el área de control de ruido.

El proyecto se basa en la resolución del problema de altos niveles de presión sonora generados por las actividades de Maestranza Beth (V Región), que afectaban a la comunidad del entorno.

Para abordar el problema, primero se debió establecer el cumplimiento de la empresa en cuestión, con la normativa vigente sobre emisiones de ruido generado por fuentes fijas. [DS.146 del MINSEGPRES, 1997].

Luego de constatar que los niveles de presión sonora emitidos por la maestranza, estaban sobre los permitidos por la normativa, se procedió a elaborar un plan de solución para mitigar dichos niveles.

El plan se basó en el diseño de un panel tipo pared doble para aumentar la pérdida de transmisión sonora interior-exterior del galpón principal de Beth. Lugar donde se realizan actividades que generan mayores niveles de ruido del recinto.

La directiva de la maestranza, luego de aceptar la propuesta procedió a implementar íntegramente el panel diseñado. Una vez concluida esta etapa, se realiza un nuevo estudio de las emisiones de ruido del recinto, a fin de corroborar el cumplimiento con los niveles máximos establecidos por el DS.146.

Finalmente se analiza la solución implementada. Se Comparan los resultados teóricos proyectados por el software de simulación, con los niveles reales medidos en terreno.

Descriptores: Acústica, Industria, Sonora, Emisiones, Fuentes, Ruido, Panel, Banda, Transmisión, Maestranza.

ABSTRACT

This document describes the steps taken to tackle a real project engineering acoustics for noise control area.

The project is based on solving the problem of high sound pressure levels generated by the activities of Beth Mastering Workshop (V Region), affecting the surrounding community.

To address the problem, you first must establish compliance with the company in question, with the current regulations for noise emissions from stationary sources [DS.146 del MINSEGPRES, 1997].

After finding that the sound pressure levels emitted by the petty officers were on those permitted by law, proceeded to develop a solution plan to mitigate these levels.

The plan was based on the design of a double wall panel type to increase sound transmission loss of interior-exterior of the house's main Beth. Where there are activities that generate higher levels of noise enclosure. The board of the arsenal, after accepting the proposal proceeded to fully implement the solution delivered. Once this stage is done a new study of the noise emissions of the compound. In order to verify compliance with the maximum levels set by the DS.146.

Finally, analyzed the implemented solution. Comparing the theoretical results projected by the simulation software, with the actual levels measured in the field.

Keywords: Acoustics, Industry, Sound, Emissions, Sources, Noise, Panel, Band, Transmission, Mastering Workshop.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las principales fuentes generadoras de ruido presentes en la sociedad, es la emanada de las actividades industriales. Desde pequeñas fábricas hasta los grandes establecimientos de mayor producción, los ruidos producidos por la industria en general, se caracterizan por altos niveles de presión sonora. Estos altos niveles varían dependiendo de variables como;

- La actividad industrial que se realice,
- Sector donde se encuentren situados los recintos industriales,
- El tipo de construcción y estructura de las instalaciones.
- Maquinaria y equipos.
- La frecuencia en el proceso de carga y descarga de materiales, etc. [Rejano, M., 2000].

Con el objetivo de alejar dichas fuentes de ruido industrial de las zonas urbanas de vivienda, y tomando en cuenta además, que muchas de estas industrias trabajan las 24 hrs del día, los perímetros industriales han sido desplazados de las grandes concentraciones de personas [Recuero, M., 1995]. Sin embargo, existen poblaciones de viviendas cercanas o inmersas directamente en las zonas de industria. Las cuales debido a los altos niveles de ruido a las que se ven sometidas día a día, comienzan a manifestar de forma inmediata y además a largo plazo, una serie síntomas psicofísicos y molestias para el normal desarrollo de actividades como; la comunicación, el descanso, y también aquellas que requieren concentración o trabajo mental, como estudiar y aprender. [Rejano, M , 2000]; [Hessler, GF, 2008].

Todo esto constituye un factor responsable de la degradación de la calidad de vida presente y futura de las personas expuestas a las emisiones de ruido generado por las industrias [Caligiuri, LM., 2007]; [DeGagne, DCet al., 2008].

Además de la actitud preventiva que deben poseer las directivas de las industrias con respecto al ruido como agente de enfermedad laboral para sus trabajadores, es de suma importancia que los distintos niveles de gestión de la entidad, contemplen como parte de un programa de responsabilidad social, evaluar el impacto acústico generado por las posibles fuentes de ruido existentes en las instalaciones de la misma. Y que pueden eventualmente afectar a la comunidad más cercana o expuesta a ellas. Además, en caso de ser necesario, desarrollar un plan de mitigación adecuado que permita a las industrias cumplir con la normativa que regula y acota los niveles máximos de ruido permitidos para el entorno. Para así contribuir con el desarrollo de una buena calidad de vida presente y futura de las personas que puedan verse afectadas. [Paslawski, J. 2009]; [Payer, P. 2007].

Tal es el caso de Maestranza Beth. Debido a las actividades presentes en una empresa que basa su trabajo en el tratamiento directo de metales en frío, y que, no obstante de encontrarse situada en una zona tipificada como III Industrial-Residencial [DS.146 del MINSEGPRES, 1997], los altos niveles de presión sonora generados, comenzaron a afectar la calidad de vida de las personas que habitan el sector donde se sitúa aquella. Por esto, la gerencia de Beth solicitó la asesoría, para solucionar de manera efectiva la problemática de emisiones de ruido hacia el entorno que sus actividades generaban.

La principal motivación por desarrollar el tema en cuestión, es la importancia que tiene enfrentar un problema de consultoría frecuente de ingeniería acústica. Abordando cada uno de los aspectos de proyecto que se deben considerar; como la evaluación, el plan de soluciones, el análisis de los métodos empleados y los resultados obtenidos.

2. OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar una solución de control de ruido efectiva para Maestranza Beth, a fin de cumplir con los niveles máximos establecidos por el DS.146/1997 del MINSEGPRES.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Constatar el margen de cumplimiento de los niveles de presión sonora emitidos por la maestranza según la normativa vigente (DS .146/1997) a Mayo de 2008.
- Realizar mediciones de espectros de frecuencia para los sectores donde se generen mayores niveles de presión sonora (NPS) dentro del recinto.
- Diseñar una solución de Ingeniería acústica, a partir de los datos obtenidos de los puntos anteriores, para atenuar los niveles de ruido ambiental provocados por las actividades de la Maestranza.
- Evaluar el grado de efectividad de la solución implementada.

3. MAESTRANZA BETH

Maestranza Beth es una empresa clasificada según su producción anual como una Mediana Empresa.

Se encuentra ubicada en la ciudad de Villa Alemana V región de Valparaíso Chile, y su actividad principal es la fabricación de estructuras, partes y piezas metálicas para la industria minera, petroquímica y energía.

Su organización enfoca el trabajo a 4 áreas de servicio; Calderería, Metalizados, plásticos inyectados y la fundición de aceros especiales.

Para los procesos mecanizados cuenta con maquinarias de grandes tamaños y pesos como Torneados, Mandrilados, Taladradoras Radiales, además de gran cantidad de tornos y fresadoras convencionales, tornos CNC, centros de mecanizados, electro erosión y matricería.

Se construyen estructuras con requerimientos de cilindrado en grandes espesores y tamaños. Para lo cual utilizan un puente de gran capacidad para desplazar elementos de hasta 25 TN y servicios de grúas plumas para pesos superiores. Se producen además piezas fundidas y mecanizadas en acero inoxidable y otras aleaciones con pesos de hasta 300 kg por pieza. Además se realizan soldaduras para todo tipo de materiales.

Las instalaciones de la ciudad de villa alemana se encuentran distribuidas en 4000 mts² de área de recinto, en donde cerca de 80 trabajadores realizan diversas labores. Cabe también señalar que la empresa realiza actividades de producción las 24 horas del día, los 365 días del año.

Sus principales clientes son:

- Codelco Norte.
- Codelco Teniente.

- Codelco Andina.
- Codelco las Ventanas.
- Delkor South America LTDA.
- S.Q.M Nitratos S.A.
- Armat S.A.
- Minera Zaldivar.
- Oxiquim S.A.
- Ohl.SA.
- Corpora Tres Montes.
- Ceras y Betunes Virginia S.A
- Inducorn S.A.
- Aesgener s.a.
- Ref. Petróleo Aconcagua.



Ilustración 3.1 Vista Aérea del recinto.

4 METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO.

En el presente capítulo se presentan, primero la metodología que se empleará para dar una solución efectiva a la problemática de emisiones de ruido ambiental, provocados por Maestranza Beth.

Luego se detalla el procedimiento usado para llevar a cabo lo descrito en el párrafo anterior. Dividiendo este en distintas etapas como la planificación, despliegue de resultados, soluciones y evaluaciones.

4.1 METODOLOGIA

Como el objetivo principal del proyecto fue dar una solución efectiva al problema de ruido provocado por la Maestranza Beth hacia la comunidad vecina. Primero se debió constatar el grado de cumplimiento con los niveles establecidos por el DS 146. En él se indican los niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos y los criterios técnicos para evaluar y calificar la emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas hacia la comunidad. En este caso, como fuente de ruido industrial.

Luego, se procede al análisis y diseño de una solución eficaz para lograr atenuar los niveles de ruido constatados en el primer estudio, en aquellas zonas sensibles de la comunidad. Cabe señalar que el proceso referente a la etapa de implementación de la solución propuesta, fue íntegramente realizado por Maestranza Beth. Ltda.

Finalmente, una vez implementada la solución propuesta, se debió constatar nuevamente el margen de cumplimiento de la maestranza con los niveles de ruido máximos establecidos en la norma. Para ello, se utiliza exactamente el mismo procedimiento realizado en la etapa de evaluación inicial. Es decir, se realiza un segundo estudio bajo los criterios técnicos establecidos por el DS.146.

4.2 PROCEDIMIENTO Y RESULTADOS.

A continuación se presentan las distintas etapas involucradas en el procedimiento descrito en la metodología (4.1).

Primero se describe el proceso en detalle de la aplicación de la normativa vigente sobre emisión de ruidos molestos generado por fuentes fijas, para Maestranza Beth. Se entregan todos los resultados obtenidos, tanto de las mediciones en terreno, como los niveles de presión sonora corregidos.

Luego, se establece el margen de cumplimiento de la maestranza, con los niveles estipulados en la normativa. Esto es, comparar los niveles de presión sonora corregidos, con los máximos niveles permitidos.

4.2.1 Aplicación del DS 146/1997 a Maestranza Beth.

Inicialmente, se clasifica la zona donde se encuentra ubicada la maestranza, según la autoridad sanitaria correspondiente a la provincia de Valparaíso.

Posteriormente, se establecen los lugares adecuados de medición, los cuales describen el área de mayor sensibilidad a la exposición de emisiones de ruido de la maestranza.

Las mediciones se efectuaron en horarios en que se realizan las labores de la planta. En este caso diurno y nocturno.

Además, se tomaron muestras de NPS por bandas de octava, en los sectores del recinto que presentaron mayores emisiones de ruido.

4.2.1.1 Sobre el área de estudio.

Conforme a la normativa vigente Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas D.S N° 146/2000, del Ministerio Secretaria General de la Presidencia, se clasificó la zona en estudio mediante la Autoridad Sanitaria de la Provincia de Valparaíso. Para efectos de fiscalización, fue establecida como una zonificación correspondiente a Zona III.

Niveles máximos permisibles de presión sonora corregidos NPC en dBA lento		
Horario	de 7 a 21 Hrs.	de 21 a 7 Hrs
Zona I	55	45
Zona II	60	50
Zona III	65	55
Zona IV	70	70

Tabla 4.1. Niveles de Presión Sonora según normativa para cada zona.

Como ya se dijo, para este caso y según el plan regulador de la ciudad de Villa Alemana, las instalaciones de Maestranza Beth se encuentran en una zona tipo III, (tabla 4.1 Zona III). Con esta clasificación, se delimitan los niveles de presión sonora máximos en que puede operar la empresa para horario diurno y nocturno.

Las actividades de la maestranza no pueden exceder los 65 dBA (NPC) para el horario comprendido de 7:00-21:00 hrs. Y para la jornada de trabajo entre 21:00-7:00 hrs, no debe sobrepasar los 55 dBA (NPC).

4.2.1.2 Instrumento de Medición.

Para cumplir con las exigencias normadas, las mediciones que se realizaron en terreno se realizaron con un sonómetro Quest Technologies #SoundPro SP DL21/1 configurado como Tipo 2, el cual según la definición de la norma es adecuado para mediciones en terreno, y certificado bajo normas:

- 1 IEC 6167212002 Class 2 Sound Level Meter Type 2.
- 2 ANSI S1.41983 (RS2001) OctaveBand Filters Class 1.

- 3 IEC61260:2001 Octave Band Filters Class 1.
- 4 ANSI S1.431997 (R2002) for Sound Level Meters Type 2.



Ilustración 4.1. Sonómetro Integrador Quest Tipo 2 y Pistófono Calibrador QC10.

La ilustración 4.1 muestra el sonómetro integrador Quest (tipo 2). Este es un instrumento que efectúa una amplia gama de mediciones acústicas, utilizado generalmente para medir ruido ocupacional y también ruido ambiental. Entrega las mediciones en un display o pantalla, permitiendo observar: SPL, LEQ, LMÁX, LMÍN, LPK. Permite visualizar los diversos tiempos de medición, seleccionar el modo de respuesta de medición, en nuestro caso “SLOW o LENTO”, así también la frecuencia a ponderar “A, C, Z”.

Antes de cada medición, el instrumento fue debidamente calibrado con el calibrador QC10 Quest Technologies, certificado bajo normas ANSI S1. 401984 Standard For Sound Calibrators e IEC 9421988 For Sound Calibrators (ilustración 4.1)

4.2.1.3 Consideraciones previas al proceso de medición.

Antes de llevar a cabo el proceso de medición establecido por la normativa 146, esta misma hace referencia a algunas consideraciones previas.

Se tomaron muestras de las actividades que presentan mayores Niveles de Presión Sonora tanto dentro del recinto como en los puntos de incidencia directa o zonas sensibles (representación de la vecindad). Estas se verán en el capítulo 5.1.1

Se determinó a través aquellas primeras mediciones, y en términos generales, que el tipo de ruido emanado durante la jornada laboral, es de tipo Estable. Ya que, no se detectaron mayores diferencias en los niveles de presión sonora continuo equivalente medidos (Leq).

Se debió establecer, junto con el afectado, el o los lugares donde se produce la mayor molestia. Cuando el lugar de mayor molestia quedó claramente definido, se debió hacer una indagación con el instrumento de medición, midiendo en NPS (nivel instantáneo de presión sonora). Tratando de encontrar así, el o los lugares donde se produce el mayor nivel de inmisión de ruido.

Se siguieron ambos procedimientos, primero se procedió a medir NPS en los límites con los vecinos que presentaron alguna queja o reclamo informal a la empresa.

Luego se tomaron muestras de NPS por todo el perímetro que delimita el recinto de la maestranza, para así constatar cuales fueron los lugares donde se captaron los mayores niveles de presión sonora en el perímetro.

4.2.1.4 Elección de los Lugares de Medición.

Luego de cumplidas las consideraciones previas y tal como establece la norma, se procedió a la elección de los lugares de medición, que además sirvieron de parámetro para el posterior análisis de la solución implementada.

Del procedimiento anteriormente descrito, resultaron 4 lugares o puntos que revelaron los mayores NPS instantáneos alrededor de la maestranza.

A continuación se muestra el cuadro que detalla la ubicación de los puntos escogidos.

Detalles de los puntos o lugares de medición	
Lugares de medición	Descripción y ubicación
Lugar 1	Cierre Perimetral Oeste de Mestranza, imagen 5.3 izquierda
Lugar 2	Cierre Perimetral Norte de Maestranza, imagen 5.3 derecha
Lugar 3	Vereda calle Amunategui 145-185, imagen 5.4 izquierda
Lugar 4	Cierre Perimetral Sur-Oeste casa colindante galpón, imagen 5.4 derecha

Tabla 4.2. Detalles de los Lugares de Medición elegidos.



Ilustración 4.2. Lugar 1, Cierre Perimetral Oeste



Ilustración 4.3 Lugar 2, Cierre perimetral Norte.



Ilustración 4.4. Lugar 3, Calle Amunategui 145-185



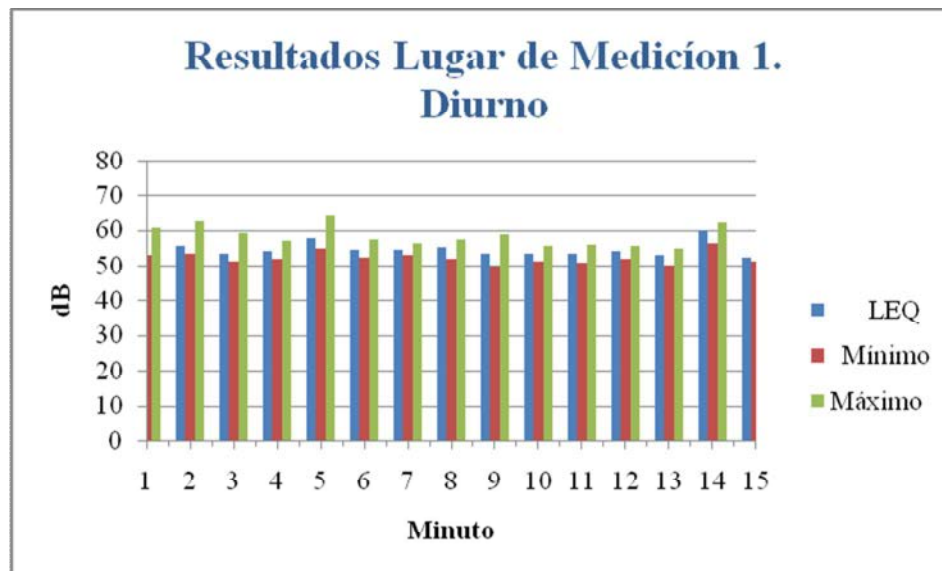
Ilustración 4.5 Lugar 4, Cierre perimetral Sur-Oeste.



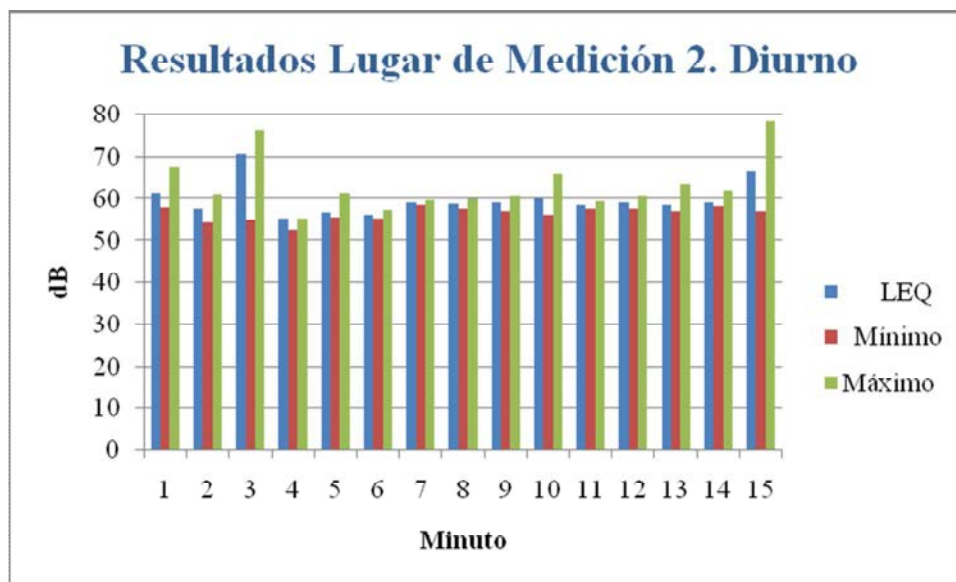
Ilustración 4.6. Distribución de los lugares de medición. Vista aérea Google Earth.

4.2.1.5 Mediciones de Niveles de Presión Sonora.

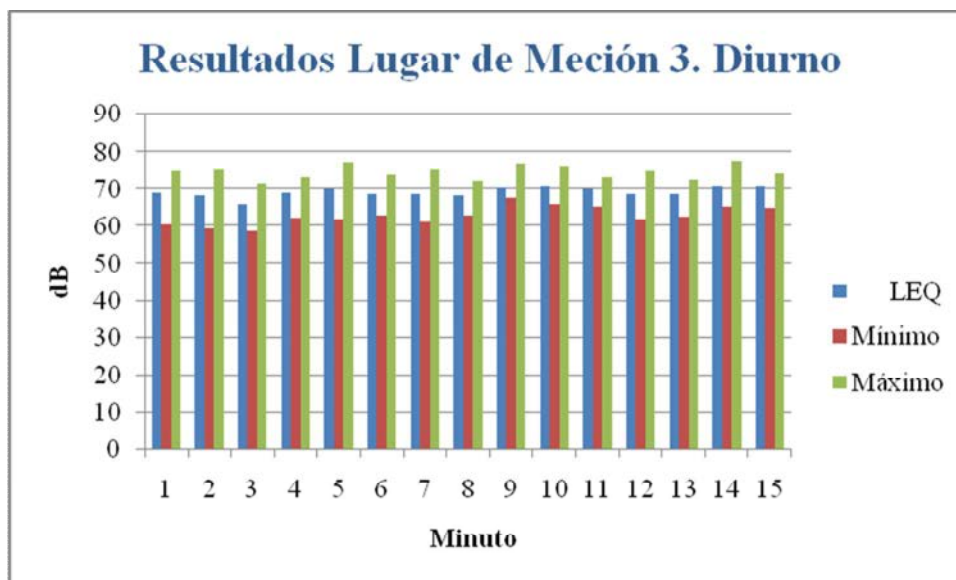
En los siguientes gráficos se muestran simultáneamente, los niveles de presión sonora máximos, mínimos y Leq, por cada minuto y lugar de medición, en horario diurno (07:00-21:00 hrs). Las tablas con los resultados que generaron los gráficos a continuación, se pueden ver en Anexos 9.1.1.1.



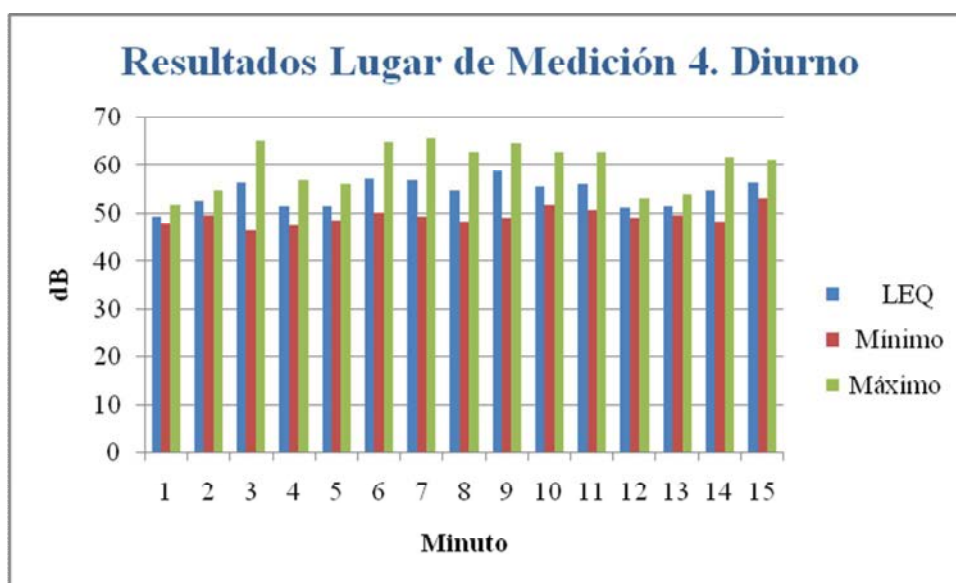
Grafica 4.1. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 1. Diurno



Grafica 4.2. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 2. Diurno



Grafica 4.3. Resultados Niveles de presi3n sonora Max, Min y Leq. Lugar 3. Diurno.



Grafica 4.4. Resultados Niveles de presi3n sonora Max, Min y Leq. Lugar 4. Diurno.

Los gr3ficos correspondientes a las mediciones realizadas en horario nocturno (21:00-07:00 hrs) se pueden ver en Anexos 9.1.1.2.

4.2.1.6 Medición de Ruido de Fondo

Se realizaron mediciones de ruido de fondo, de acuerdo a la normativa vigente (D.S N° 146/1997), en los puntos de medición en horarios diurnos y nocturnos, las cuales son necesarias para obtener posteriormente el NPC (Nivel de Presión Sonora Corregido).

A continuación se describen los valores arrojados de ruido de fondo. Valores Equivalentes, Máximos y Mínimos de presión sonora en horarios diurnos y nocturnos:

Niveles de Presion Sonora (dBA) Ruido de Fondo período Diurno				
Lugares	Horario (hrs)	NPS eq	NPS mín	NPS máx
1	12:54	47,5	41,1	59,6
2	13:10	46,5	41,3	58,7
3	13:28	56,9	46,1	74,6
4	13:46	44,3	39,8	53,2

Tabla 4.3. Niveles de Presión Sonora medidos para el Ruido de fondo. Jornada Diurna

Niveles de Presion Sonora (dBA) Ruido de Fondo período Nocturno				
Lugares	Horario (hrs)	NPS eq	NPS mín	NPS máx
1	21:13	44.7	40,4	54,6
2	21:37	44.9	40,9	51,6
3	22:07	47.2	41,3	59,3
4	22:30	39.1	36,1	45,2

Tabla 4.4. Niveles de Presión Sonora medidos para el Ruido de fondo. Jornada Nocturna.

4.2.1.7 Nivel de Presión Sonora Corregido NPC.

Para obtener finalmente los niveles de presión sonora del modo que establece la norma. Y así comparar con los máximos niveles de presión permitidos para la zona en cuestión, se deben calcular por cada punto el NPC o Nivel de Presión Sonora Corregido.

Como las mediciones realizadas en cada minuto en modo NPS (nivel de presión sonora instantáneo) presentan variaciones menores o iguales a 5 dba lentos observados durante ese período, se debió utilizar el procedimiento de evaluación para ruido estable. [DS.146 del MINSEGPRES, 1997].

La figura 4.1 indica el proceso para el cálculo de NPC para ruido estable. El esquema corresponde al utilizado en la ficha de evaluación de ruido estable para cada zona a medir.

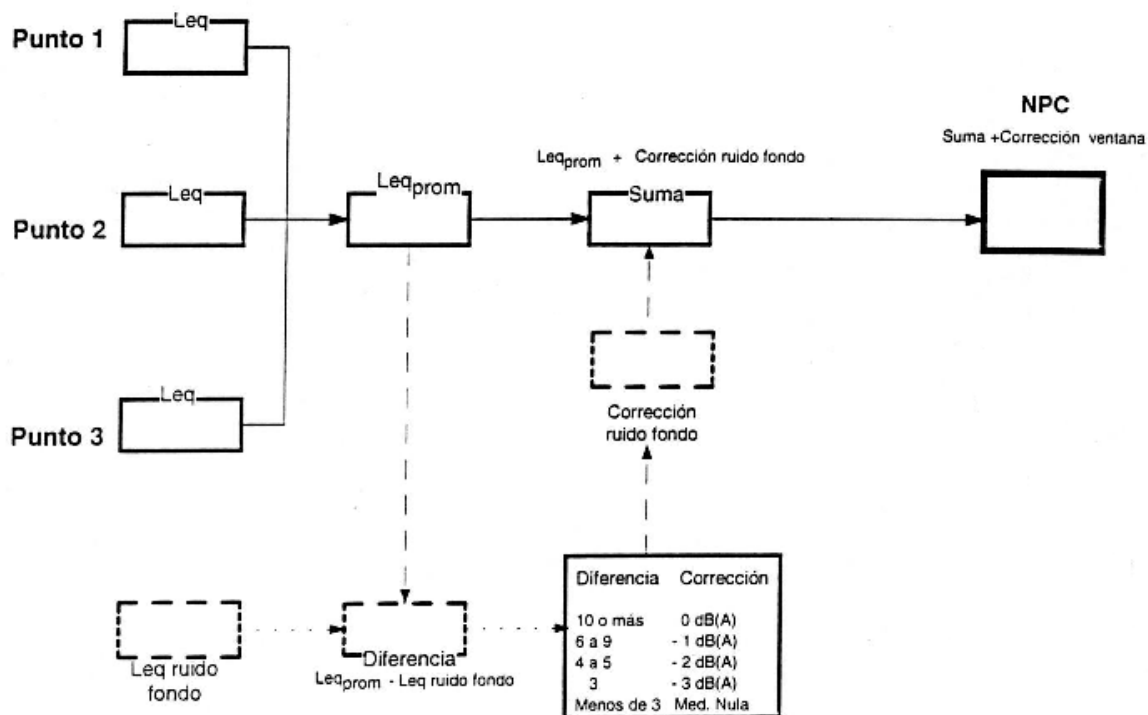


Figura 4.1 Esquema para cálculo de NPC ruido estable. Ficha evaluación de Niveles por lugar de medición

Las fichas con los datos de cada una de las zonas medidas fueron entregadas a la directiva de la Maestranza Beth, en el informe técnico que exige la norma. Estas se pueden ver en Anexos 9.1.2.1 y 9.1.2.2 .

4.2.2 Resultados y Análisis de resultados de la aplicación del DS.146 a Maestranza Beth.

4.2.2.1 Resultados de NPC.

A continuación se despliegan las tablas con los Niveles de Presión Sonora Corregidos por cada lugar de medición. Horarios Diurno y Nocturno respectivamente:

Niveles de Presión Sonora Corregidos NPC Horario Diurno.	
Lugar de medicion	NPC (dba)
1. Cierre Perimetral Oeste de Mestranza,	57.6
2. Cierre Perimetral Norte de Maestranza	65.8
3. Vereda calle Amunategui 145-185	70.6
4. Cierre Perimetral Sur-Oeste casa colindante Galpón1,	57.1

Tabla 4.5. Niveles de Presión Sonora Corregidos NPC para horario Diurno.

Niveles de Presión Sonora Corregidos NPC Horario Nocturno.	
Lugar de medicion	NPC (dba)
1. Cierre Perimetral Oeste de Mestranza,	55.6
2. Cierre Perimetral Norte de Maestranza	56.4
3. Vereda calle Amunategui 145-185	61.6
4. Cierre Perimetral Sur-Oeste casa colindante Galpón1,	58.9

Tabla 4.6. Niveles de Presión Sonora Corregidos NPC para horario Nocturno.

Las tablas 4.5 y 4.6 muestran los NPC obtenidos tanto para la jornada laboral diurna y nocturna emanados por las actividades de la maestranza. Con estos valores finalmente se estableció el grado de cumplimiento de las emisiones de ruido producidos por Maestranza Beth.

4.2.2.2 Análisis de NPC y Niveles establecidos por la normativa.

Las siguientes tablas, comparan NPC obtenidos de las mediciones, con NPS máximos establecidos por la norma para una zona III, se presentan a continuación. Horario diurno y nocturno respectivamente.

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE PRESION		
SONORA CORREGIDOS (NPC) DIURNO		
Lugar de Medición	NPC dBA	Cumplimiento
Zona III	65	7:00 a 21:00 hrs
1. Cierre Perimetral Oeste de Mestranza,	57.6	Cumple ✓
2. Cierre Perimetral Norte de Maestranza	65.8	No Cumple ✗
3. Vereda calle Amunategui 145-185	70.6	No Cumple ✗
4. Cierre Perimetral Sur-Oeste casa colindante	57.1	Cumple ✓

Tabla 4.7. Cumplimiento NPC en zona III según normativa DS 146 por cada lugar horario diurno.

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE PRESION		
SONORA CORREGIDOS (NPC) NOCTURNO		
Lugar de Medición	NPC dBA	Cumplimiento
Zona III	55	21:00 A 7:00 hrs
1. Cierre Perimetral Oeste de Mestranza,	55.6	No Cumple ✕
2. Cierre Perimetral Norte de Maestranza	56.4	No Cumple ✕
3. Vereda calle Amunategui 145-185	61.6	No Cumple ✕
4. Cierre Perimetral Sur-Oeste casa colindante	58.9	No Cumple ✕

Tabla 4.8. Cumplimiento NPC en zona III según normativa DS 146 por cada lugar horario nocturno.

4.2.2.3 Análisis de los resultados

Según los resultados obtenidos del presente capítulo, y haciendo énfasis en los vistos en 4.2.2.2 se concluyó lo siguiente:

- En las mediciones diurnas (07 a 21 hrs) se obtuvo que el lugar de medición 2 y 3 registran un valor de NPC de 65.8 y 70.6 dBA respectivamente. Sobrepasando los niveles permitidos para la Zona III. El margen excedido fue de 0,8 y 5.6 dBA respectivamente.
- Para el periodo nocturno correspondientes al horario entre 21 a 07 hrs. Se obtuvieron valores de incumplimiento a la Norma en los 4 lugares medidos. La diferencia de niveles excedidos para cada uno de los cuatro lugares de medición, fueron de 0.6, 1.4, 6.6 y 3.9 dBA en orden respectivo.
- Tanto para el horario Diurno y Nocturno, el lugar de medición que presentó los mayores niveles de presión sonora excedidos a la norma, fue correspondiente al número 3. La vereda de la calle Amunategui entre los números 145-185, presentó

5.6 y 6.6 dBA, de infracción a la norma en ambos horarios respectivamente. Este es el lugar más cercano a la entrada al galpón principal, donde se realizan las actividades con mayores emisiones de ruido medidas en su interior. Y es también el más próximo al área de mayor concentración de viviendas.

5. SOLUCION PROPUESTA AL PROBLEMA.

En el presente capitulo se describe el proceso de diseño, implementación y posterior análisis de una solución efectiva para la disminución de los niveles de ruido emitidos por las labores de Maestranza Beth.

Primero se procede a caracterizar el interior del recinto. Se analizan principales fuentes de ruido y zonas de trabajo con las actividades que generaban mayores niveles de presión sonora. También se presentan los NPS medidos en bandas de octava tanto al interior del recinto, como en los lugares de medición anteriormente establecidos.

Posteriormente se profundiza en la etapa de diseño e implementación de la solución entregada. Para finalmente revisar el grado de efectividad que resultó de esta, en la disminución de los niveles de ruido emanados del recinto.

5.1 DESCRIPCION Y ANALISIS PREVIO AL INTERIOR DEL RECINTO.

Se tomaron muestras de nivel por banda de octava de frecuencia al interior del recinto. Con el sonómetro integrador, se midió en los sectores donde se realizaban las actividades con mayores emisiones de ruido. Esto, a fin de obtener un registro del rango de niveles más altos por ancho de banda. Este proceso se realiza también en los lugares de medición fijados en 4.2.1.4.

La maestranza en cuestión desarrolla sus faenas en 3 zonas principales. Un galpón de grandes dimensiones y dos talleres contiguos a este ultimo. Si bien es cierto, en los talleres se realizan actividades o faenas con metal. Estas presentaron menor nivel de presión sonora en el interior. Además estructuralmente estos talleres son de bastantes menores dimensiones que el galpón y su construcción son en gran porcentaje de concreto. Por esto se decidió enfocar el desarrollo de la solución para el galpón principal.

A continuación se caracterizan estructural y acústicamente, el galpón y los talleres.

5.1.1 Galpón principal

Aquí se presentaron los mayores problemas de ruido. En él se efectúan tareas con grandes piezas de metal. Se generan altos índices de emisión de ruido, tanto dentro como fuera de éste.

Las principales actividades allí realizadas son:

- Moldeadura de Piezas
- Uso de esmeril,
- Trabajo de soldadura
- Movimiento de grúa.
- Torno.
- Golpes de fijación sobre el metal.
- Fresador

Niveles por banda octava interior galpon	
Frecuencia(HZ)	NPS dBA
16	7,4
31,5	17,7
63	37,6
125	55,1
250	66,5
500	74,4
1000	76,5
2000	91,3
4000	74
8000	60,8
16000	40,6
LEQ (16-16khz)	91,6
LEQ (63-4khz)	91,6

Tabla 5.1. NPS medidos por banda de octava interior del galpón.

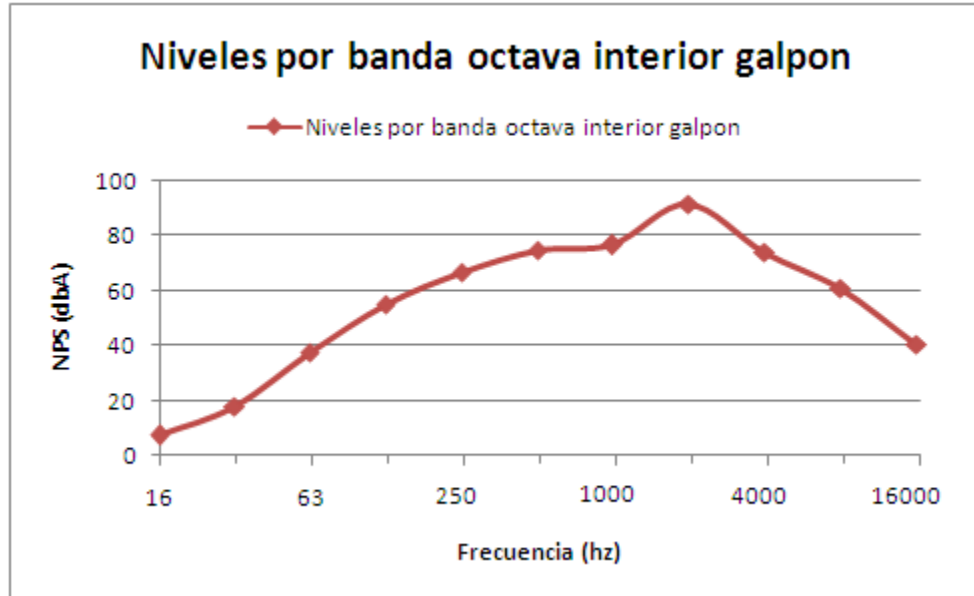


Grafico 5.1. Niveles de presión sonora por banda de octava medidos al interior del galpón.

Los niveles de presión sonora instantáneos más intensos medidos al interior del galpón fluctuaban entre los 80 dba (esmeril) y e incluso llegando a los 96 dBA (intensos golpes a grandes piezas). Con un rango frecuencial para los niveles más significativos, desde los 500 hz hasta los 4 khz.

Estructuralmente el galpón está fabricado casi en su totalidad de latón (3 mm). Posee grandes dimensiones en comparación con los talleres, debido a su ancho (aprox 11 m), largo aprox. de 24 m y con una altura de aprox. 10 m. Comportándose así como una gran caja resonadora o amplificadora de los altos niveles de ruido provocados por las actividades que allí se realizan .

Otra característica de este galpón es que posee un gran portón que durante la jornada de trabajo diurna permanece abierto, ya que a través de él se efectúan movimiento de estructuras y piezas, tanto hacia dentro, como hacia afuera (patios del recinto). Esto favorece enormemente a la transmisión casi directa y amplificada de la energía sonora provocada por las actividades que allí se realizan.

El tratamiento acústico que posee el galpón es mínimo e insuficiente al considerar las

dimensiones estructurales de éste. Además existen algunas aberturas, que si bien son pequeñas en comparación a las dimensiones del galpón, son suficientes para la fuga de energía acústica. Por estos motivos se obtiene en el lugar 3, el mayor valor de incumplimiento a la normativa. Causando grandes molestias en las zonas residenciales ubicadas a distancias entre 20 y 30 metros de la maestranza.



Ilustracion 5.1. Galpón principal vista exterior.



Ilustracion 5.2. Galpón principal vista interior.

5.1.2 Taller de Calderería.

Las actividades descritas se realizan solo cuando se requiere, por lo que los registros de niveles por banda presentados a continuación no son constantes durante las jornadas de trabajo.

- Corte de pequeñas piezas.
- Tratamiento de metal en “Carcazo Horno Electrico”
- Taladro radial
- Mandrinadora.

Niveles por banda octava interior Taller	
Frecuencia(HZ)	NPS dBA
16	6,8
31,5	23,4
63	39,3
125	51,4
250	65,1
500	71,5
1000	71,9
2000	75,4
4000	72,1
8000	69,8
16000	64,6
LEQ (16-16khz)	79,8
LEQ (63-4khz)	79,2

Tabla 5.2. NPS medidos por banda de octava al interior del Taller Caldereria.

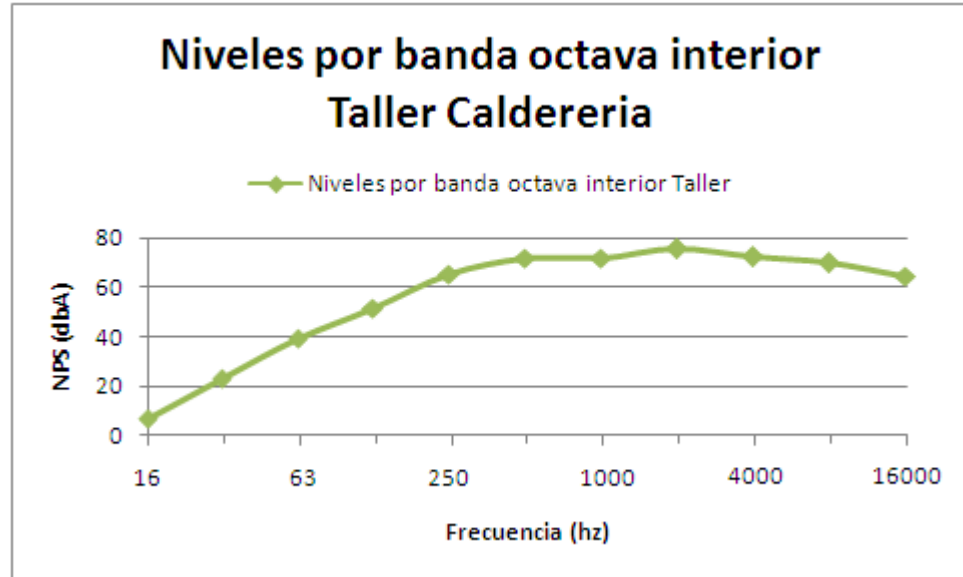


Grafico 5.3. Niveles de presión sonora por banda de octava medidos al interior del galpón.

Las actividades realizadas en este taller presentaron los más altos niveles en un rango desde los 500 hz- 8000 hz aprox.

Como ya se había mencionado, estructuralmente este taller es de menores dimensiones comparadas con el principal galpón principal y está en gran parte construido de concreto. Aunque posee áreas con el mismo latón del galpón principal.



Ilustracion 5.4. Taller de calderería interior.

5.1.3 Taller de Centrimecanizado.

Aquí realizan trabajos de manera constante, pero únicamente con el torno de control numérico CNC. Es el más pequeño de los recintos individuales y está construido en casi su totalidad de concreto.

Niveles por banda octava interior Taller	
Frecuencia(HZ)	NPS dBA
16	10,6
31,5	27,1
63	41,8
125	53,9
250	61,2
500	66,3
1000	70
2000	65,4
4000	60,7
8000	52,8
16000	38,3
LEQ (16-16khz)	73,2
LEQ (63-4khz)	73,1

Tabla 5.3. NPS medidos por banda de octava al interior del Taller Centrimecanizado.

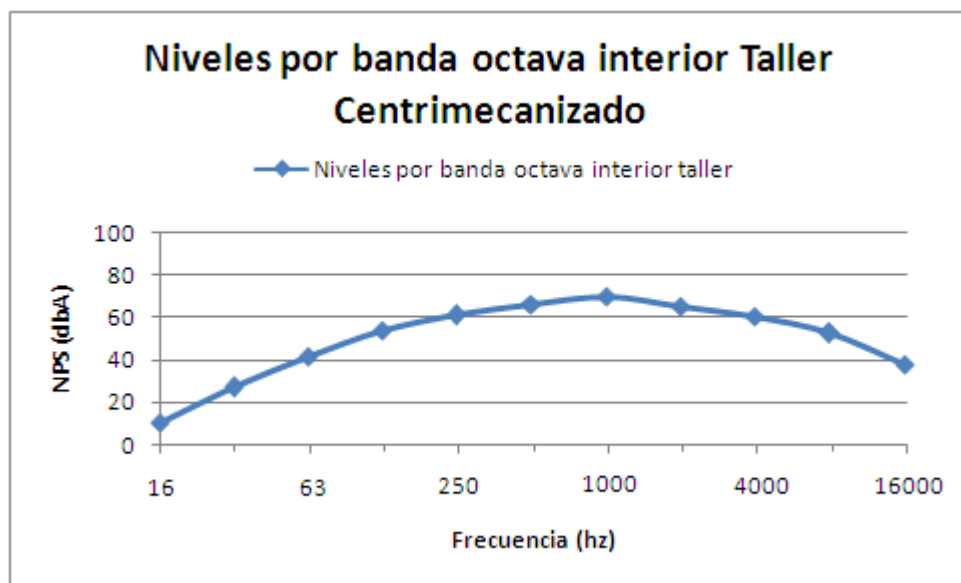


Grafico 5.3. Niveles de presión sonora por banda de octava medidos al interior del Taller.

Los máximos niveles aquí registrados van alrededor de los 500 hz – 2000 hz. Rango similar para frecuencias bajas en comparación al galpón y el taller de calderería.

5.2 DISEÑO DE LA SOLUCION.

Como se acaba de ver en 5.1, el galpón además de ser “liviano” en estructura, presentaba los mayores niveles de presión sonora por banda en su interior.

Además en el capítulo 4, queda establecido que el lugar más conflictivo respecto a niveles de presión sonora excedidos a la norma, fueron aquellos más cercanos al galpón. Esto ocurre en el lugar de medición 3, fijado en la vereda de calle Amunategui entre los números 145-185.

Por lo tanto se diseñó una solución de Ingeniería Acústica, basada en el espectro de frecuencia registrados por el sonómetro integrador, a las actividades correspondientes al galpón. Esto es, desde los 500hz – 8 khz, rango que también incluye a los talleres, a pesar de haberse descartado como objeto directo de tratamiento.

Debido a las grandes dimensiones del galpón en cuestión, se optó por diseñar un panel tipo “pared doble” para revestir el interior de este. Dicho panel, debía en teoría lograr una buena pérdida por transmisión de la energía acústica, desde el interior hacia fuera del galpón. Y frecuencialmente por lo ya visto, el panel simulado debía presentar una buena atenuación a partir de los 500 hz.

5.2.1 Diseño mediante INSUL.

5.2.1.1 Sobre INSUL.

Insul es un software de predicción de aislamiento acústico para elementos constructivos como paredes, suelos techos y ventanas.

Este programa permite obtener estimación precisa de pérdida de transmisión (TL) en bandas de 1/3 de octava, y de índice de reducción sonora ponderada (RW), entre otros cálculos.

Por su uso simple y rápido se escogió como respaldo para el diseño del panel doble.

5.2.1.2 Diseño del panel.

El rango frecuencial a considerar va desde los 500 Hz hasta los 8 kHz. Al tener una mayor propagación para las ondas acústicas de frecuencias bajas, se procedió a realizar una solución integral para atacar niveles con frecuencias próximas a los 500 Hz.

A través del software de modelamiento predictivo Insul, se procedió a simular un revestimiento tipo pared doble.

De los modelos simulados se eligió un panel doble de OSB con una cámara de aire interior rellena con lana de vidrio. (ver Anexos 9.2.1)

5.2.1.3 Materiales.

El revestimiento diseñado en INSUL debió cumplir con los requisitos básicos ilustrados a continuación.

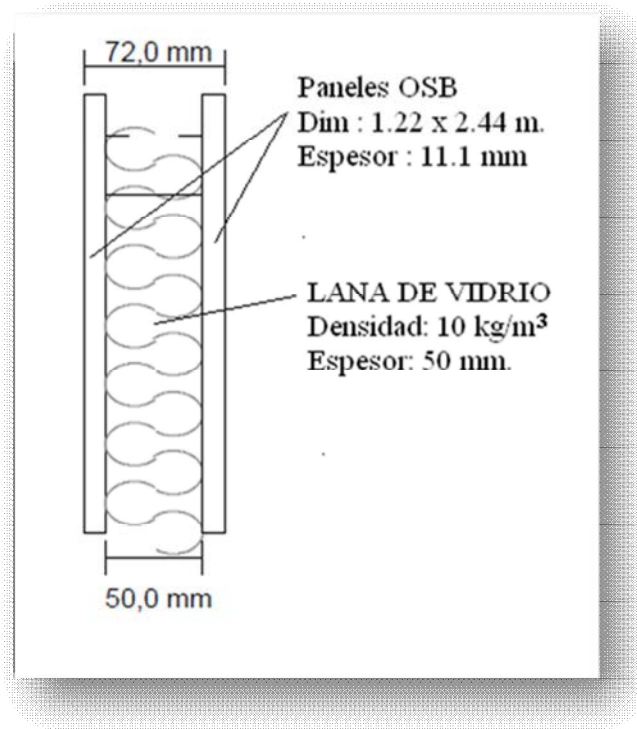


Ilustración 5.5. Corte lateral del revestimiento diseñado.

La ilustración 5.3, retrata el corte lateral del revestimiento requerido para el interior del galpón. Este consta de 2 planchas paralelas de OSB de 11,1 mm de espesor separadas por 50 mm, y en cuya cavidad se debe rellenar con lana de vidrio del mismo espesor.

5.2.1.4 Pérdida por transmisión del panel.

La siguiente tabla despliega los valores de pérdida por transmisión TL (Transmission Loss) del panel diseñado. Los valores están dispuestos por banda de 1/3 de octava y octava.

Frec.(hz)	TL (dB)	TL (dB)
50	14	
63	15	14
80	15	
100	15	
125	14	15
160	17	
200	22	
250	27	25
315	32	
400	37	
500	41	40
630	45	
800	48	
1000	50	50
1250	52	
1600	51	
2000	46	48
2500	49	
3150	53	
4000	57	55
5000	60	

Tabla5.4. Pérdida de transmisión (TL) por Banda de tercio y octava para el Panel diseñado.

La tabla 5.4 establece la pérdida por transmisión en dB del panel doble de OSB con lana de vidrio en su interior. Se aprecia que a partir de los 500 hz comienza una pérdida significativa y en aumento con la frecuencia. Esto es positivo tomando en cuenta que el rango frecuencial de interés a tratar es a partir de dicho valor.

5.2.1.5 Índice de reducción sonora y RW

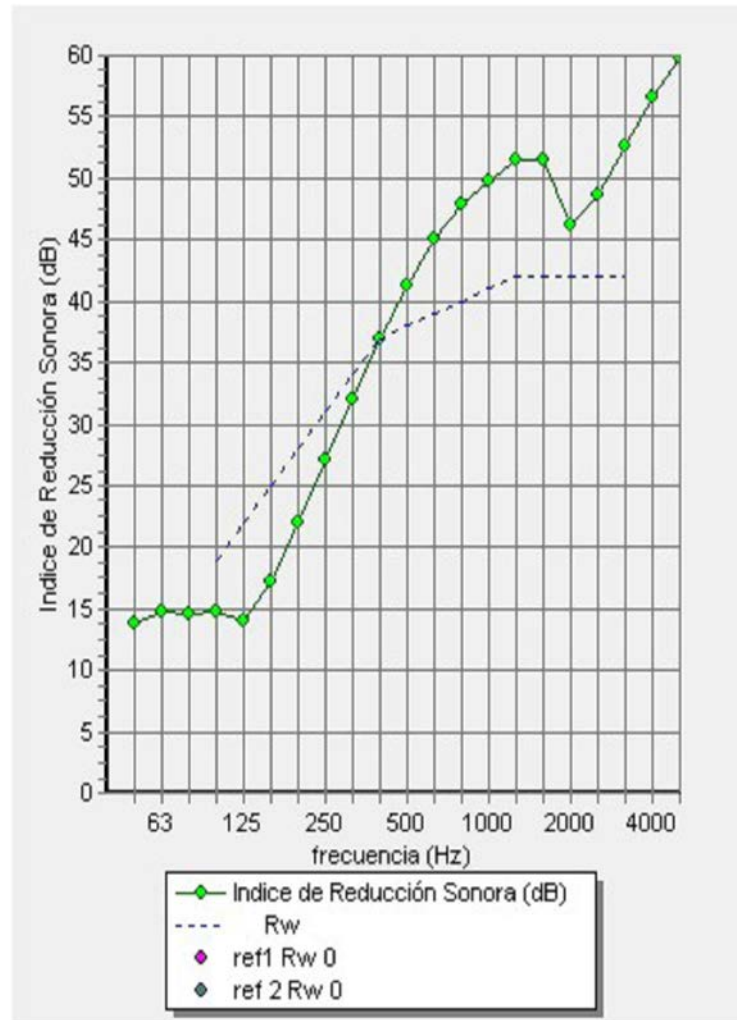


Ilustración 5.4. Índice de reducción sonora (db) panel diseñado OSB + Lana vidrio.

La ilustración 5.4 muestra el índice de reducción sonora teórico y RW por frecuencia para la solución diseñada. El panel doble de OSB presentaría una atenuación eficiente a partir de los 250 hz en adelante.

En teoría el panel doble propuesto debiera ser efectivo para una disminución en los niveles de presión sonora registrados en torno a la maestranza.

5.2.2 Implementación del Panel.

Para comenzar se debió realizar un cubrimiento idealmente total del galpón. Cubriendo la mayor área de la estructura posible con el revestimiento. Esto es, principalmente paredes y techo.

Se debieron ensamblar los paneles de manera hermética, para evitar fugas. También se recomendó sellar todas aquellas aberturas que puedan haber resultado del montaje de los paneles.

Se sugirió perforar los paneles con perforaciones de 1 cm de diámetro aprox. y abarcado un 40 % aprox. del área de la placa interior. Esto a fin de aumentar la absorción dentro del galpón.

Además, a pesar de no ser el objetivo de tratamiento, se recomendó revestir en los talleres, todas aquellas aéreas superficiales que no fuesen de concreto.



Ilustración 5.5. Revestimiento panel doble OSB implementado en el galpón.

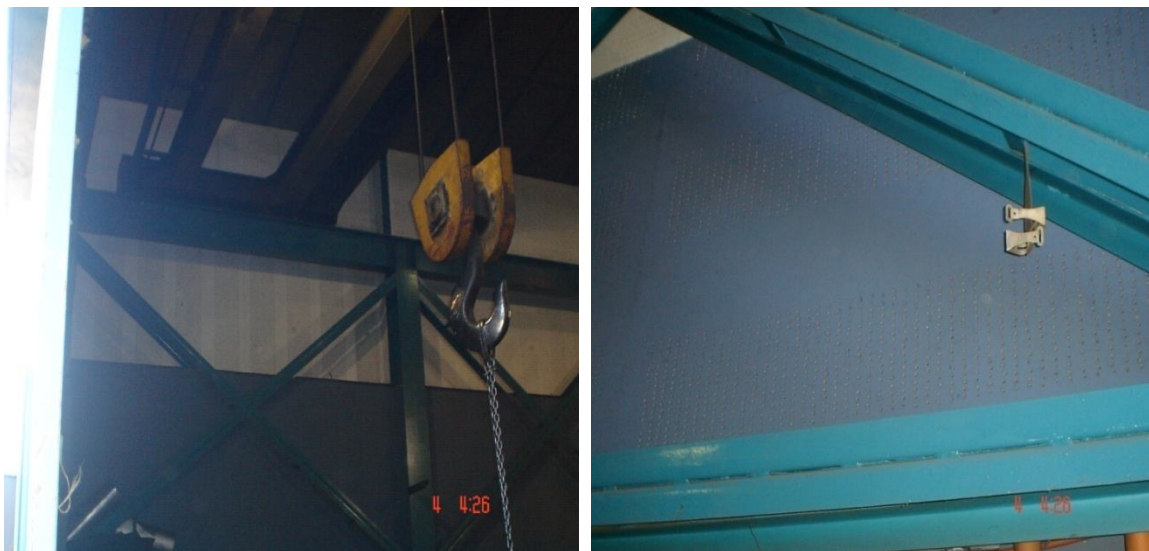


Ilustración 5.6. Revestimiento panel doble OSB implementado en el galpón.



Ilustración 5.7. Revestimiento panel doble OSB implementado en el taller de caldereria.



Ilustración 5.8. Revestimiento panel doble OSB implementado en el taller de calderería y Centrimecanizado.

5.3 EVALUACION DE LA SOLUCION IMPLEMENTADA.

Luego de concluida la etapa de implementación del panel para el revestimiento del galpón. Se debía evaluar el grado de efectividad de la solución realizada. El parámetro principal, y de interés por parte de la directiva de la maestranza, fue el de establecer nuevamente el grado de cumplimiento a la normativa DS146. Para esto se realizó un segundo estudio bajo la norma de emisión de ruidos por fuentes fijas. Del cual se esperaba esta vez cumplir con los niveles máximos permisibles estipulados en la norma.

5.3.1 Metodología

Para efectuar un segundo estudio bajo los parámetros establecidos por el DS.14671997 del MINSGPRES. Se realizaron mediciones, bajo los mismos criterios utilizados en el primer estudio. Se midieron nuevamente los niveles de presión sonora en los lugares ya establecidos, y en ambas jornadas de trabajo (diurno y nocturno).

Finalmente, se comparan los NPC obtenidos en esta segunda etapa de mediciones, con los máximos NPS permitidos para la zona III. Para así establecer el grado de cumplimiento con el DS 146, luego de implementada la solución elaborada.

5.3.2 Resultados

Los resultados de NPS Eq por minuto de medición para cada lugar y en ambas jornadas se pueden ver en Anexos 9.3.1. Así también en 9.3.2 se pueden ver los gráficos de los resultados de estas mediciones. En el capítulo 4.1.2.6 se muestran los valores de ruido de fondo que serán nuevamente utilizados para el cálculo de NPC.

Las fichas correspondientes a cada lugar de medición de este segundo estudio están en Anexos 9.3.2.

5.3.2.1 Resultados de NPC.

A continuación se despliegan las tablas con los nuevos Niveles de Presión Sonora Corregidos por cada lugar de medición. Horarios Diurno y Nocturno respectivamente:

Niveles de Presión Sonora Corregidos NPC Horario Diurno.	
Lugar de medicion	NPC (dBA)
1. Cierre Perimetral Oeste de Mestranza,	50.4
2. Cierre Perimetral Norte de Maestranza	51.4
3. Vereda calle Amunategui 145-185	57.3
4. Cierre Perimetral Sur-Oeste casa colindante Galpón1,	51.6

Tabla 5.5. Niveles de Presión Sonora Corregidos NPC para horario Diurno (segunda medición)

Niveles de Presión Sonora Corregidos NPC Horario Nocturno.	
Lugar de medicion	NPC (dBA)
1. Cierre Perimetral Oeste de Mestranza,	51.7
2. Cierre Perimetral Norte de Maestranza	51.1
3. Vereda calle Amunategui 145-185	53.6
4. Cierre Perimetral Sur-Oeste casa colindante Galpón1,	45.5

Tabla 5.6. Niveles de Presión Sonora Corregidos NPC para horario Nocturno.

Las tablas 5.5 y 5.6 muestran los nuevos NPC obtenidos del segundo estudio. Tanto para las jornadas laborales diurnas y nocturnas emanadas por las actividades de la maestranza. Con estos valores, se estableció el grado de cumplimiento final, luego de concluido el proyecto de control de las emisiones de ruido producidos por Maestranza Beth.

5.3.2.2 Comparación de NPC/Niveles establecidos por la normativa.

Tal como en el primer estudio, se debió establecer nuevamente el grado de cumplimiento a la norma de las emisiones de ruido producidos por la maestranza. Para ello se compararon los NPC obtenidos de cada lugar de medición durante la jornada diurna y nocturna, con los máximos niveles de presión sonora permitidos para una zona III semi-industrial. (ver tabla 4.1)

Las tablas comparativas con los nuevos NPC obtenidos de las mediciones, y los NPS máximos establecidos por la norma para una zona III, se presentan a continuación. Horario diurno y nocturno respectivamente.

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE PRESION		
SONORA CORREGIDOS (NPC) DIURNO		
Lugar de Medición	NPC dBA	Cumplimiento
Zona III	65	7:00 a 21:00 hrs
1. Cierre Perimetral Oeste de Mestranza,	50.4	Cumple ✓
2. Cierre Perimetral Norte de Maestranza	51.4	Cumple ✓
3. Vereda calle Amunategui 145-185	57.3	Cumple ✓
4. Cierre Perimetral Sur-Oeste casa colindante	51.6	Cumple ✓

Tabla 5.7. Cumplimiento NPC en zona III según normativa DS 146 por cada lugar horario diurno.

NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES DE PRESION		
SONORA CORREGIDOS (NPC) NOCTURNO		
Lugar de Medición	NPC dBA	Cumplimiento
Zona III	55	21:00 A 7:00 hrs
1. Cierre Perimetral Oeste de Mestranza,	51.7	Cumple ✓
2. Cierre Perimetral Norte de Maestranza	51.1	Cumple ✓
3. Vereda calle Amunategui 145-185	53.6	Cumple ✓
4. Cierre Perimetral Sur-Oeste casa colindante	45.5	Cumple ✓

Tabla 5.8 Cumplimiento NPC en zona III según normativa DS 146 por cada lugar horario nocturno.

Según los valores expuestos en las tablas 5.7 y 5.8, que corresponden a los niveles de presión sonora corregidos y comparados con los NPS establecidos por nuestra legislación vigente pudo concluir lo siguiente:

- En las mediciones diurnas (07 a 21 hrs) se tiene que todos los puntos de medición registraron valores de NPC inferior a 65 dBA, cumpliendo la normativa ya mencionada.
- Para el periodo nocturno correspondientes al periodo entre 21 a 07 hrs. Se tienen valores inferiores a 55 dBA, también cumpliendo con la normativa a evaluar.

CUADRO COMPARATIVO NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES MEDIDOS MAYO 2009 v/s NOVIEMBRE 2009 (Luego de implementadas las soluciones). PERIODO DIURNO		
De 7 a 21 hrs	Mayo (sin tratamiento acústico)	Noviembre (con tratamiento acústico)
Zona III	65	65
Punto 1	57,6 ✓	50,4 ✓
Punto 2	65,8 ✗	51,4 ✓
Punto 3	70,6 ✗	57,3 ✓
Punto 4	57,1 ✓	51,6 ✓

Tabla 5.9 Cuadro comparativo NPC antes y después de solución por cada lugar horario diurno.

CUADRO COMPARATIVO NIVELES MAXIMOS PERMISIBLES MEDIDOS MAYO 2009 v/s NOVIEMBRE 2009 (Luego de implementadas las soluciones). PERIODO NOCTURNO		
De 21 a 7 hrs	Mayo (sin tratamiento acústico)	Noviembre (con tratamiento acústico)
Zona III	55	55
Punto 1	55,6 ✗	51,7 ✓
Punto 2	56,4 ✗	51,1 ✓
Punto 3	61,6 ✗	53,6 ✓
Punto 4	58,9 ✗	45,5 ✓

Tabla 5.10 Cuadro comparativo NPC antes y después de solución por cada lugar horario nocturno.

6. ANALISIS ESPECTRAL DE EFECTIVIDAD DEL PANEL.

El presente capítulo comprende un análisis del comportamiento por espectro de frecuencias del panel implementado. En términos generales, se buscó estimar una comparación entre los reales niveles de presión sonora por banda obtenidos, y los que en teoría se debieron haber captado en las zonas sensibles a las emisiones de ruido provocadas por la maestranza.

6.1 METODOLOGIA

Para lograr una comparación entre los niveles obtenidos por banda antes de implementada la solución y después de esta, se realizaron los siguientes procedimientos:

- Se tomaron muestras de NPS espectral por banda de octava en cada uno de los lugares de medición utilizados en los estudios de aplicación del DS.146. Las muestras fueron realizadas por el sonómetro integrador descrito en los capítulos anteriores y el tiempo empleado para cada medición fue de alrededor de un minuto (hasta estabilizada la lectura).
Este proceso se realizó antes de la implementación del panel diseñado, y también después de concluido dicho proceso.
- Mediante el mismo software de modelamiento predictivo Insul utilizado para el diseño del panel para revestir el galpón, se diseño una pared tipo “latón” para emular la estructura del mismo antes del proyecto, es decir sin revestimiento. Esto permitió obtener valores de pérdida de transmisión TL que tendría el galpón en un comienzo.

- Luego de obtenidos los niveles de TL para el “latón” simulado, se realizó una diferencia aritmética con los niveles de TL obtenidos del panel doble de OSB diseñado para revestir el galpón.
- Con los pasos anteriores se calcularon los niveles de presión teóricos por banda para cada lugar de medición. Estos valores resultaron de la diferencia entre los niveles medidos antes de la solución y el delta TL estimado.
- Finalmente se estableció una comparación gráfica entre los niveles de presión medidos por banda, antes y después de implementado el revestimiento, con los niveles de presión que en teoría se debían haber captado en los cuatro lugares de medición.

6.2 RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la metodología expuesta en 7.1 y posteriormente los gráficos comparativos, con las curvas correspondientes a los cálculos realizados.

6.2.1 Diferencia de pérdida de transmisión ΔTL

Primero se entregaran los valores utilizados para el cálculo de ΔTL .

La diferencia se realizó entre los niveles de TL del panel doble de OSB (TL2) y los niveles de TL del “latón” (TL1), por cada banda de frecuencia. Obteniendo así una delta TL como se muestra en la tabla 6.1

Frec. (hz)	TL1 (dB) Latón	TL 2 (dB) Panel	Δ TL
50	17	14	-3
63	18	15	-3
80	19	15	-4
100	20	15	-5
125	20	14	-6
160	20	17	-3
200	20	22	2
250	21	27	6
315	22	32	10
400	22	37	15
500	23	41	18
630	24	45	21
800	25	48	23
1000	26	50	24
1250	27	52	25
1600	28	51	23
2000	29	46	17
2500	34	49	15
3150	35	53	18
4000	37	57	20
5000	38	60	22

Tabla 6.1 Valores por banda de frecuencia para TL1, TL2 y cálculo Δ TL.

6.2.2 Comparación entre resultados teóricos y reales.

Las tablas 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5 expuestas a continuación comparan para cada lugar de medición, los niveles de presión medidos por banda, antes y después de la solución, TL y Niveles teóricos resultantes.

Lugar 1				
Frecuencia(HZ)	NPS Receptor(Antes)	Δ TL	NPS teórico Resultante	NPS Receptor(Después)
16	9,4			11,5
31,5	21,2			23,3
63	34,6	-3	37,6	34,8
125	43,5	-6	49,5	39,2
250	45,7	6	39,7	43,5
500	51,3	18	33,3	41,9
1000	54,1	24	30,1	37,4
2000	48,6	17	31,6	34,5
4000	45,5	20	25,5	30,7
8000	41,5			28,6
16000	30,8			25,3
LEQ (16-16 khz)	57,6			47,8
LEQ (63-4 khz)	57,5		50,4	47,7

Tabla 6.2. Comparación de Niveles teóricos y reales registrados lugar de medición 1.

Lugar 2				
Frecuencia(HZ)	NPS Receptor(Antes)	Δ TL	NPS teórico Resultante	NPS Receptor(Después)
16	10,5			11
31,5	26,6			24,5
63	38,4	-3	41,4	36,3
125	44,3	-6	50,3	41,7
250	53,3	6	47,3	48,1
500	57,2	18	39,2	43,9
1000	63,8	24	39,8	46,3
2000	56,5	17	39,5	43,9
4000	52,5	20	32,5	39,9
8000	45,6			31
16000	30,4			22,4
LEQ (16-16khz)	65,8			52,7
LEQ (63-4khz)	65,8		53,1	52,6

Tabla 6.3. Comparación de Niveles teóricos y reales registrados lugar de medición 2.

Lugar 3				
Frecuencia(HZ)	NPS Receptor(Antes)	Δ TL	NPS teórico Resultante	NPS Receptor(Después)
16	6,2			5,6
31,5	14,5			15,8
63	34,7	-3	37,7	27,7
125	49,6	-6	55,6	39,1
250	55,8	6	49,8	42,5
500	60,4	18	42,4	40,4
1000	63,1	24	39,1	42,3
2000	68	17	51	48,9
4000	61	20	41	43,5
8000	51,3			36,2
16000	42,5			29
LEQ (16-16khz)	70,5			52
LEQ (63-4khz)	70,5		58	51,9

Tabla 6.4. Comparación de Niveles teóricos y reales registrados lugar de medición 3.

Lugar 4				
Frecuencia(HZ)	NPS Receptor	Δ TL	NPS teórico Resultante	NPS Receptor(Después)
16	10,5			10,1
31,5	21,3			23,3
63	29,6	-3	32,6	26,1
125	33,8	-6	39,8	30,6
250	39,5	6	33,5	37,9
500	44,9	18	26,9	35,7
1000	53,6	24	29,6	39
2000	51	17	34	40,3
4000	49,4	20	29,4	38,9
8000	45,6			33,1
16000	27,4			24,2
LEQ (16-16khz)	57			46
LEQ (63-4khz)	56,8		42,6	45,8

Tabla 6.5. Comparación de Niveles teóricos y reales registrados lugar de medición 4.

6.2.3 Gráficas comparativas. Niveles teóricos y reales.

A continuación se grafican para cada uno de los cuatro lugares de medición las tres gráficas de Niveles. NPS Teórico resultante, NPS Receptor antes del tratamiento con el panel y NPS Receptor luego de implementado el panel doble de OSB y lana de vidrio.

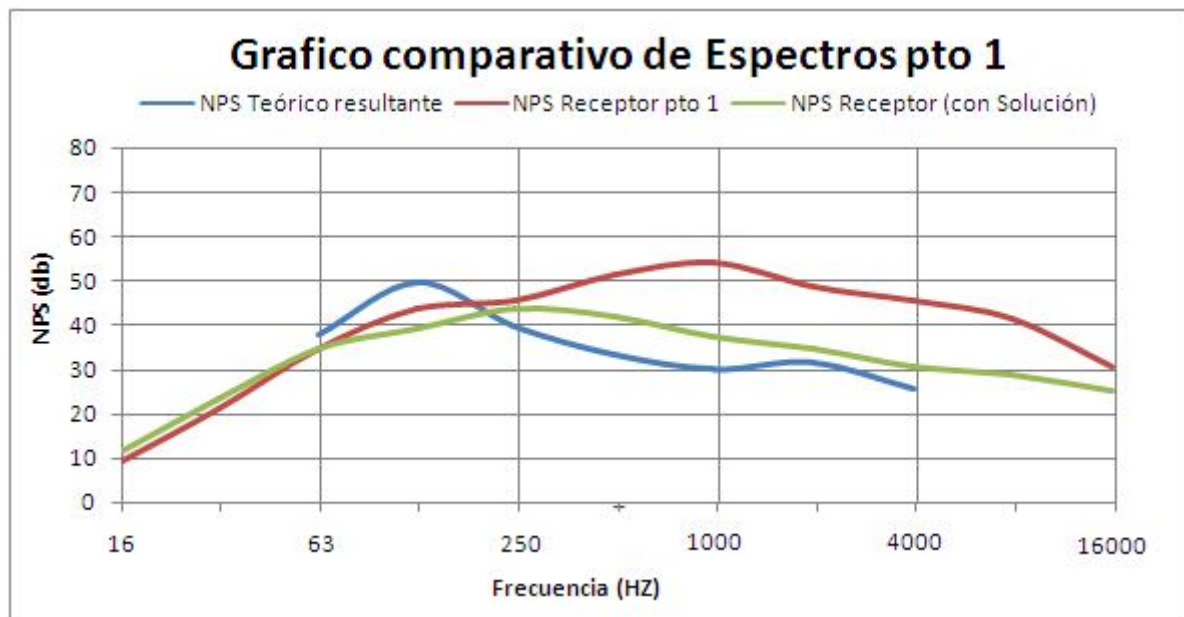


Figura 6.1. Gráfico comparativo de espectros para el lugar de medición 1. NPS v/s Frecuencia.

Para la fig. 6.1 se tiene una diferencia de LEQ de 7,1 dB entre la curva de NPS Receptor antes de la solución (Rojo) y el NPS Teórico (Azul), mientras que, entre NPS Receptor (Rojo) y NPS receptor Post-solución (Verde) se tiene una diferencia de 9,8 dB LEQ (ver tabla 6.2). En general se observa que entre los 250 hz -2000 hz se proyectó una mayor pérdida con la curva NPS Teórico resultante (Azul), que en la curva de NPS en Receptor (con solución) (Verde). No obstante, la diferencia de niveles equivalentes entre estas es mínima, ya que para las frecuencias bajo los 250 hz se esperaba mayor transmisión según el modelamiento predictivo.

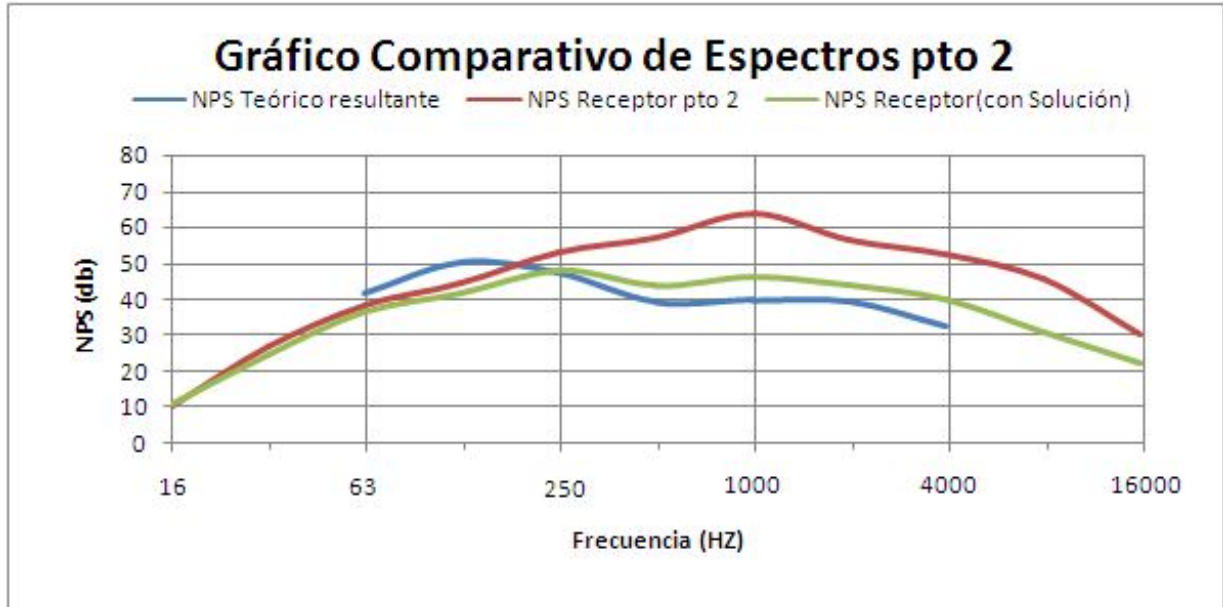


Figura 6.2 Gráfico comparativo de espectros para el lugar de medición 2. NPS v/s Frecuencia.

En la figura 6.2 se aprecia en la gráfica un mayor nivel total para el Receptor antes pto2 (Rojo), con una diferencia en LEQ de 12,7 dB respecto a la curva de NPS Teórico (Azul), y de 13,1 dB respecto a NPS receptor post-Solución(Verde)(Ver tabla 6.3).

La curva de NPS Teórico y NPS receptor post-solución, resultaron ser muy similares en forma y nivel equivalente a partir de los 250 hz. Aunque al igual que en la grafica anterior, se esperaba una mayor transmisión bajo dicha frecuencia según la simulación realizada.

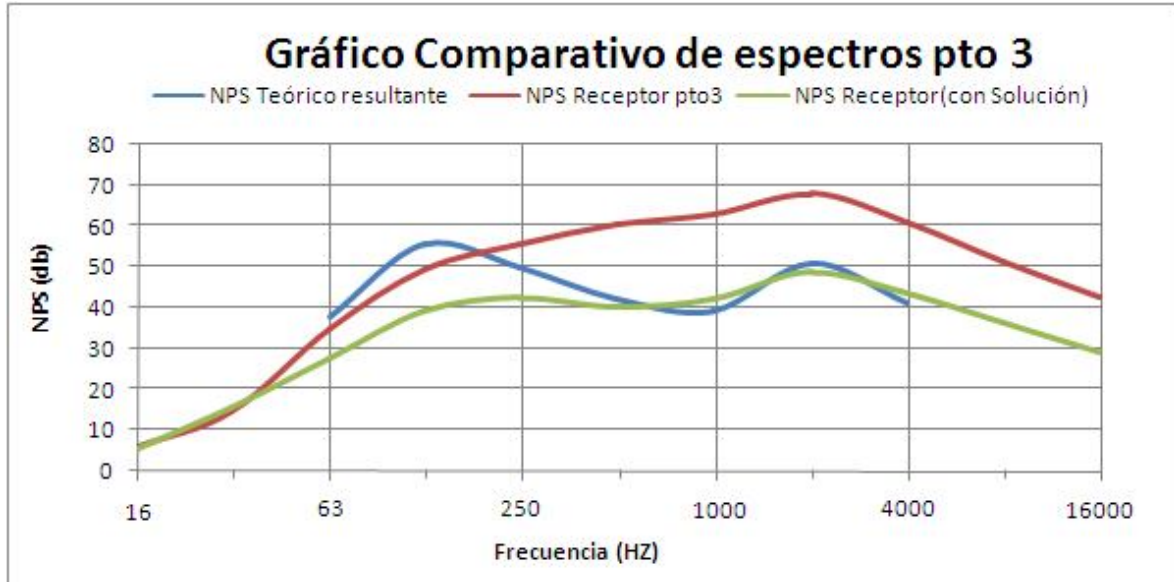


Figura 6.3 Gráfico comparativo de espectros para el punto de medición 3. NPS v/s Frecuencia.

En la figura 6.3 se aprecia en la gráfica un mayor nivel total para el Receptor pto3 antes de la solución (Rojo). Esto, debido a que fue aquel que presentó mayores niveles de presión sonora en un comienzo del proyecto. Esta presenta una diferencia en LEQ de 12,5 dB respecto a la curva de NPS Teórico (Azul), y de 18,5 dB LEQ respecto a NPS receptor post-Solución (Verde) (Ver tabla 6.4).

Las curvas de NPS Teórico y NPS receptor post-solución, resultaron ser bastante cercanas en sus valores sobre los 500 hz. Bajo los 500 hz se proyectaban valores mayores en la predicción de Insul. A pesar de apreciarse a simple vista “similares”, ambas curvas mantienen una diferencia de niveles equivalente mayor (6 dB) que en las graficas anteriores (ver tabla 6.6).

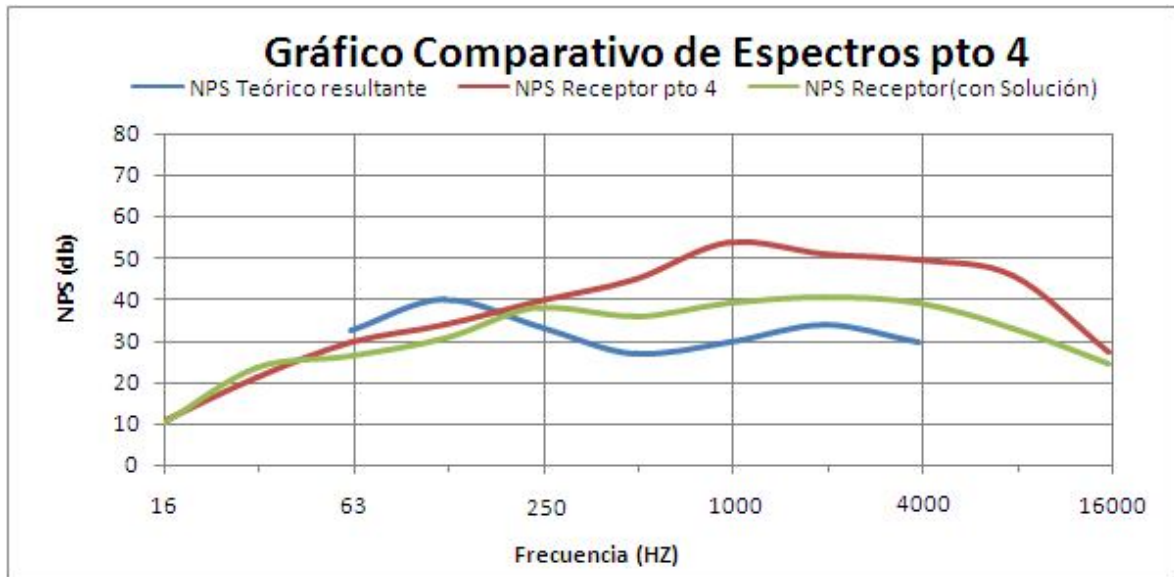


Figura 6.4 Gráfico comparativo de espectros para el lugar de medición 4. NPS v/s Frecuencia.

En la figura 6.4 se aprecia en la gráfica un mayor nivel total para el Receptor pto 4 antes Solución (Rojo), con una diferencia en LEQ de 14,3 dB respecto a la curva de NPS Teórico (Azul), y de 11,1 dB LEQ respecto a NPS receptor post-Solución(Verde)(Ver tabla 6.5). La curva de NPS Teórico y NPS receptor post-solución, a pesar de mostrarse lejanas, presentan una diferencia de 3 dB LEQ (ver tabla 6.6).

6.2.3 Comparación LEQ teóricos y reales.

Los LEQ que se indicarán a continuación referentes a cada gráfico y que corresponden a cada una de las 3 curvas ya señaladas, fueron calculados tomando los niveles correspondientes al rango de frecuencia desde 63 hz- 4000 hz. Para lograr así una comparación más exacta entre los valores empíricos y los simulados. Esto porque Insul despliega los niveles de TL para sus simulaciones, en aquel rango. Además las diferencia entre los LEQ estimados para el rango de 16hz a 16Khz, y los LEQ de 63hz a 4Khz, se pueden considerar despreciables (tablas 6.2, 6.3, 6.4 y 6.5).

Tabla de Niveles Equivalentes por cada punto. dB LEQ(63 hz - 4000 hz)			
Punto	NPSeq Receptor(antes)	NPS teórico Resultante	NPSeq Receptor(después)
1	57,5	50,4	47,7
2	65,8	53,1	52,7
3	70,5	58	52
4	56,9	42,6	45,8

Tabla 6.6. Tabla comparativa de Niveles Equivalentes para cada lugar de medición.

6.3 ANALISIS DE LOS RESULTADOS.

Al comparar los resultados medidos en cada lugar, con los niveles de TL arrojados por la simulación en Insul para el panel, se aprecia que en los gráficos 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4, existe una similitud en forma de la curva y una cierta distancia para los niveles de presión sonora, a partir de los 250 hz.

Las mayores diferencias entre los resultados de la predicción del software y los obtenidos de manera práctica después de implementado el panel doble, ocurrieron bajo los 500 hz de frecuencia. Dentro de aquel rango la curva representativa de los NPS Teóricos (Azul) indicaron una notoria mayor transmisión Sonora en al menos los 3 primeros puntos, siendo la más destacada, y pese a ser la más similar en la forma total, la gráfica del punto 3 (Zona más conflictiva y que presentaba los mayores niveles al comienzo del proyecto). Presentando 6 dB Leq de diferencia con la curva NPS en el receptor (pto 3) post-solución (Verde).

Esta inexactitud bajo los 500 hz entre los valores estimados con la Simulación en Insul y los resultados reales medidos, se puede justificar debido a que Insul basa sus cálculos y estimaciones para condiciones ideales para encierros acústicos medidos en laboratorio.

Todo aquello puede generar discordancias al revisar las mediciones para un panel real, ya que si se quiere una predicción más exacta se debieran considerar una serie de factores; como la arquitectura, los materiales estructurales, aberturas que pueden contribuir a fugas sonoras, ventilación, distribución de las fuentes de ruido, etc.

La distribución de los puntos de medición también pudo influir como factor para el grado de exactitud de la simulación. Si tomamos como ejemplo el punto 3, el cual resultó ser el más inexacto en Leq al comparar la predicción y los resultados reales obtenidos, fue también el que presentaba mayores niveles de presión sonora en un comienzo del proyecto. Esto se puede argumentar al tomar en cuenta que su ubicación en el perímetro resultó ser la más cercana al portón del galpón, y que pese a considerar las mediciones a puerta cerrada en un comienzo, en la práctica esta se encuentra gran parte de la jornada abierta y con faenas fuera de allá, por lo que finalmente se optó por obtener las muestras de NPS pre y post-solución dentro del ambiente normal de trabajo.

Con todo, la simulación en Insul del panel doble de OSB con lana de vidrio en la cámara de aire, resultó ser un buen parámetro de referencia para la predictibilidad de la transmisión sonora esperada. Como también para dar efectividad de que los nuevos niveles de presión sonora, se encuentran cómodamente dentro de los rangos establecidos por la normativa vigente.

Con la salvedad del punto 3 ya discutido, los otros puntos presentaron diferencias de no más de 3 dB Leq al comparar las curvas de NPS teórico simulado(Azul) con el NPS resultante post-solución(Verde), siendo la diferencia más cercana en Leq la obtenida para el punto 2 (0,4 dB). Cabe señalar que por la infraestructura del recinto el punto 2 es el más lejano al galpón en cuestión, lo cual podría justificar la pequeña diferencia en Leq para ambas curvas.

7. CONCLUSIONES

Siguiendo los objetivos fijados para este trabajo. Se logro establecer cuantitativa y cualitativamente el grado de cumplimiento de Maestranza Beth, con la normativa vigente DS 146 del MINSEGPRES sobre emisión de ruido generado por fuentes fijas, debido a las actividades que se desarrollaban en su recinto.

Se desarrolló un plan de mitigación de ruido efectivo, que una vez implementado, logró adecuar los niveles de presión sonora iniciales (en estado de incumplimiento a la norma) con los establecidos por la normativa vigente. Dejando un margen de niveles suficientemente satisfactorio, primero para la maestranza, al quedar finalmente cumpliendo con la norma. Y segundo para la comunidad, que en un principio se vio afectada por las emisiones de ruido provocadas por las actividades de Beth.

Se registraron los niveles por banda de frecuencia en los sectores de la maestranza, en donde se realizan las labores con las más altas emisiones de ruido. Lo que permitió obtener el rango frecuencial a tratar.

Se analizó la solución diseñada de panel doble de OSB y lana de vidrio. Al comparar los resultados teóricos de pérdida de transmisión arrojados por Insul, v/s los niveles de presión reales medidos por banda de frecuencia, y en cada uno de los cuatro lugares de medición, se notaron solo leves diferencias entre ambos. Estas leves diferencias se pueden justificar tomando en cuenta que Insul es un software de modelamiento predictivo, que basa sus estimaciones de diseño, en simples modelos teóricos y que requieren poca información de construcción.

Con todo, Insul demostró ser un buen soporte virtual, que entrega valores bastante razonables para el parámetro de pérdida de transmisión (TL), el cual fue esencial al momento de optar por una solución en particular y de manera rápida.

A través del trabajo recién expuesto, por una parte se pudo dar solución a un problema que es recurrente en el área de la industria, como el ruido emanado de las actividades que en este rubro se suelen realizar. Al mismo tiempo, se contribuyo a mejorar la calidad de vida de los habitantes cercanos que estuvieron sometidos a dichas emisiones.

Por otra parte, fue fundamental la voluntad por parte de la gerencia de Beth, primero al querer resolver un problema de manera profesional, buscando la asesoría correspondiente al área. Y segundo al tener la entera y pronta disposición al momento de implementar la solución propuesta, siguiendo cada detalle del diseño.

Finalmente, se lograron describir cada una de las etapas que realmente se debieron superar en un proyecto real de Ingeniería Acústica. Como son la identificación del problema, cliente a tratar, condiciones del recinto, instrumentos, normativa, desarrollo de solución, revisión de las soluciones, etc. Estableciendo así, la importancia de cada una de las variables a considerar para desarrollar un trabajo de manera eficiente y eficaz en un pronto futuro laboral.

8 BIBLIOGRAFIA

1. D.S. N° 146/1997 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia, Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas. Manual de Aplicación.
2. www.beth.cl Documentos electrónicos.
3. Recuero Lopez Manuel. Ingenieria Acústica 1995.
4. Rejano de la Rosa Manuel. Ruido Industrial y Urbano 2000.
5. Caligiuri, LM(Caligiuri, Luigi Maxmilian)2007. The evaluation of uncertainty in environmental acoustic measurements according to the ISO Guide. NOISE CONTROL ENGINEERING JOURNAL, Volumen 55, numero 1, 116:132.
6. DeGagne, DC(DeGagne, David C.). Lapka, SD(Lapka, Stephanie D.) 2008. Incorporating low frequency noise legislation for the energy industry in Alberta, Canada. JOURNAL OF LOW FREQUENCY NOISE VIBRATION AND ACTIVE CONTROL, Volumen 27, numero 2, 105:120.
7. Hessler, GF(Hessler, George F., Jr.). 2008. The Noise Perception Index (NPI) for assessing noise impact from major industrial facilities and power plants in the US. NOISE CONTROL ENGINEERING JOURNAL Volumen 56, numero 5, 374:385.
8. Payer, P(Payer Peter) 2007. The age of noise - Early reactions in Vienna, 1870-1914. JOURNAL OF URBAN HISTORY, Volumen 33, numero 5, 773:793.
9. Paslawski, J(Paslawski, Jerzy). 2009. FLEXIBILITY IN HIGHWAY NOISE MANAGEMENT. TRANSPORT. Volumen 24, numero 1, 66:75.

9. ANEXOS

9.1 RESULTADOS DE MEDICIONES CAPITULO 4.

9.1.1 Resultados NPS mínimos, máximos y LEQ.

9.1.1.1 Tablas de niveles medidos horarios diurno y nocturno.

Punto 1 7:00-21:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	54.9	53.1	60.7
2	55.5	53.6	62.6
3	53.6	51.1	59.3
4	54.3	51.9	57.1
5	57.8	54.8	64.5
6	54.5	52.4	57.5
7	54.6	53.1	56.3
8	55.1	52.1	57.5
9	53.4	49.6	58.9
10	53.5	51.4	55.5
11	53.6	50.8	55.8
12	54.2	52.1	55.6
13	52.9	50.2	54.8
14	60.0	56.3	62.1
15	52.5	51.1	54.1

Tabla 9.1. Registro de mediciones pto1 Diurno.

Punto 1 21:00-7:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	49.1	45.3	55.2
2	50.3	46.2	55.9
3	53.2	47	58.5
4	55.4	47.2	64.2
5	54.3	48.2	61.9
6	56.2	51.4	58.7
7	52.9	48.7	54.4
8	51.4	44.9	58.7
9	54.6	49.4	57.9
10	53.5	48.1	56.3
11	52.7	46.9	55.1
12	54.9	49	56.7
13	55.4	48.6	57.2
14	53.6	47.4	54.2
15	53.5	47.1	53.4

Tabla 9.2 Registro de mediciones pto1 Nocturno.

Punto 2 7:00-21:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	61.4	58.1	67.9
2	57.6	54.4	61.0
3	70.7	55.0	76.4
4	55.3	52.5	55.3
5	56.7	55.7	61.5
6	56.1	55.1	57.4
7	59.2	58.6	59.8
8	58.8	57.7	60.2
9	59.2	57.2	60.6
10	60.0	56.3	66.0
11	58.7	57.6	59.5
12	59.1	57.7	60.8
13	58.6	57.2	63.6
14	59.1	58.2	62.0
15	66.7	57.0	78.4

Tabla 9.3. Registro de mediciones pto2 Diurno

Punto 2 21:00-7:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	55.1	44.2	62.4
2	54.9	43.3	61
3	56.8	44.9	64.8
4	52.3	41.8	59.1
5	49.8	40.7	57.7
6	50.8	44.5	56.3
7	53.6	46.7	58.9
8	52.5	44.8	56.7
9	56.9	47.8	58.9
10	55.7	46	56.7
11	54.8	42.5	58.1
12	53.7	46.1	56.3
13	54.7	49.2	58.4
14	55.6	49.4	59.5
15	52.6	44.5	58

Tabla 9.4 Registro de mediciones pto2 Nocturno.

Punto 3 7:00-21:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	68.9	60.4	74.8
2	68.2	59.4	75.2
3	66.1	58.9	71.5
4	69.1	62.2	73.1
5	70.2	61.8	77.2
6	68.7	62.9	73.9
7	68.8	61.3	75.4
8	68.3	63.0	72.0
9	70.4	67.6	77.0
10	70.8	65.9	76.2
11	70.1	65.2	73.3
12	68.8	61.7	75.0
13	68.8	62.4	72.6
14	70.9	65.1	77.8
15	70.7	64.8	74.2

Tabla 9.5. Registro de mediciones pto3. Diurno

Punto 3 21:00-7:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	61.6	41.9	66.9
2	58.5	42.3	64.8
3	59.6	42.1	65.7
4	59.1	44.7	63.1
5	55.4	44.9	64.6
6	57.8	45.8	68.6
7	57	46.3	63
8	57.1	44	67.3
9	59.8	43.6	64.7
10	61.3	48.7	69.8
11	62	46.3	67.3
12	59.7	44.7	68.5
13	56.4	46.8	64.7
14	57.9	45.6	65.5
15	58.1	43.7	66.6

Tabla 9.6 Registro de mediciones pto3. Nocturno.

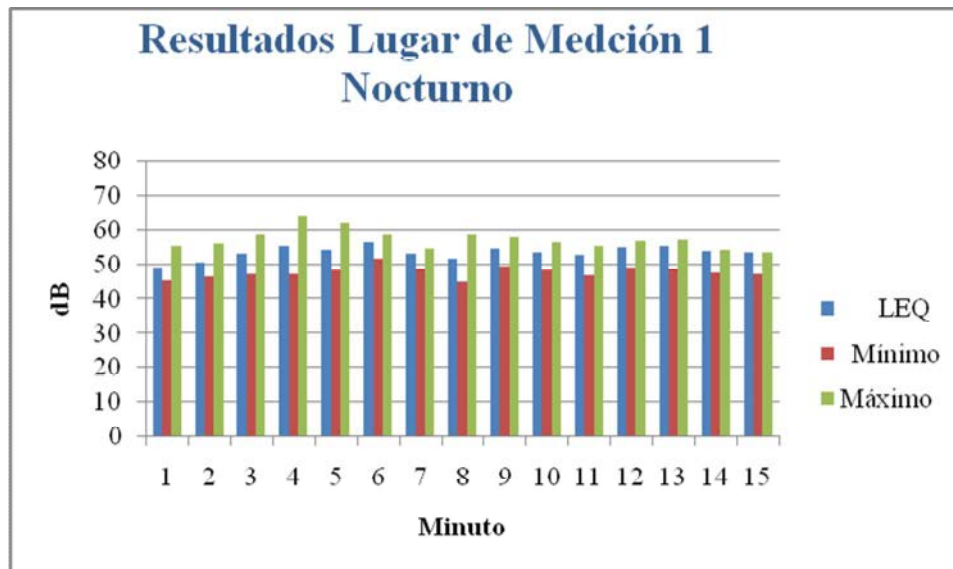
Punto 4 7:00-21:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	49.5	47.7	51.9
2	52.5	49.6	54.7
3	56.3	46.5	65.2
4	51.6	47.6	56.9
5	51.5	48.6	56.2
6	57.1	50.2	64.8
7	56.9	49.5	65.7
8	54.7	48.4	62.8
9	58.8	49.2	64.6
10	55.5	51.7	62.7
11	56.1	50.8	62.8
12	51.2	49.2	53.3
13	51.6	49.6	53.9
14	54.7	48.4	61.6
15	56.3	53.3	61.1

Tabla 9.7 Registro de mediciones pto4. Diurno

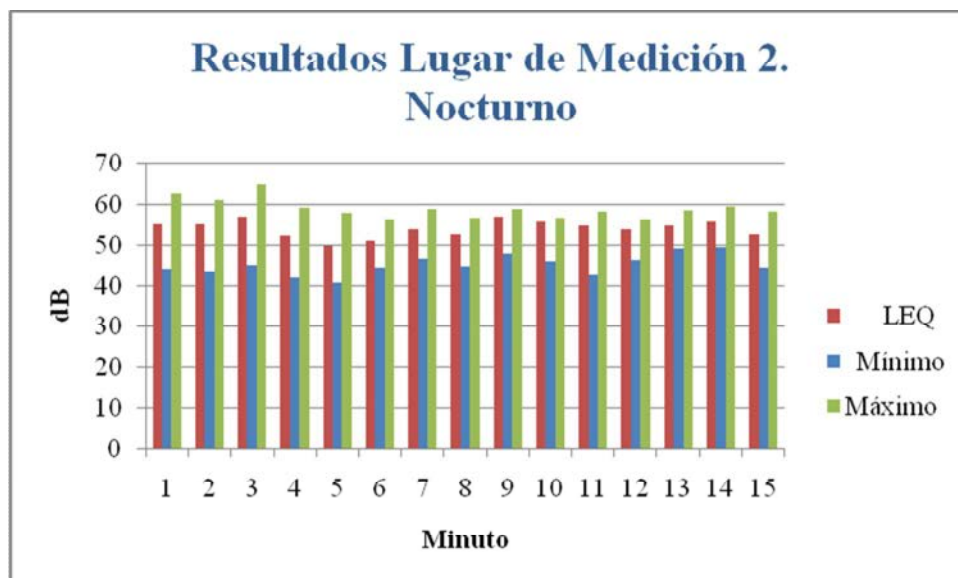
Punto 4 21:00-7:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	54.7	40.3	59.2
2	56.2	44.9	58.8
3	54	43.6	59.8
4	56.4	46.7	60.9
5	56.9	48.1	62.3
6	52.1	46.6	59.4
7	56.3	45.4	54.5
8	57.2	47.2	64.9
9	58.3	48.4	65.8
10	59.4	45.2	66.7
11	60.4	43.9	65.5
12	59.9	44.9	66.1
13	58.4	45.5	65.3
14	59.6	43.2	66.7
15	59.1	46.2	64.9

Tabla 9.8 Registro de mediciones pto4 Nocturno.

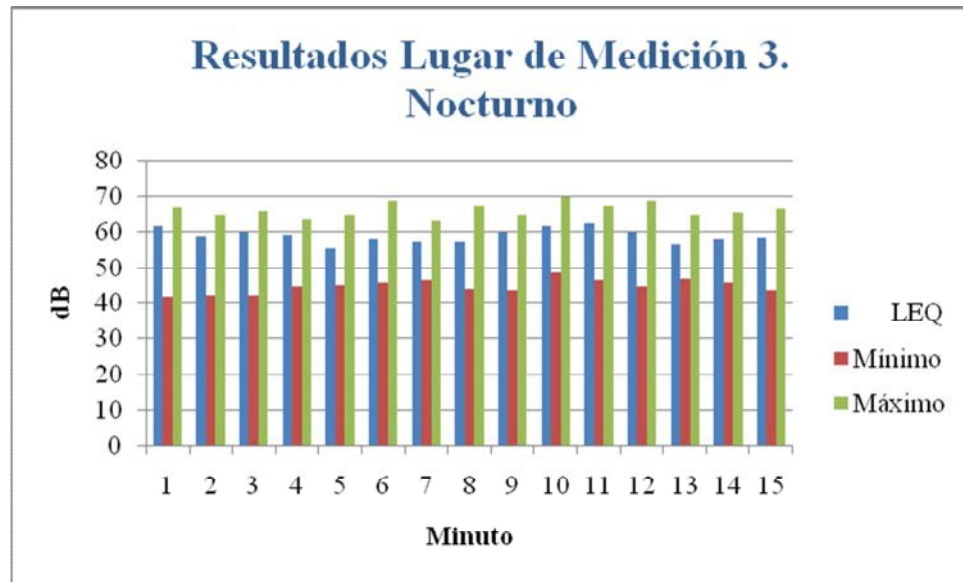
9.1.1.2 Gráficos de niveles medidos horario nocturno.



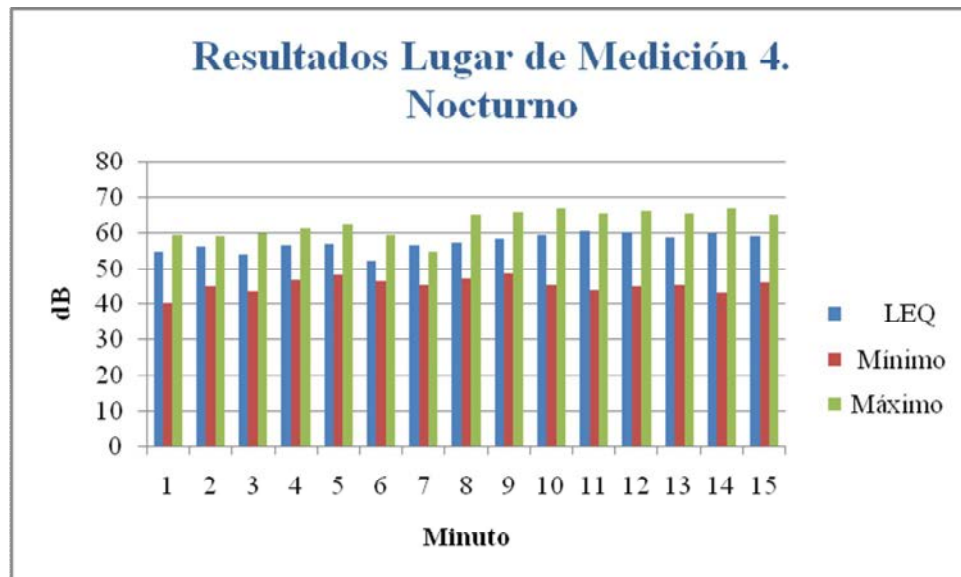
Grafica 9.1. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 1. Nocturno.



Grafica 9.2. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 2. Nocturno.



Grafica 9.3. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 3. Nocturno.



Grafica 9.4. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 4. Nocturno.

9.1.2 Fichas de medición de ruido estable para el cálculo de NPC.

9.1.2.1 Fichas de medición horario 07:00-21:00 hrs.

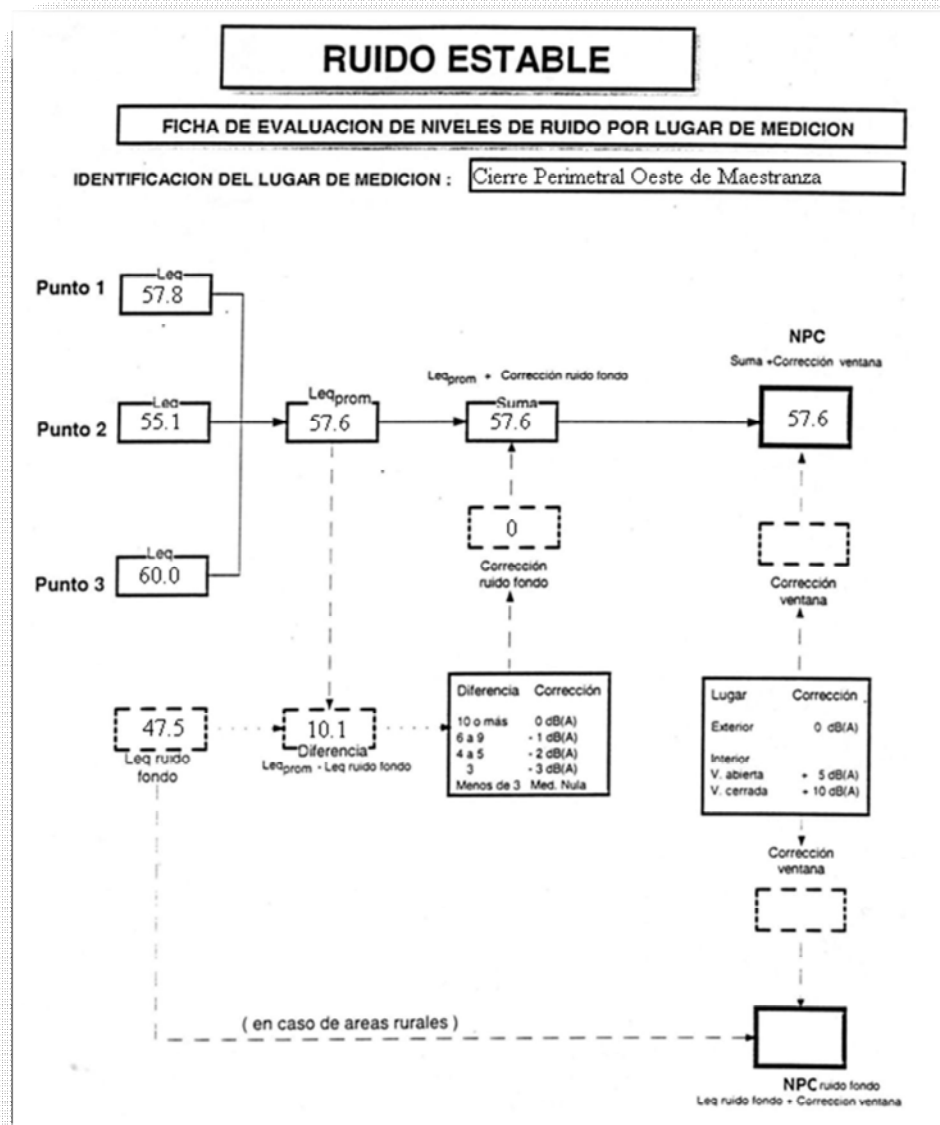


Ilustración 9.1. Ficha de evaluación de niveles de ruido estable. Lugar de medición 1. Horario Diurno

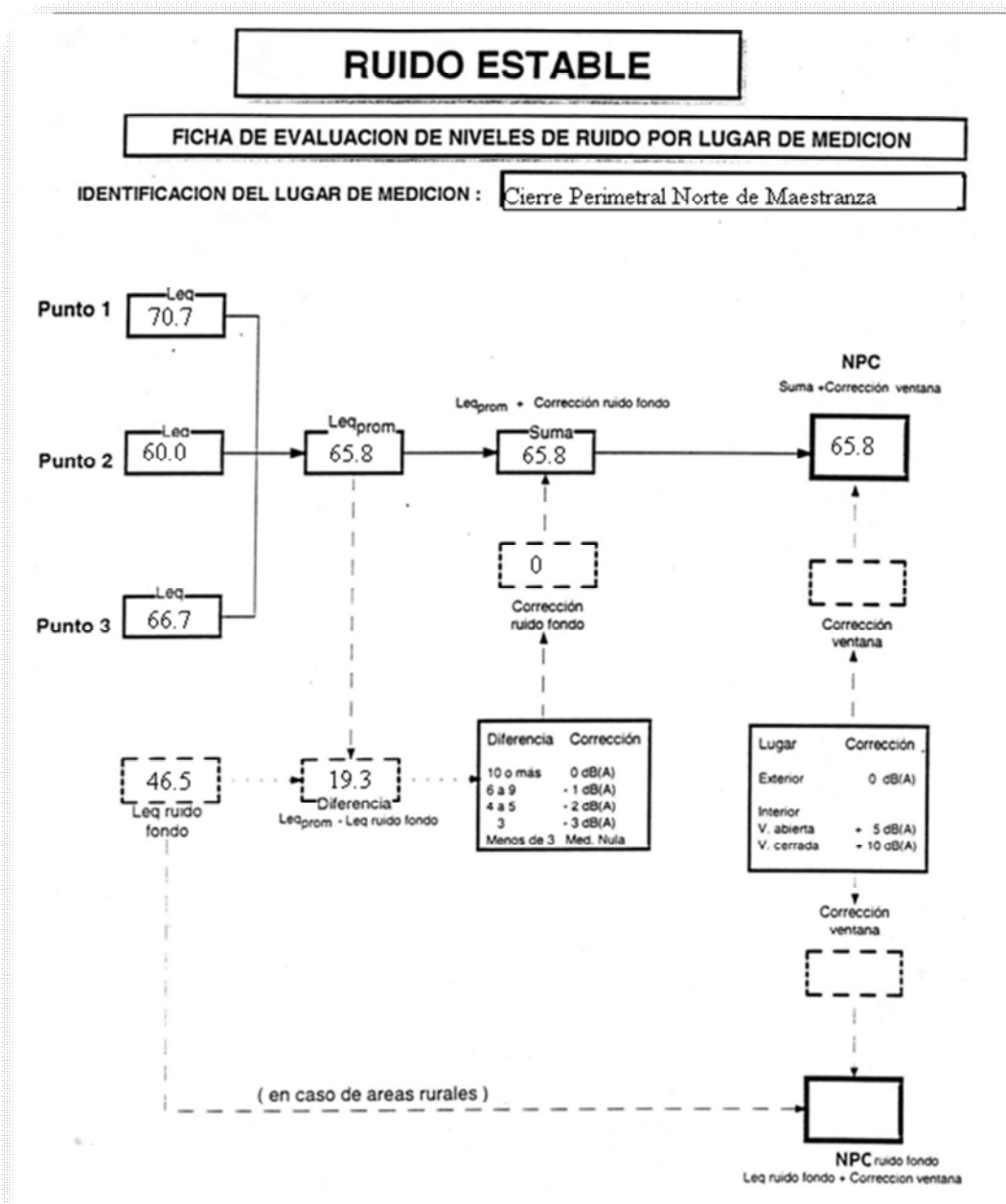


Ilustración 9.2. Ficha de evaluación de niveles de ruido estable. Lugar de medición 2.Horario Diurno

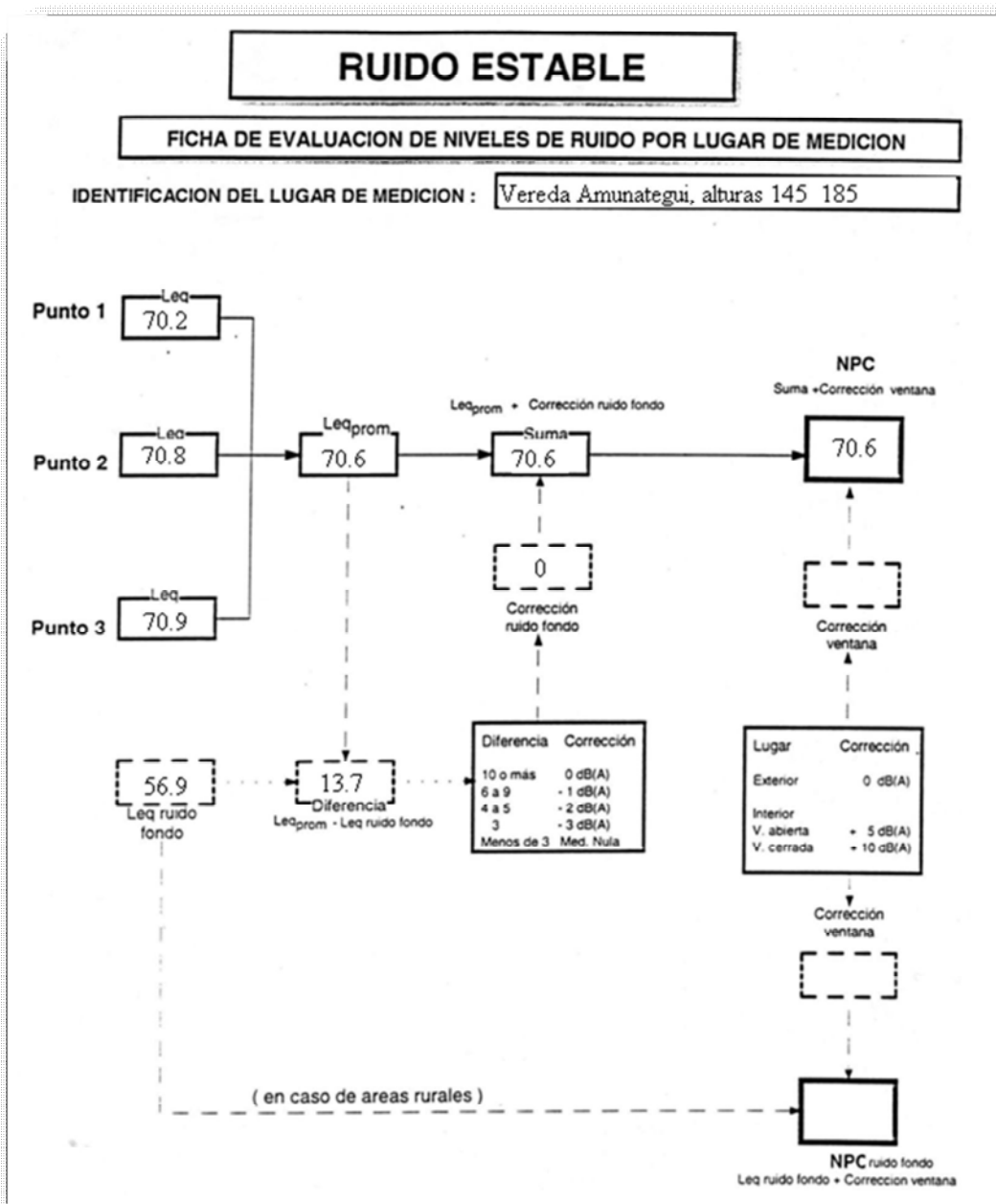


Ilustración 9.3. Ficha de evaluación de niveles de ruido estable. Lugar de medición 3. Horario Diurno.

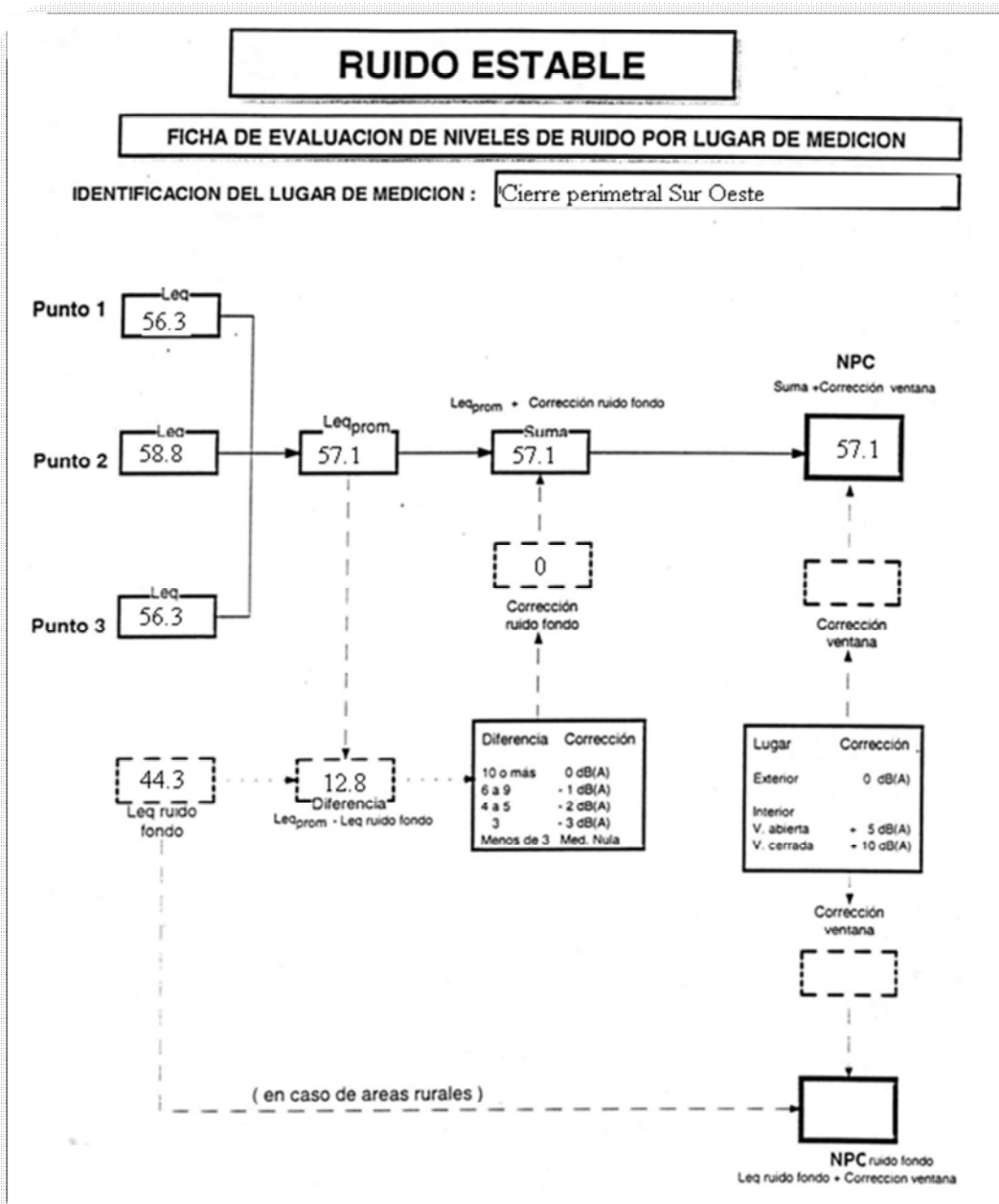


Ilustración 9.4. Ficha de evaluación de niveles de ruido estable. Lugar de medición 4. Horario Diurno.

9.1.2.2 Fichas de medición horario 21:00-07:00 hrs

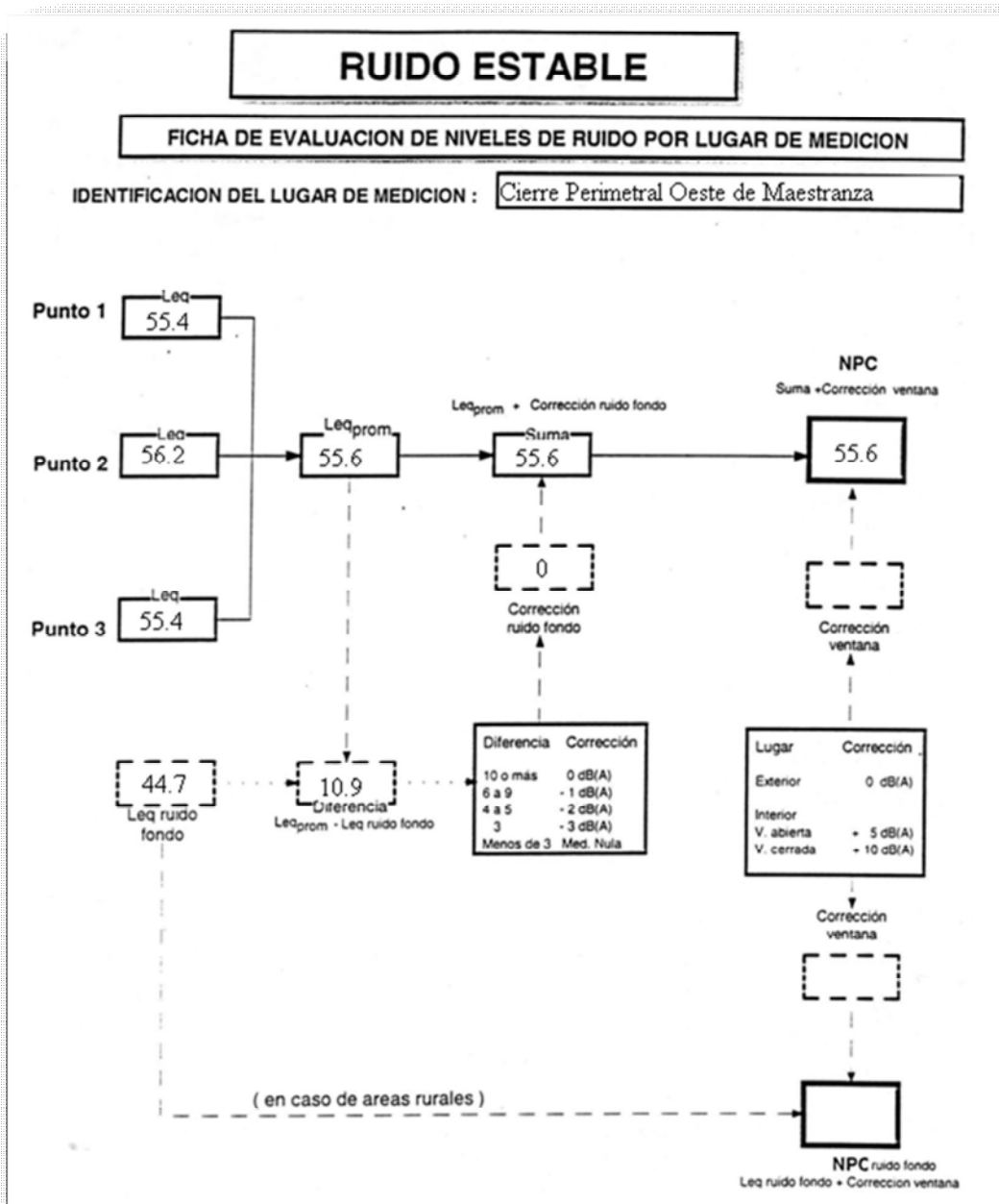


Ilustración 9.5. Ficha de evaluación de niveles de ruido estable. Lugar de medición 1. Horario Nocturno.

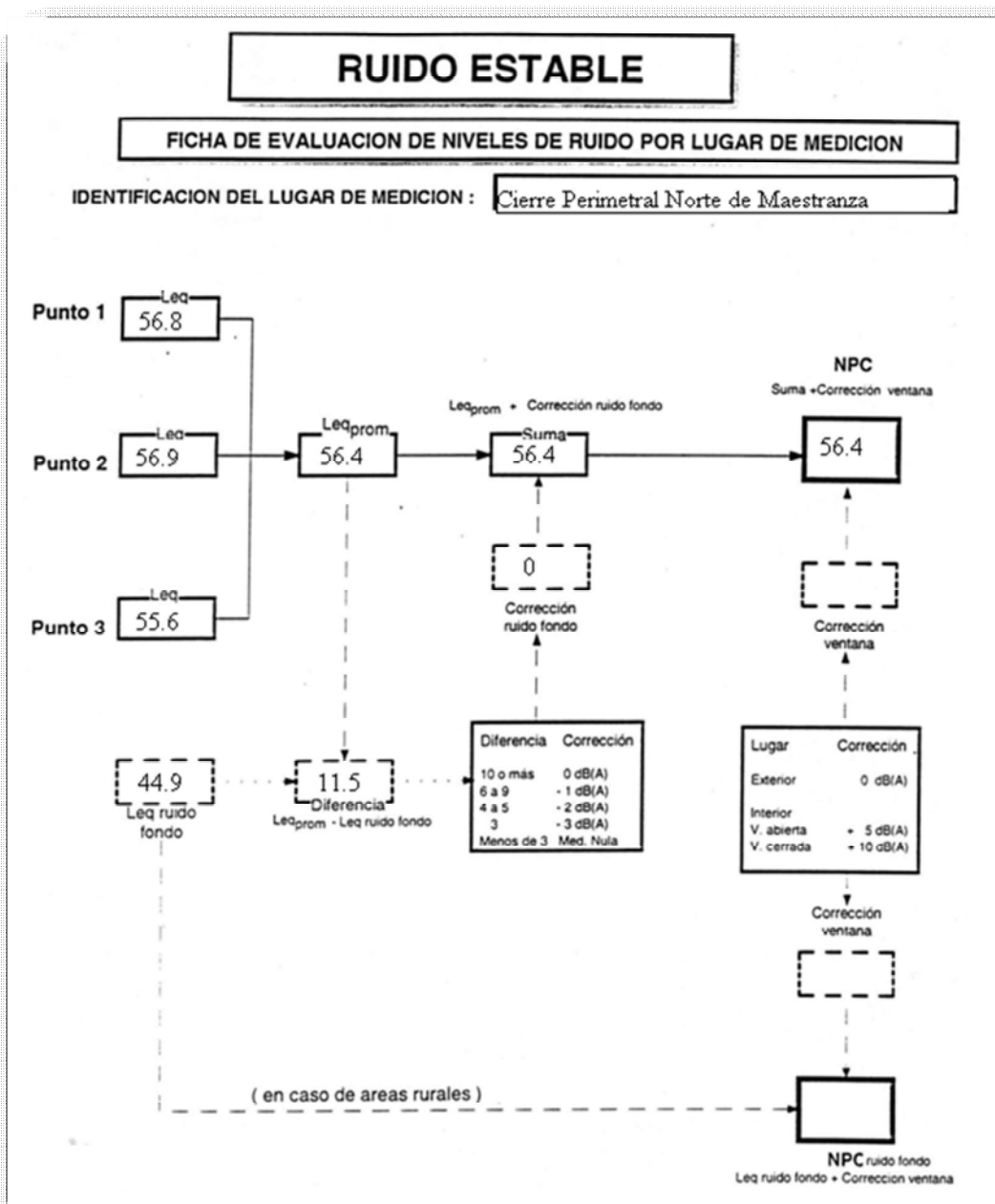


Ilustración 9.6. Ficha de evaluación de niveles de ruido estable. Lugar de medición 2. Horario Nocturno.

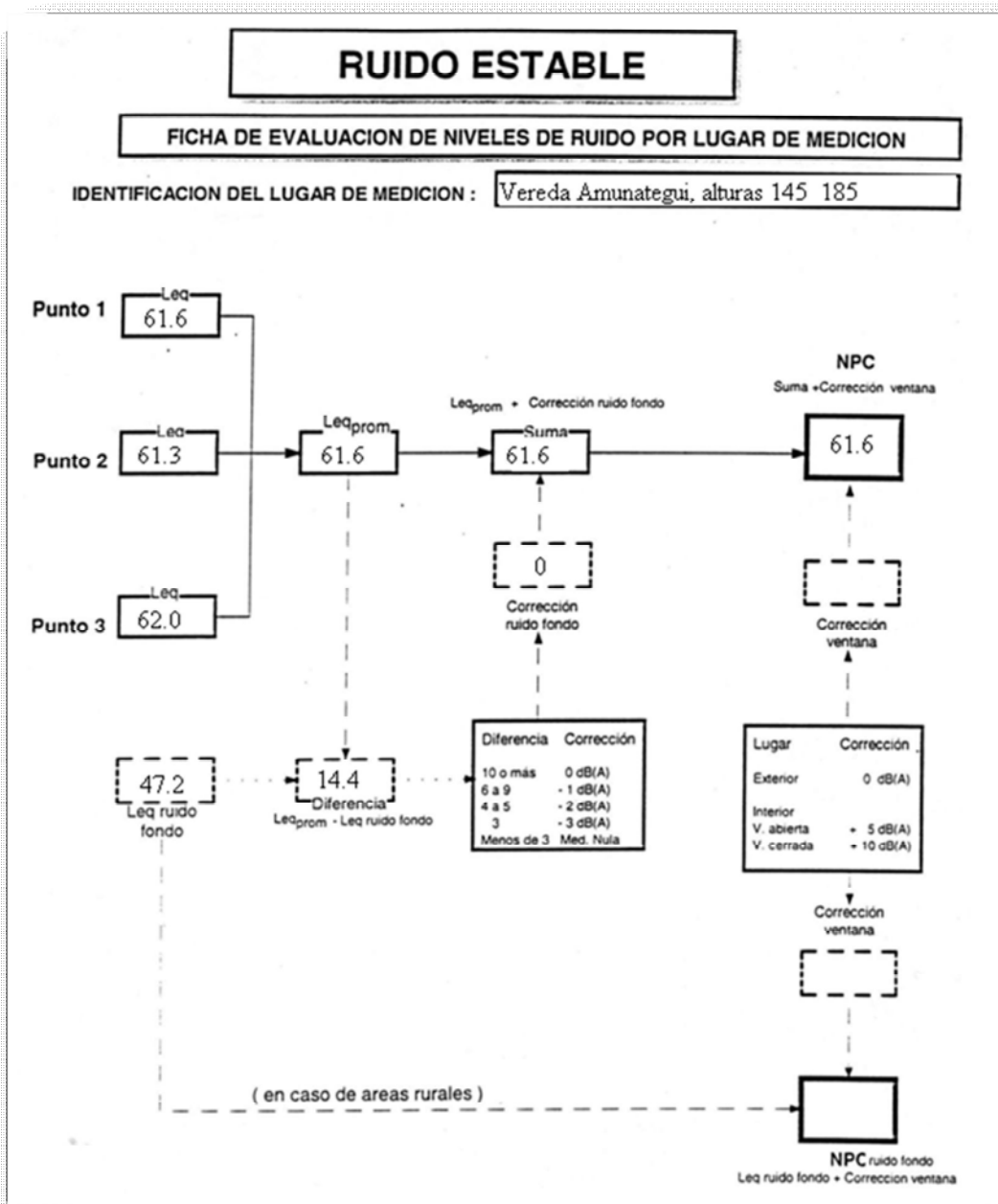


Ilustración 9.7. Ficha de evaluación de niveles de ruido estable. Lugar de medición 3. Horario Nocturno.

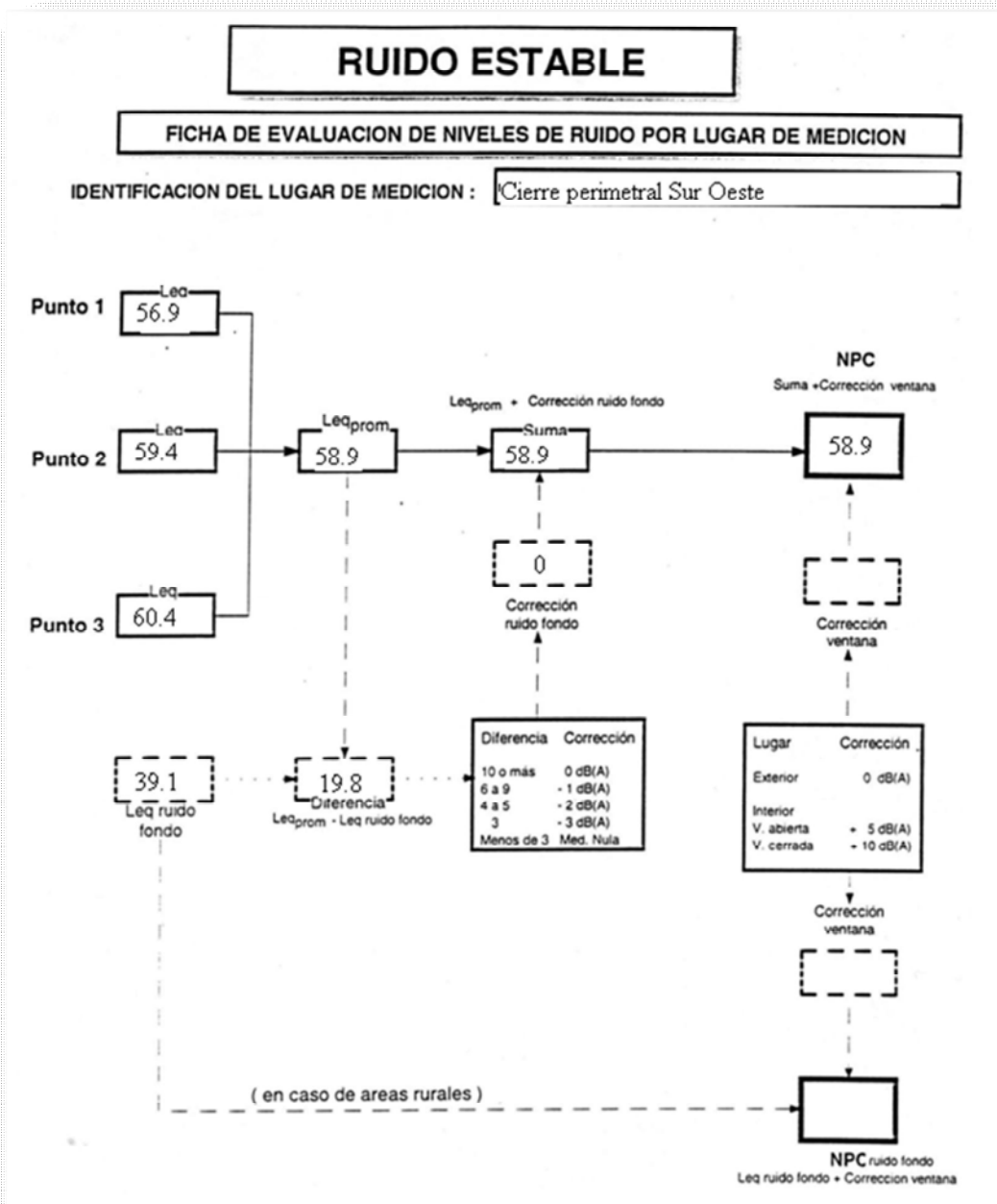
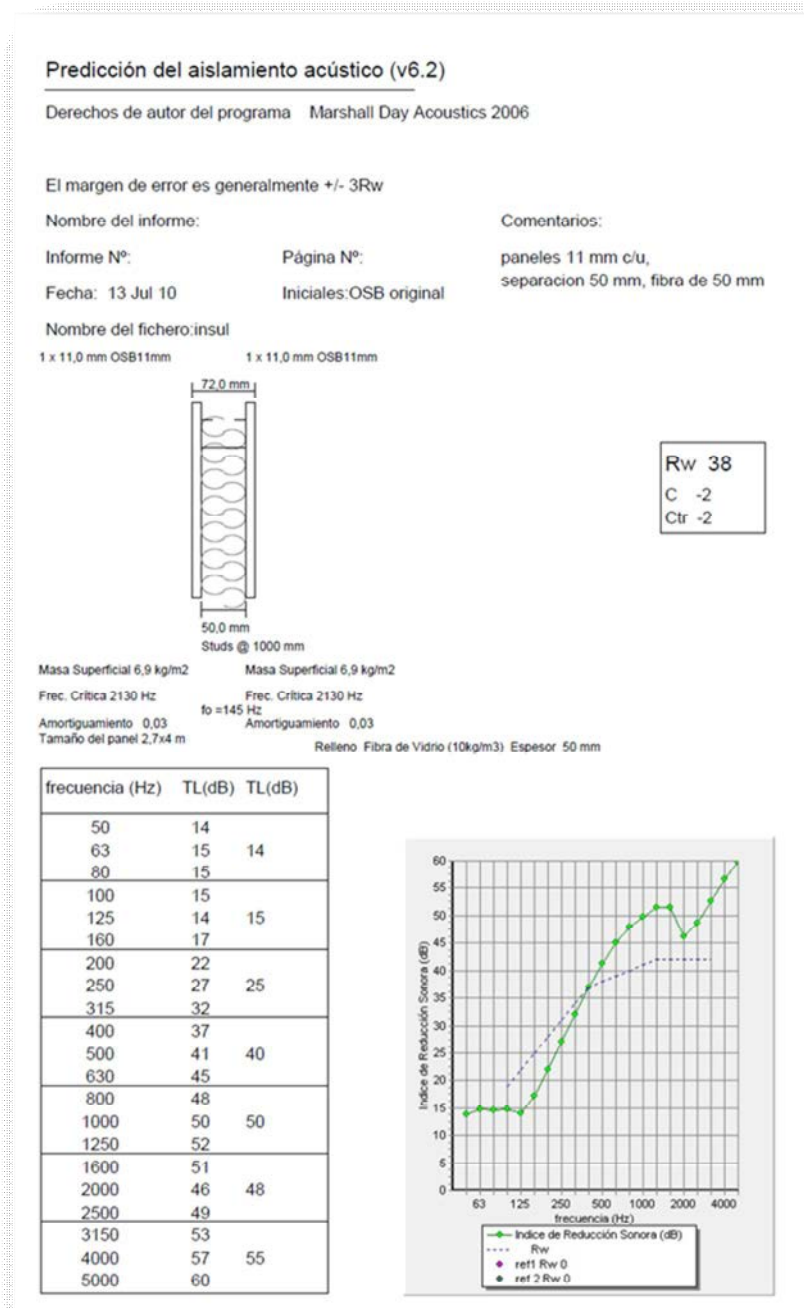


Ilustración 9.8. Ficha de evaluación de niveles de ruido estable. Lugar de medición 4. Horario Nocturno.

9.2 FICHAS CARACTERISTICAS TECNICAS DE SIMULACIONES EN INSUL. PANEL Y LATON.



Ilustracion 9.9. Ficha Insul con especificaciones acústicas Panel simulado.

Predicción del aislamiento acústico (v6.2)

Derechos de autor del programa Marshall Day Acoustics 2006

El margen de error es generalmente +/- 3Rw

Nombre del informe:

Comentarios:

Informe N°:

Página N°:

Acero ondulado altura 150mm y periodo 30

Fecha: 9 Jul 10

Iniciales: Administrador

Nombre del fichero: insul

1 x 2,5 mm Acero

Rw 27

C 0

Ctr -2

Masa Superficial 19,5 kg/m²

Frec. Crítica 5000 Hz

Amortiguamiento 0,01

Tamaño del panel 2,7x4 m

frecuencia (Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	17	
63	18	18
80	19	
100	20	
125	20	20
160	20	
200	20	
250	21	21
315	22	
400	22	
500	23	23
630	24	
800	25	
1000	26	26
1250	27	
1600	28	
2000	29	30
2500	34	
3150	35	
4000	37	36
5000	38	

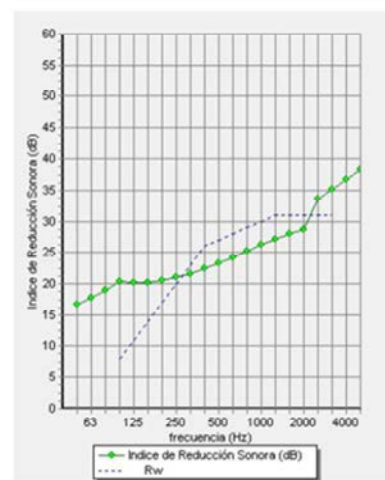


Ilustración 9.10. Ficha Insul con especificaciones acústicas Latón simulado.

9.3 RESULTADOS DE MEDICIONES CAPITULO 5.

9.3.1 Resultados NPS mínimos, máximos y LEQ

9.3.1.1 Tablas de valores medidos horarios diurno y nocturno.

Punto 1 7:00-21:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	51.8	49.7	51.2
2	52.3	47.7	55.2
3	52.3	50.5	59.1
4	51.5	49.6	55.1
5	51.0	49.2	54.1
6	50.2	48.3	53.2
7	51.3	47.8	54.8
8	52.4	48.6	52.5
9	51.5	46.9	53.8
10	52.6	46.7	54.7
11	51.8	48.3	56.1
12	52.3	48.9	54.2
13	51.9	47.5	52.9
14	52.4	44.9	53.4
15	51.2	48.2	53.5

Tabla 9.9. Registro de mediciones pto1 Diurno.

Punto 1 21:00-7:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	51.3	46.1	55.2
2	51.0	44.1	56.2
3	50.5	43.2	55.4
4	51.3	43.4	56.3
5	52.4	43.1	57.1
6	52.3	47.8	56.2
7	51.4	46.4	54.2
8	52.5	45.5	55.8
9	52.6	46.2	54.9
10	51.4	45.1	56.1
11	52.0	44.8	58.0
12	51.7	43.7	54.4
13	51.1	46.1	56.7
14	53.1	42.2	58.2
15	51.7	41.8	56.8

Tabla 9.10 Registro de mediciones pto1 Nocturno

Punto 2 7:00-21:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	52.2	48.7	59.4
2	51.2	48.3	55.8
3	49.3	44.4	54
4	47.8	47.0	55.2
5	49.4	46.4	52.2
6	51.0	47.2	54.2
7	50.7	48.1	51.8
8	51.3	47.3	51.3
9	52.4	46.4	54.6
10	50.8	47.3	53.4
11	49.8	49.2	52.9
12	50.2	47.8	53.0
13	49.5	46.5	54.8
14	51.6	46.8	53.8
15	52.8	47.6	54.5

Tabla 9.11. Registro de mediciones pto2 Diurno.

Punto 2 21:00-7:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	49.3	44.1	54.8
2	51.2	42.3	55.6
3	51.8	43.4	56.7
4	50.9	44.1	54.2
5	50.1	43.2	55.5
6	49.7	44.9	56.9
7	51.3	42.7	53.9
8	50.6	43.6	56.8
9	52.8	44.2	57.7
10	49.9	45.3	59.1
11	49.7	42.6	54.6
12	51.5	43.4	55.8
13	51.3	44.2	56.7
14	50.6	43.9	58.3
15	51.8	42.7	59.8

Tabla 9.12 Registro de mediciones pto2 Nocturno

Punto 3 7:00-21:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	55.0	52.8	58.1
2	58.7	52.0	64.4
3	54.4	51.5	58.9
4	55.3	52.1	61.7
5	56.3	52.3	65.6
6	57.0	54.1	63.0
7	59.4	53.1	62.1
8	59.5	51.2	62.4
9	61.8	50.8	62.1
10	60.4	51.4	60.4
11	60.2	52.6	61.3
12	60.3	51.3	62.5
13	60.2	50.8	61.2
14	61.3	49.9	63.4
15	59.9	49.4	59.4

Tabla 9.13. Registro de mediciones pto3 Diurno.

Punto 3 21:00-7:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	52.5	47.4	58.6
2	53.4	44.5	60.2
3	53.1	44.3	61.8
4	53.2	43.9	59.8
5	51.2	45.5	59.4
6	51.6	46.1	62.1
7	52.4	42.5	63.8
8	53.8	43.7	61.7
9	51.1	42.7	62.4
10	51.4	41.3	51.0
11	53.2	42.6	60.8
12	51.4	42.3	60.3
13	52.2	44.5	59.7
14	51.9	43.7	58.9
15	53.6	44.6	60.9

Tabla 9.14 Registro de mediciones pto3 Nocturno.

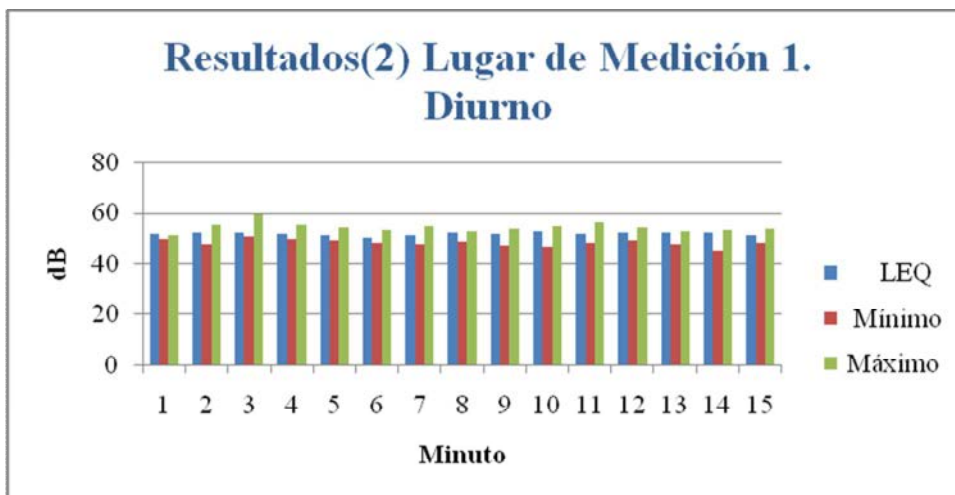
Punto 4 7:00-21:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	51.1	44.3	54.8
2	49.8	47.2	55.3
3	48.8	46.4	56.2
4	49.2	45.5	54.8
5	49.4	46.2	55.3
6	48.9	45.4	55.2
7	51.2	46.8	52.1
8	52.5	44.2	55.4
9	53.4	46.1	57.9
10	53.5	44.8	56.4
11	52.8	45.2	59.4
12	53.4	44.3	55.5
13	51.7	43.7	59.8
14	53.2	44.5	58.4
15	52.5	43.9	61.4

Tabla 9.15. Registro de mediciones pto4 Diurno.

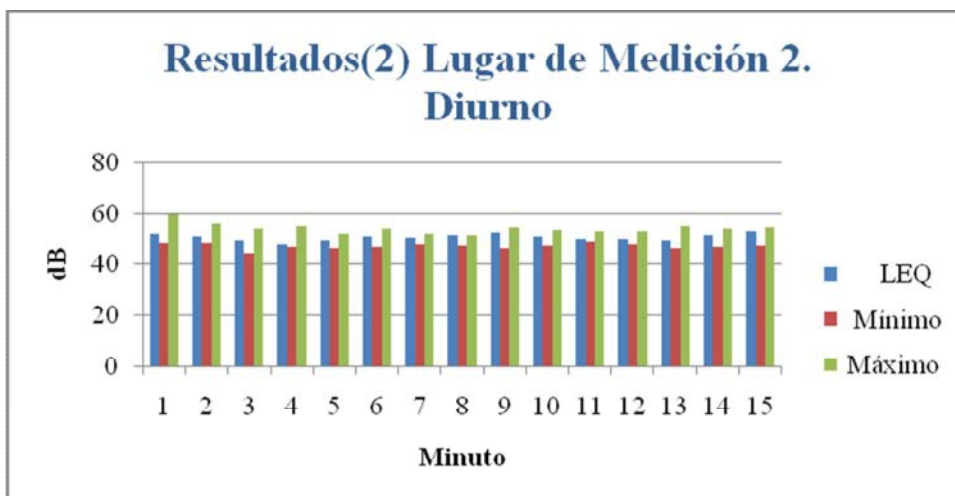
Punto 4 21:00-7:00 hrs			
Minuto	LEQ	Mínimo	Máximo
1	44.5	35.4	56.7
2	43.2	36.2	54.6
3	44.8	34.8	56.6
4	43.1	36.6	53.8
5	45.9	35.4	54.9
6	44.4	37.7	55.7
7	46.3	34.5	56.4
8	45.5	35.5	55.6
9	44.8	34.2	57.4
10	43.2	33.6	54.8
11	46.6	34.7	55.4
12	45.9	38.4	56.4
13	46.4	35.5	55.7
14	47.5	34.6	54.8
15	46.1	36.5	53.3

Tabla 9.16 Registro de mediciones pto4 Nocturno.

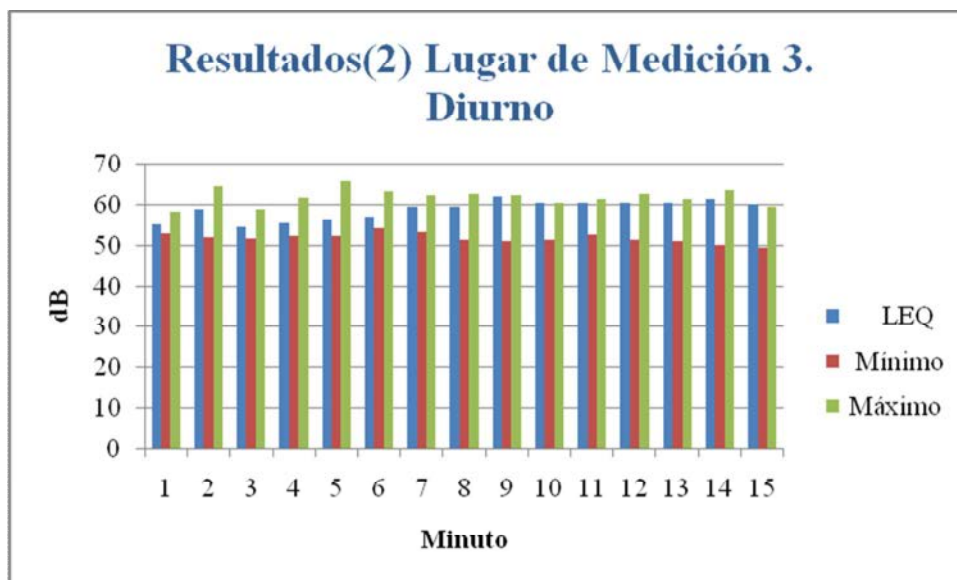
9.3.1.2 Gráficos de niveles medidos horario diurno.



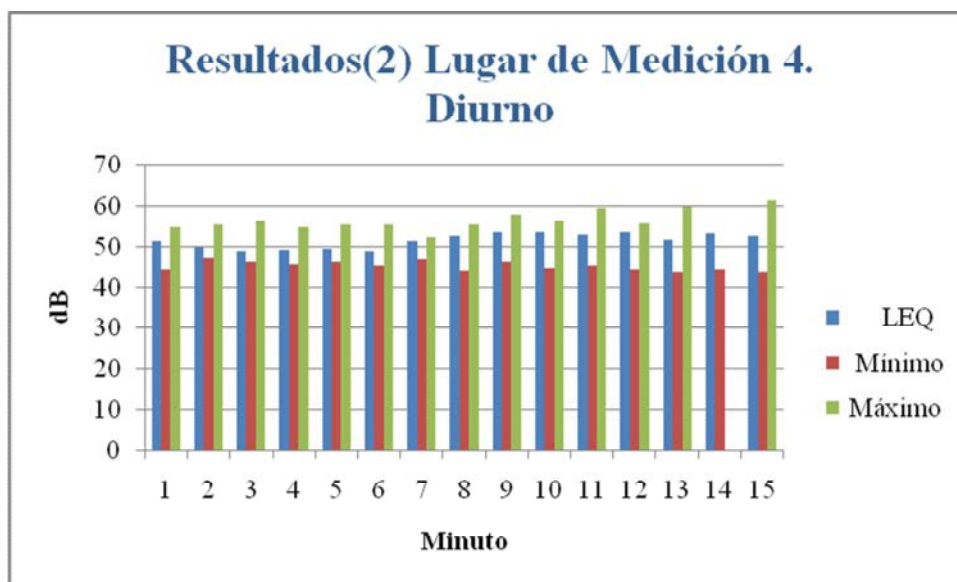
Grafica 9.5. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 1. Diurno.



Grafica 9.6. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 2. Diurno.

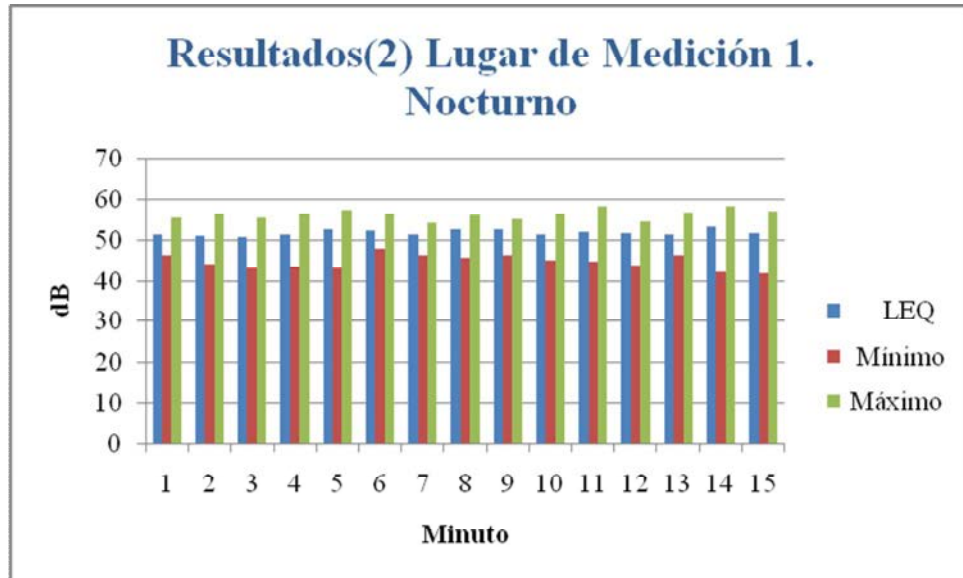


Grafica 9.7. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 3. Diurno.

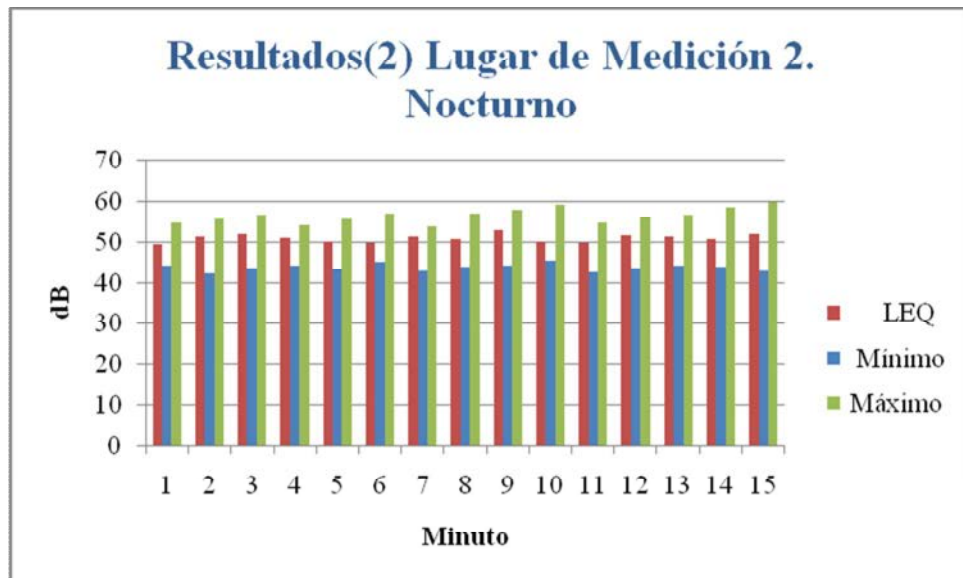


Grafica 9.8. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 4. Diurno.

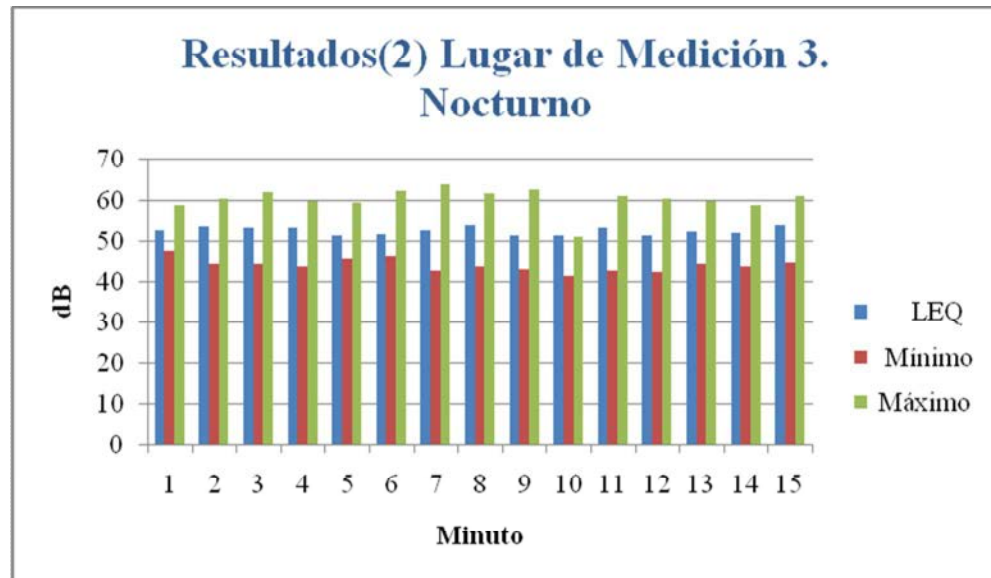
9.3.1.3 Gráficos de niveles medidos en horario nocturno.



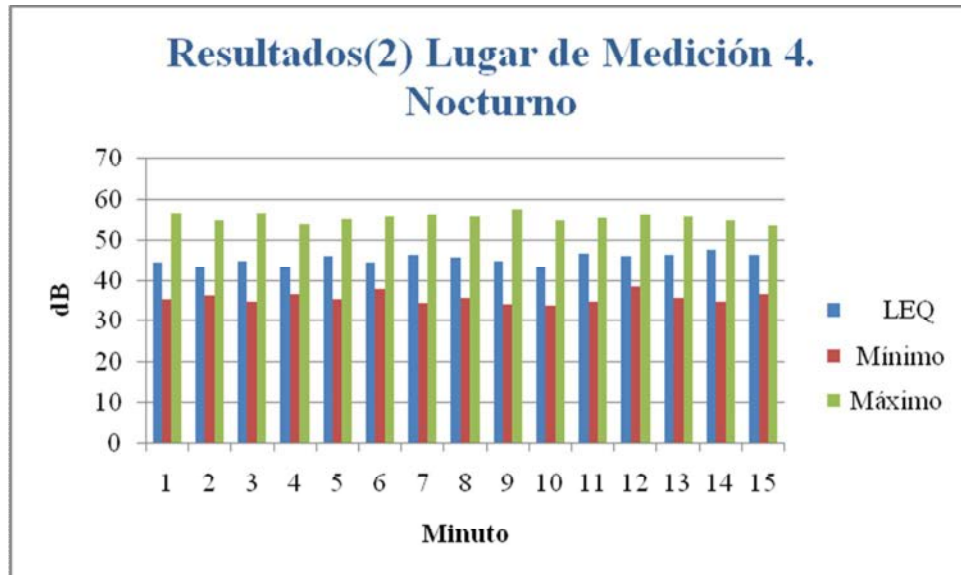
Grafica 9.9. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 1. Nocturno.



Grafica 9.10. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 2. Nocturno.



Grafica 9.11. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 3. Nocturno.



Grafica 9.12. Resultados Niveles de presión sonora Max, Min y Leq. Lugar 4. Nocturno.

9.3.2 Fichas de medición de ruido estable para cálculo de NPC.

9.3.2.1 Fichas de medición horario 07:00-21:00 hrs

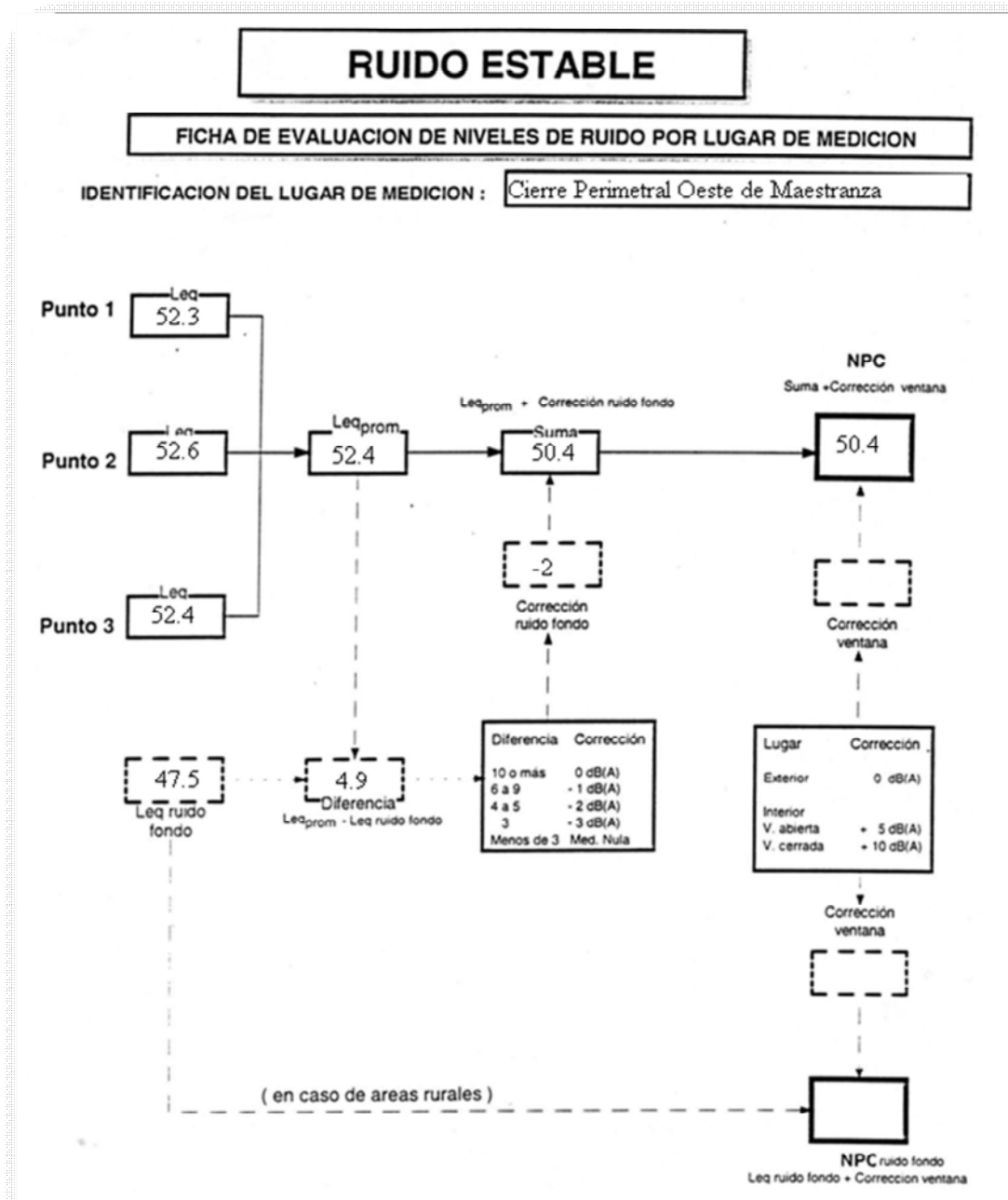


Ilustración 9.11. Ficha de evaluación (2) de niveles de ruido estable. Lugar de medición 1. Horario Diurno.

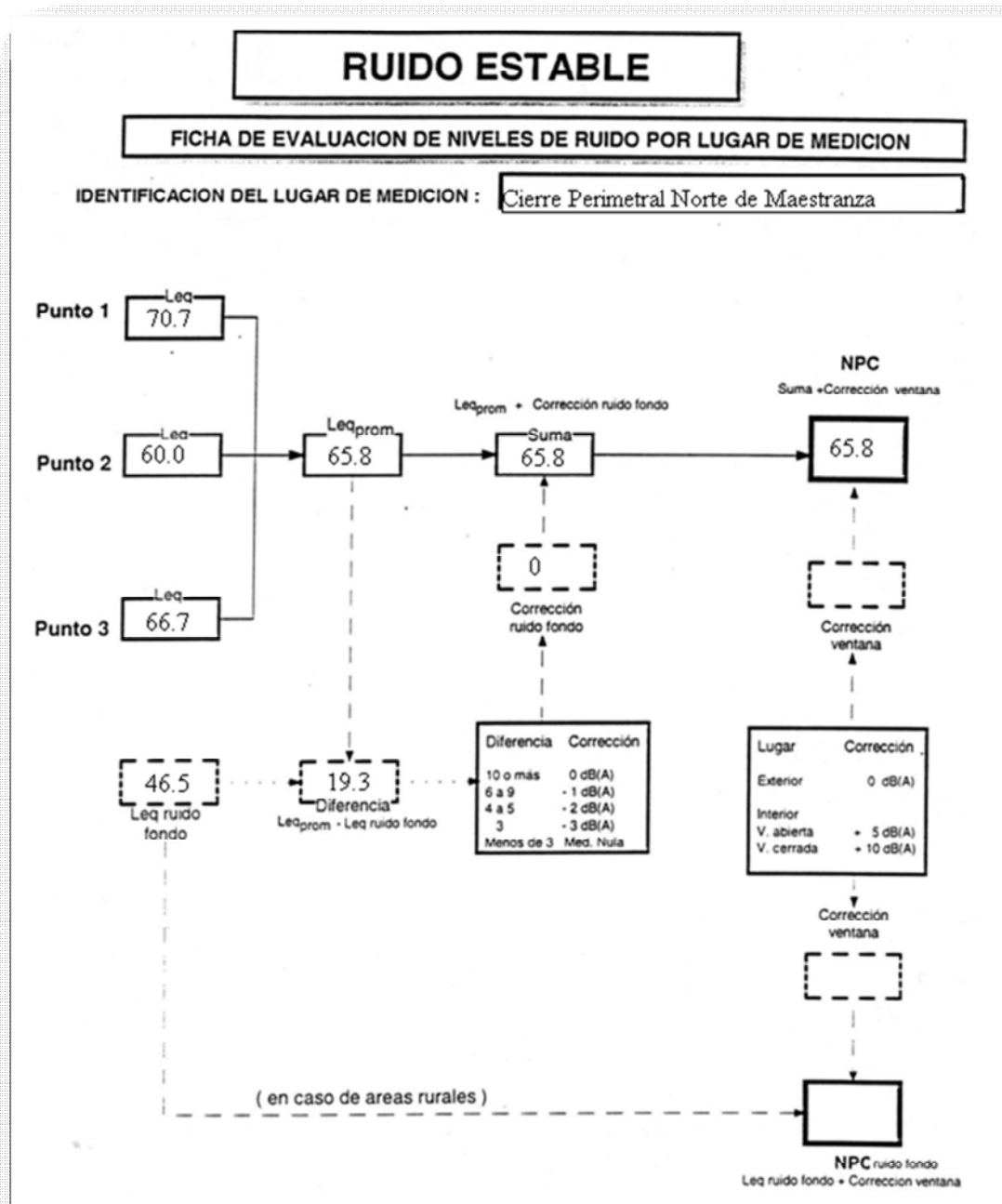


Ilustración 9.12. Ficha de evaluación (2) de niveles de ruido estable. Lugar de medición 2. Horario Diurno.

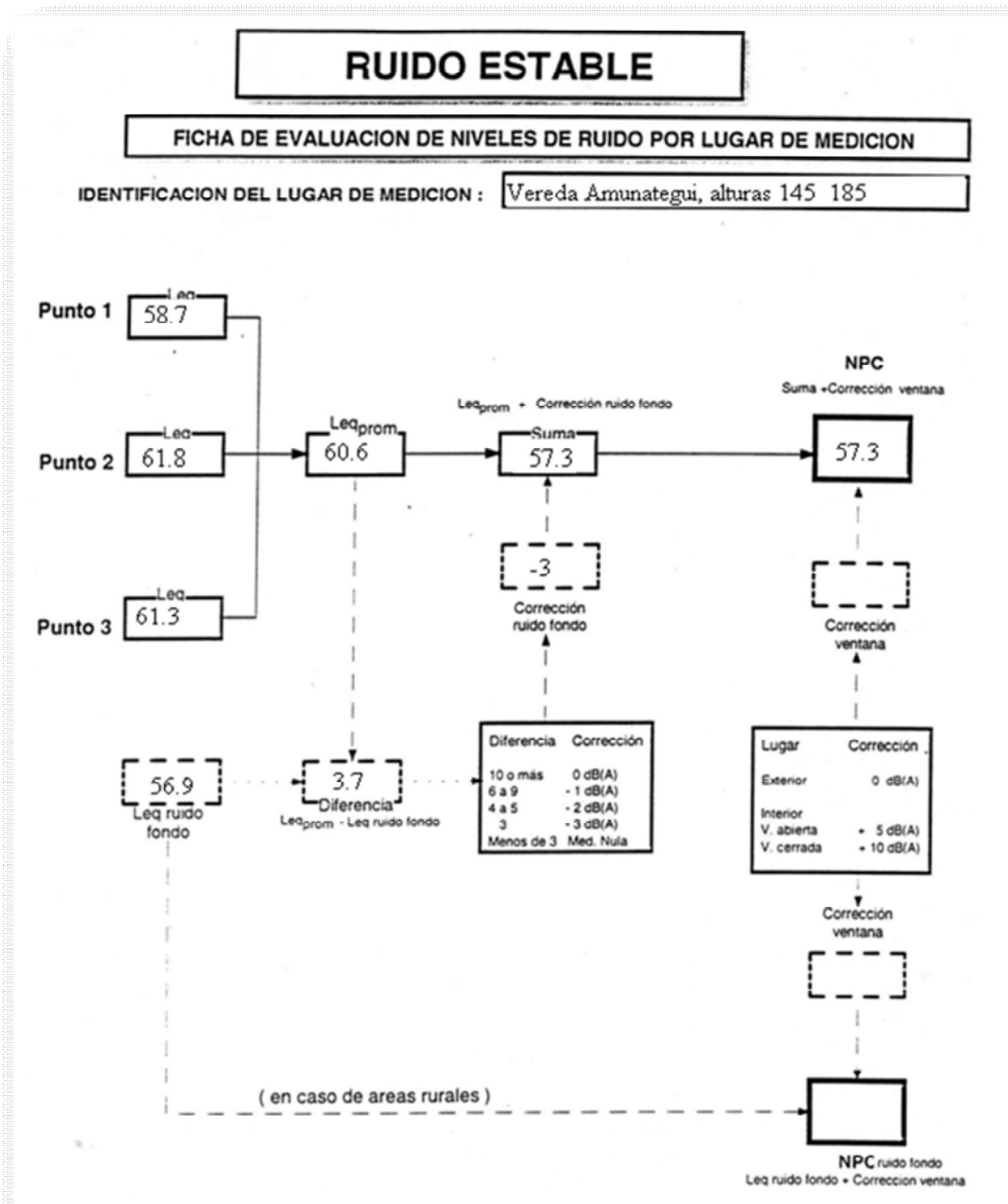


Ilustración 9.13. Ficha de evaluación (2) de niveles de ruido estable. Lugar de medición 3. Horario Diurno.

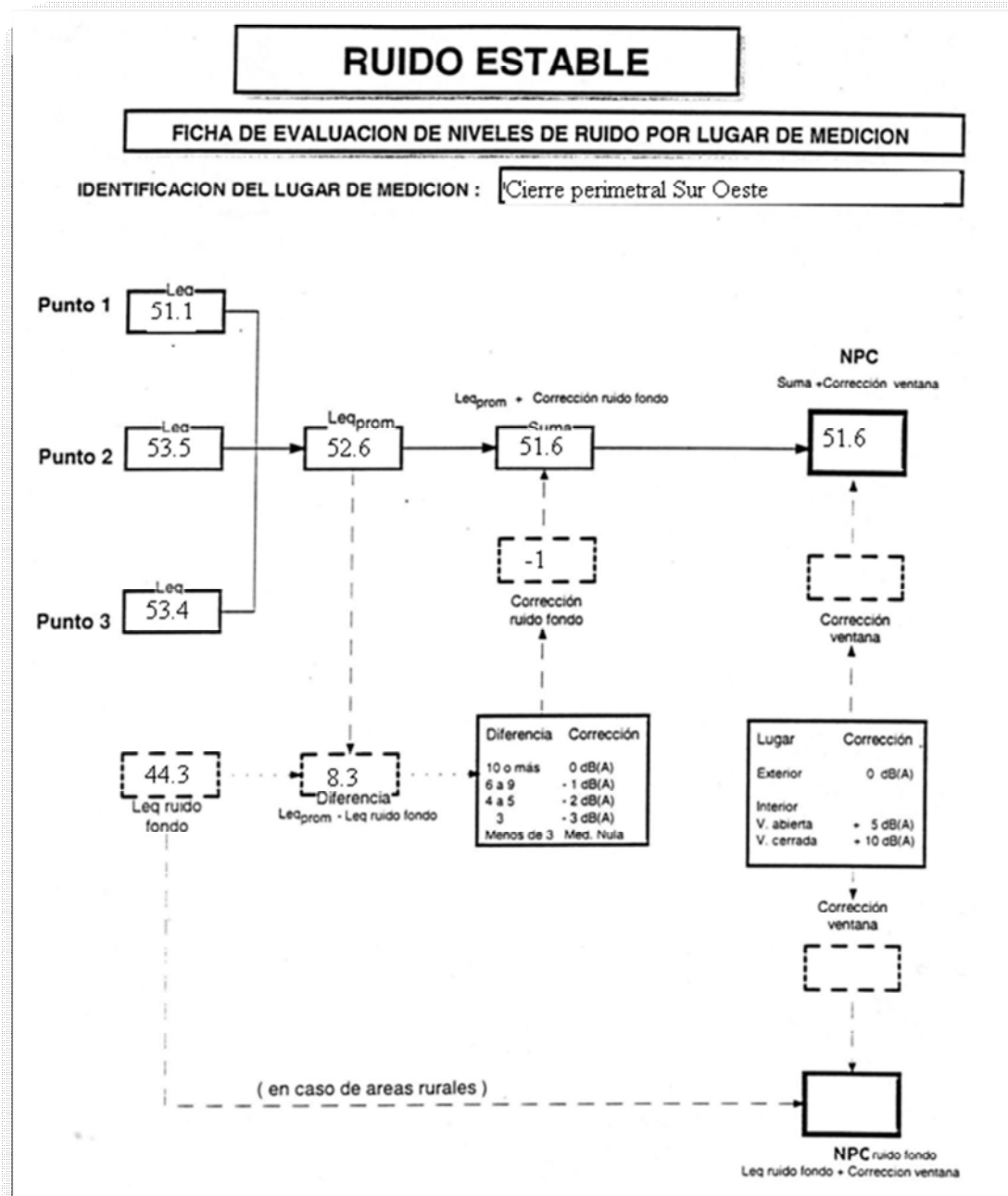


Ilustración 9.14. Ficha de evaluación (2) de niveles de ruido estable. Lugar de medición 4. Horario Diurno.

9.3.2.2 Fichas de medición horario 21:00-07:00 hrs.

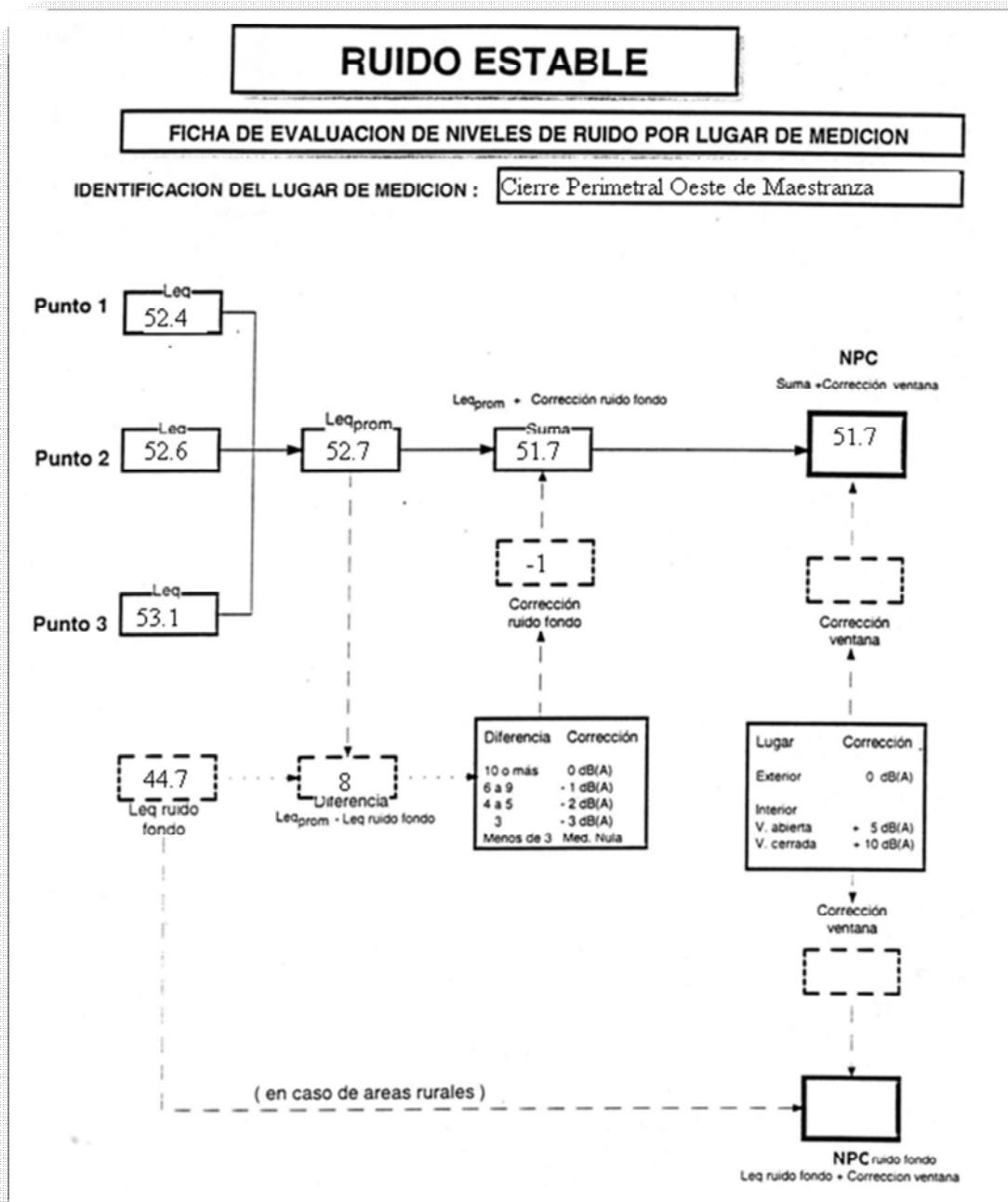


Ilustración 9.15. Ficha de evaluación (2) de niveles de ruido estable. Lugar de medición 1. Horario Nocturno.

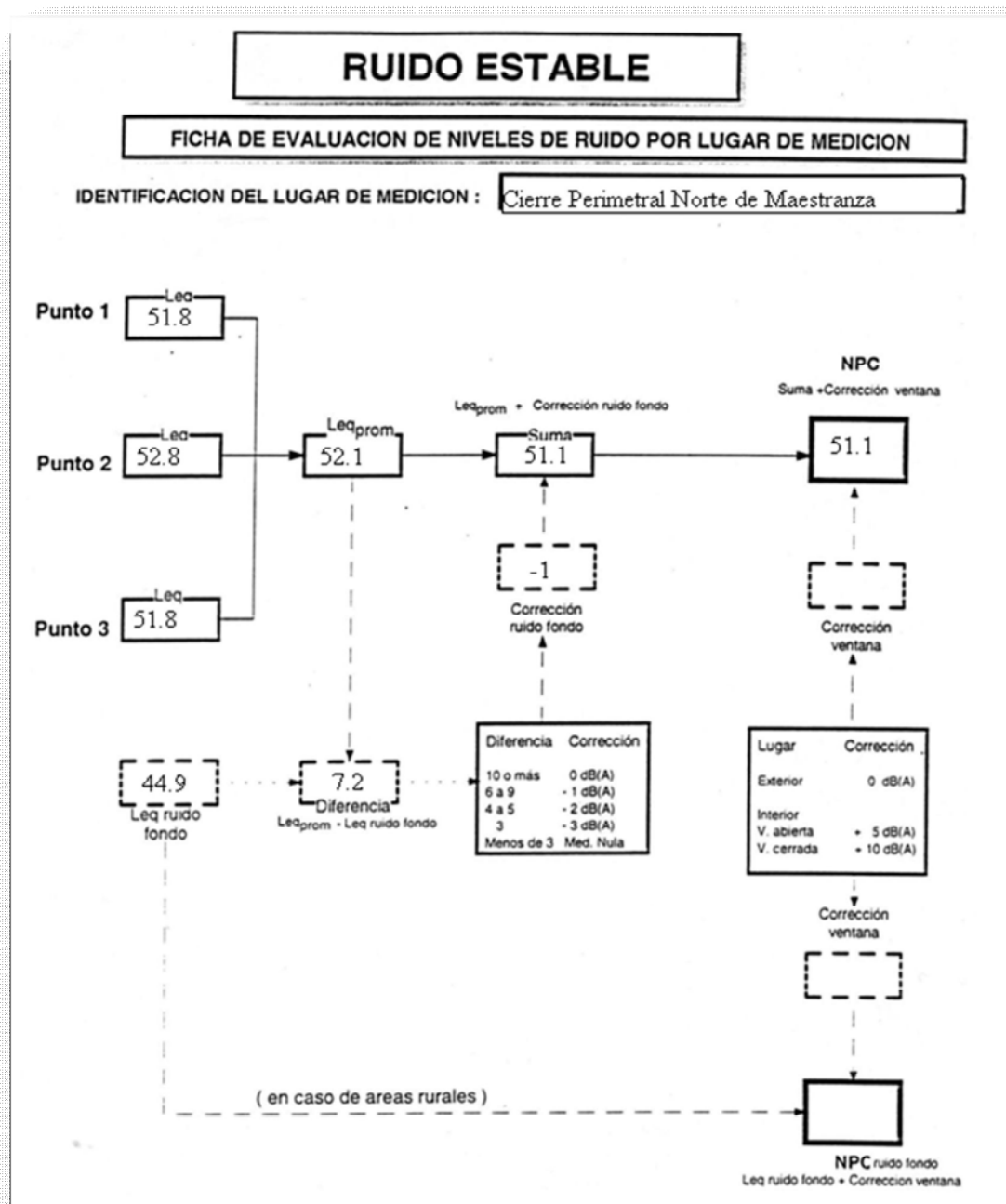


Ilustración 9.16. Ficha de evaluación (2) de niveles de ruido estable. Lugar de medición 2.
Horario Nocturno.

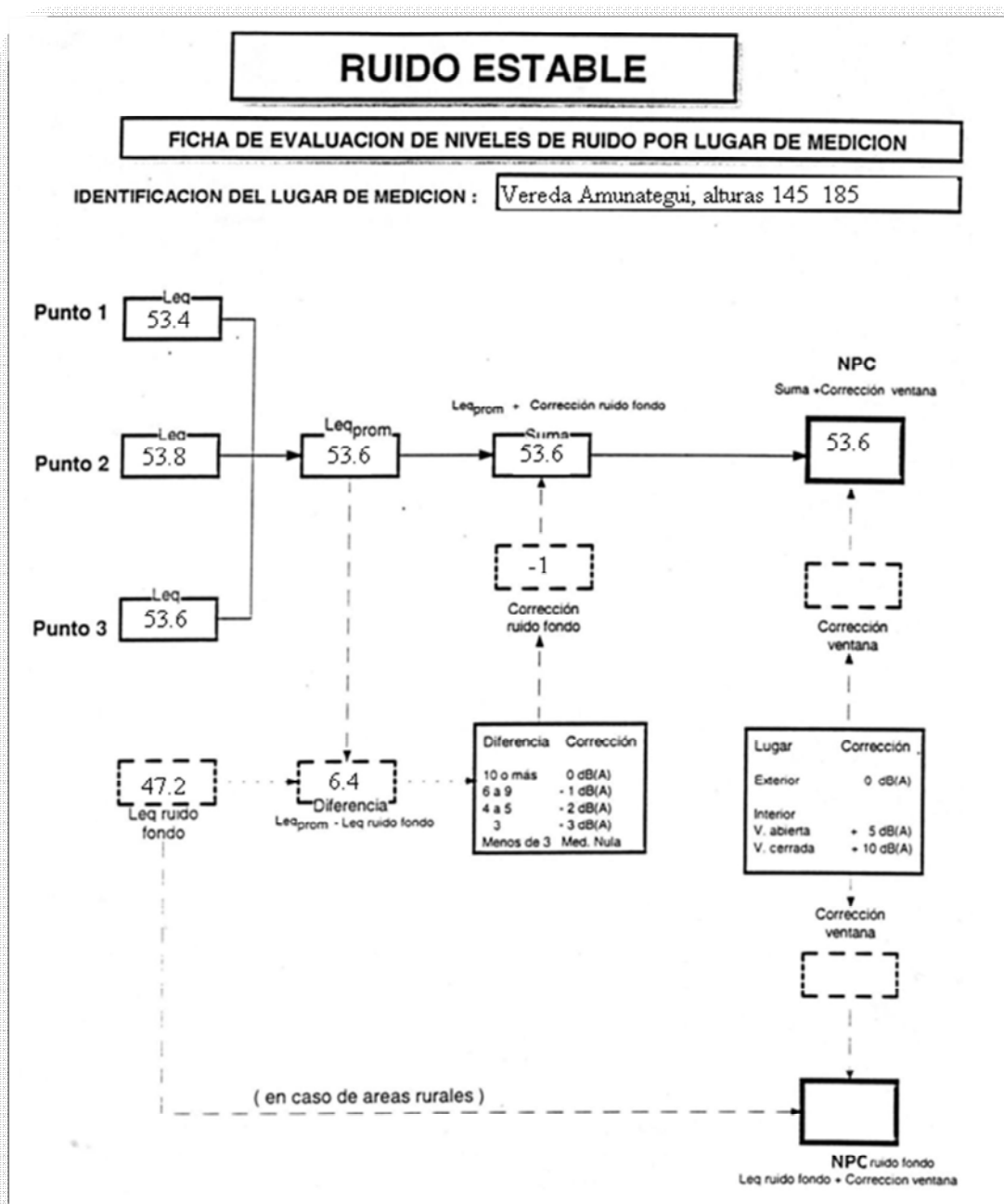


Ilustración 9.17. Ficha de evaluación (2) de niveles de ruido estable. Lugar de medición 3. Horario Nocturno.

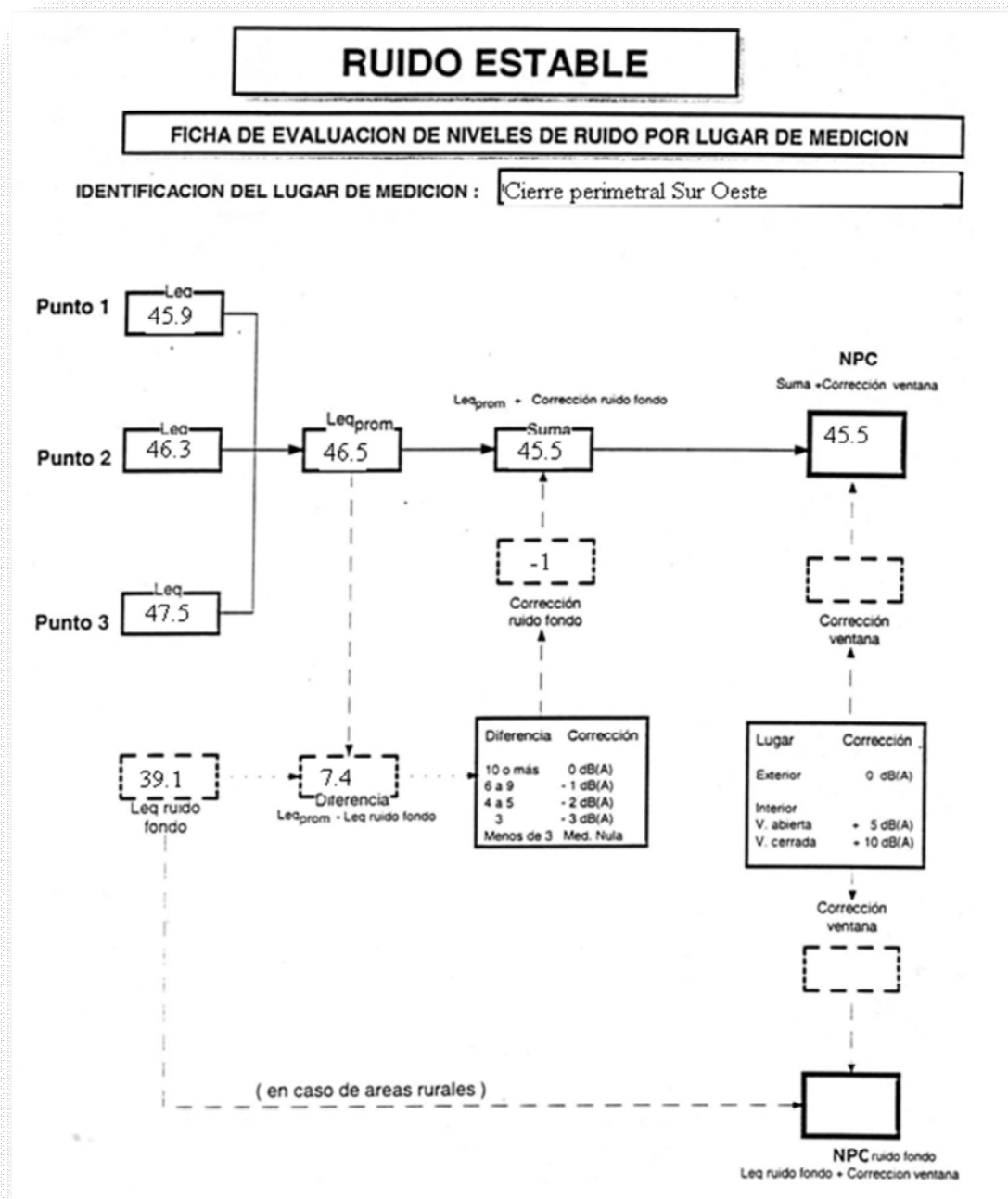


Ilustración 9.18. Ficha de evaluación (2) de niveles de ruido estable. Lugar de medición 4. Horario Nocturno.