ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

“GESTIÓN TÉCNICA DE REDUCCIÓN DE RUIDO EN LA SECCIÓN TORNOS DEL ÁREA DE FABRICACIÓN DE LA EMPRESA ESP COMPLETION TECHONOLOGIES S.A.”

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MAGÍSTER (MSc.) EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL

ING. JUAN CARLOS NOVOA IÑIGUEZ

ing.jcnovoa@gmail.com

DIRECTOR: ING. ALCÍVAR TRAJANO RAMÍREZ HIDALGO, MSc.

trajanoramirez@hotmail.com

CO-DIRECTOR: DR. PABLO FERNANDO CARPIO SACOTO, MSc.

fernandocarpio@hotmail.com

Quito, Febrero 2015

© Escuela Politécnica Nacional (2015)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Juan Carlos Novoa Iñiguez, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

_____

JUAN CARLOS NOVOA IÑIGUEZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Carlos Novoa Iñiguez, bajo mi supervisión.

ING. TRAJANO RAMIREZ	**DR. FERNANDO CARPIO**
DIRECTOR DEL PROYECTO	**CODIRECTOR DEL PROYECTO**

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado el gozo de vivir con salud y muchas bendiciones a lo largo de toda mi vida.

A mis padres que me dieron apoyo y confianza a lo largo de la vida.

A mi esposa Marianela, por su gran amor, fidelidad, paciencia y apoyo incondicional.

Gracias al Ing. Trajano Ramírez, por su acertada dirección y apoyo en la realización de este proyecto.

Al Ing. Francisco Salgado, Dr. Fernando Carpio y al Dr. Miguel Landívar, por compartirme desinteresadamente sus conocimientos y experiencias, las cuales han sido de mucha ayuda para la realización de este proyecto.

Gracias a la Sra. Constanza de Domínguez – Gerente General de ESP Completion Technologies S.A., por permitirme realizar este proyecto de tesis.

Gracias al Sr. Marcelo Carvajal – Gerente de la planta de Producción de ESP Completion Technologies S.A., por su apoyo y confianza.

A todas las personas que han colaborado conmigo de una forma u otra en la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo con todo mi amor, a mi amada esposa Marianela, por quien ha valido verdaderamente todo este esfuerzo, dedicación, que con su apoyo constante y su gran amor incondicional ha sido el impulso y fuerza principal para la culminación exitosa de la misma y por ser mi fuente de inspiración para toda mi vida.

Juan Carlos

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINA

RESUMEN xiv
INTRODUCCIÓN xv

1. TEORÍA SOBRE EL RUIDO 1

1.1 Metodologías de evaluación de ruido 15

1.2 Efectos del ruido en la salud 18

1.3 Control de ruido 26

1.4 Marco legal 35

2. METODOLOGÍA 40

2.1 Evaluación técnica de los niveles actuales de exposición a ruido 40
2.1.1 Descripción de los equipos para el monitoreo de ruido 41
2.1.2 Ubicación puntos de monitoreo en áreas de trabajo 41
2.1.3 Mediciones puntuales en ambientes de trabajo 41
2.1.4 Área de mayor exposición a ruido 41
2.1.5 Justificación en la categorización de una sección del área de mayor exposición a ruido 42
2.1.6 Evaluación de riesgos por equipo 43
2.1.7 Estrategia de evaluación de ruido 43
2.1.7.1 Justificación de la estrategia de medición 43
2.1.7.2 Análisis de la labor 44
2.1.7.3 Plan de medición 45
2.1.7.4 Duración de las mediciones 45
2.1.8 Mediciones puntuales en puestos de trabajo 46
2.1.9 Resumen de mediciones puntuales en puestos de trabajo 47
2.1.10 Cumplimiento legal en ambiente y puestos de trabajo 47
2.1.11 Tiempo de exposición máxima ambiente y puestos de trabajo 48
2.1.12 Flujograma secuencial para el monitoreo de ruido 48

2.2 Determinación de medidas técnicas y administrativas a través de una gestión técnica para la reducción de ruido 50
2.2.1 Medidas administrativas 50
2.2.2 Medidas técnicas 51

2.3 Implementación de medidas técnicas y administrativas a través de una gestión técnica para la reducción de ruido 52
2.3.1 Implementación de medidas administrativas 52
2.3.2 Implementación de medidas técnicas 53

2.4 Evaluación de la eficacia de las medidas técnicas y administrativas implementadas a través de una gestión técnica para la reducción de ruido, por medio de índices de control técnico y económico 54
2.4.1 Disminución teórica del nivel sonoro 55

2.5 Implementación de un programa de capacitaciones en seguridad y salud ocupacional referente a la exposición a ruido 56

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 57

3.1 Resultados en ambientes de trabajo 57

3.2 Resultados de un análisis VIN 59

3.3 Evaluación de riesgos por cada equipo 60

3.4 Comparación de análisis VIN con la evaluación de riesgos por cada Equipo 63

3.5 Resultados de medición en puestos de trabajo 64

3.6 Resumen de los resultados en cada puesto de trabajo 75
3.6.1 Disminución teórica del nivel sonoro 77

3.7 Resultados de cumplimiento legal 78

3.8 Tiempo máximo de exposición a ruido 81

3.9 Medición de ruido en el motor eléctrico de cada equipo 84

3.10 Medición de ruido en el uso del aire comprimido 86

3.11 Resultados del monitoreo bandas de frecuencia 87

3.12 Resultados de audiometrías 90

3.13 Medición de ruido individualmente por equipos 95

3.14 Resultados de implementación de medidas administrativas y técnicas 97
3.14.1 Reducción del tiempo de exposición 97
3.14.2 Reducción acústica en la lubricación del equipo 99
3.14.3 Reducción acústica por el cambio de rodamientos 102
3.14.4 Reducción acústica por el cambio de engranajes 105
3.14.5 Reducción acústica por el cambio boquillas en mangueras de aire comprimido 107
3.14.6 Reducción acústica en el uso de motores eléctricos 109
3.14.7 Reducción acústica ambiental 112

3.14.8 Resultados del diseño acústico ambiental 113
3.14.8.1 Encapsulamiento parcial de equipo 113
3.14.8.2 Paneles acústicos colgados 116
3.14.8.3 Pantalla acústica 120

3.15 Resultados cronograma de capacitaciones relacionados a la exposición a ruido 122

3.16 Resumen de todas las medidas administrativas y técnicas implementadas 124

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 129

4.1 Conclusiones 129

4.2 Recomendaciones 130

BIBLIOGRAFÍA 132

ANEXOS 138

ÍNDICE DE TABLAS

		PÁGINA
Tabla 1.1.	Rango de frecuencias	4
Tabla 1.2.	Bandas de octava	5
Tabla 1.3.	Presión acústica y Nivel de Presión Acústica	7
Tabla 1.4.	Magnitudes acústicas	12
Tabla 1.5.	Propuestas de evaluación de ruido	15
Tabla 1.6.	Marco legal relacionado a la exposición de ruido	36
Tabla 2.1.	Mediciones puntuales en ambientes de trabajo	41
Tabla 2.2.	Registro de medición técnica de campo	46
Tabla 2.3.	Resumen de Mediciones puntuales en puestos de trabajo	47
Tabla 2.4.	Matriz de cumplimiento legal	47
Tabla 2.5.	Tiempo de exposición máxima	48
Tabla 2.6.	Resumen de todas las medidas técnicas implementadas	55
Tabla 2.7.	Cronograma de capacitaciones en seguridad y salud	56
Tabla 3.1.	Resultados de medición en ambientes de trabajo	57
Tabla 3.2.	Análisis vital, importante y normal	59
Tabla 3.3.	Evaluación cualitativa de riesgos de cada equipo	62
Tabla 3.4.	Comparación del análisis VIN y Evaluación de riesgos de cada equipo	64
Tabla 3.5.	Registro de medición de campo del operador del torno 1	66
Tabla 3.6.	Registro de medición de campo del operador del torno 2	68
Tabla 3.7.	Registro de medición de campo del operador del torno 3	70
Tabla 3.8.	Registro de medición de campo del operador del torno 4	72
Tabla 3.9.	Registro de medición de campo del operador del torno 5	74

Tabla 3.10.	Resumen de los resultados en cada puestos de trabajo	76
Tabla 3.11.	Resultado de cumplimiento legal	79
Tabla 3.12.	Tiempo de exposición a ruido máxima	82
Tabla 3.13.	Registro de medición de ruido de forma individual cada motor eléctricos de cada equipo	84
Tabla 3.14.	Medición de ruido de forma individual a cada motor eléctrico	85
Tabla 3.15.	Medición de ruido en el uso del aire comprimido	86
Tabla 3.16.	Medición de las bandas de frecuencia por equipos	88
Tabla 3.17.	Rango de frecuencia de 3 materiales acústicos	89
Tabla 3.18.	Resultado de audiometrías	91
Tabla 3.19.	Porcentaje de afectación a la audición	92
Tabla 3.20.	Medición de ruido de forma individual cada equipo	96
Tabla 3.21.	Reducción del tiempo de exposición	99
Tabla 3.22.	Monitoreo antes y después de lubricación equipo	101
Tabla 3.23.	Monitoreo antes y después del cambio rodamientos	103
Tabla 3.24.	Monitoreo antes y después del cambio de engranajes	106
Tabla 3.25.	Medición de ruido en el uso del aire comprimido	108
Tabla 3.26.	Monitoreo antes y después de instalar material acústico en motor eléctrico	110
Tabla 3.27.	Costos por implementar material acústico en la cavidad de cada motor eléctrico	111
Tabla 3.28.	Índice de reducción acústica por encapsulamiento de cada equipo	115
Tabla 3.29.	Costos por implementar encapsulamiento parcial	116
Tabla 3.30.	Índice reducción acústica uso de panales acústicos colgantes	119
Tabla 3.31.	Costos por implementar paneles acústicos colgados en el techo	120
Tabla 3.32.	Índice de reducción acústica por implementar pared acústica	122

Tabla 3.33.	Implementación de un cronograma de capacitaciones	124
Tabla 3.34.	Resumen de todas las medidas administrativas y técnicas implementadas	125
Tabla 3.35.	Índice de control técnico relacionado con el costo de implementación	127
Tabla AI.1.	Etapas cronológicas de la metodología evaluación ruido	139
Tabla AI.2.	Estrategia de medición	143
Tabla AI.3.	Especificaciones duración mínima total de medición	151
Tabla AIII.1.	Equipos de medición de ruido	175
Tabla AIII.2.	Datos de los sonómetros integradores registradores	180
Tabla AIII.3.	Datos de los sonómetros integradores registrador y analizador de frecuencia	182
Tabla AIII.4.	Datos del calibrador externo de campo	184
Tabla AV.1	Contribución a la incertidumbre c1u1	208
Tabla AV.2	Incertidumbre estándar	209
Tabla AVI.1.	Límites máximos permisibles de ruido ambiental	216
Tabla AVI.2.	Tiempo de exposición por jornada/hora	219
Tabla AVI.3.	Número de impulsos o impactos y su NPS máximo	220
Tabla AVI.4.	Tiempo de exposición por jornada/hora	221
Tabla AVI.5.	NPS equivalente de acuerdo al tipo de zona	223

ÍNDICE DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 2.1.	Flujograma secuencial para el monitoreo	49
Figura 3.1.	Resultados de medición en ambiente de trabajo	58
Figura 3.2.	Porcentaje de equipos vitales, importantes y normales	60
Figura 3.3.	Estimación del riesgo en el área de fabricación	63
Figura 3.4.	Resultados gráficos de la medición en puesto de trabajo	77
Figura 3.5.	Cumplimiento legal en ambientes y puesto de trabajo	80
Figura 3.6.	Tiempo máximo de exposición a ruido	83
Figura 3.7.	Medición de ruido de forma individual a cada motor eléctrico	85
Figura 3.8.	Comparación de materiales acústicos	89
Figura 3.9.	Representación gráfica de la audiometría	92
Figura 3.10.	Porcentaje de afectación a la audición	93
Figura 3.11.	Porcentaje general de afectación a la audición	94
Figura 3.12.	Medición de ruido de forma individual cada equipo	96
Figura 3.13.	Caja de engranajes del torno 2	100
Figura 3.14.	Lubricación adecuada dentro de caja de engranajes torno 2	100
Figura 3.15.	Rodamientos en mal estado del torno 3	104
Figura 3.16.	Engranajes en mal estado del torno 1	105
Figura 3.17.	Boquilla para reducir el nivel sonoro	107
Figura 3.18.	Paredes internas de la cavidad del motor eléctrico	111
Figura 3.19.	Torno control numérico computarizado (CNC)	112
Figura 3.20.	Torno convencional sin protección acústica	113
Figura 3.21.	Torno convencional con protección acústica	114

Figura 3.22.	Curvas de absorción y aislación sonora	114
Figura 3.23.	Material acústico composite liso	115
Figura 3.24.	Diseño pantalla acústica y paneles acústicos colgados	117
Figura 3.25.	Baffles acústicos fonac	118
Figura 3.26.	Curva de atenuación sonora del material bafles	118
Figura 3.27.	Material acústico composite conformado	121
Figura 3.28.	Curva de atenuación sonora del composite conformado	121
Figura 3.29.	Gestión técnica con índices de control técnico	126
Figura 3.30.	Comparación entre costos y eficiencia en el índice de reducción	128
Figura AII.1.	Ubicación geográfica de la empresa	166
Figura AII.2.	Organigrama de la empresa	169
Figura AII.3.	Flujograma de procesos productivos de la empresa	173
Figura AII.4.	Esquema gráfico de la empresa	174
Figura AIII.1.	Sonómetro integrador registrador sobre trípode	181
Figura AIII.2.	Sonómetro integrador registrador	181
Figura AIII.3.	Sonómetro integrador registrador y analizador frecuencia sobre trípode	183
Figura AIII.4.	Sonómetro integrador registrador y analizador frecuencia	183
Figura AIII.5.	Calibrador externo de campo	184
Figura AIII.6.	Pantalla antiviento sonómetro integrador registrador y analizador de frecuencia	185
Figura AIII.7.	Pantalla antiviento sonómetro integrador registrador	186
Figura AIII.8.	Trípode sonómetro integrador y analizador frecuencia	187
Figura AIII.9.	Trípode sonómetro integrador y analizador frecuencia	187
Figura AIV.1.	Certificado de calibración del calibrador externo marca Extech con serie Z208368	188

Figura AIV.2.	Resultados técnicos dentro del Certificado de calibración del calibrador externo marca Extech con serie Z208368	189
Figura AIV.3.	Certificado de calibración del calibrador externo de marca Larson Davis CAL200 de serie 8852 del fabricante PCB Piezotronies, Inc	190
Figura AIV.4.	Resultados técnicos dentro del calibrador externo de marca Larson Davis CAL200 de serie 8852 del fabricante PCB Piezotronies, Inc	191
Figura AIV.5.	Resultados del nivel de presión sonora versus la temperatura	192
Figura AIV.6.	Ampliación de Resultados del nivel de presión sonora versus la temperatura relativa del 50% del calibrador externo Larson Davis CAL 200	193
Figura AIV.7.	Certificado de calidad del calibrador externo Larson Davis CAL 200	194
Figura AIV.8.	Normas de cumplimiento del calibrador externo Larson Davis CAL 200	195
Figura AIV.9.	Especificaciones técnicas del calibrador externo Larson Davis CAL 200	196
Figura AIV.10.	Especificaciones técnicas del calibrador externo Larson Davis CAL 200	197
Figura AIV.11.	Certificado de calibración sonómetro Extech Cad. 2012	198
Figura AIV.12.	Certificado de calibración sonómetro Extech Cad. 2011	199
Figura AIV.13.	Certificado de calibración sonómetro Extech Cad. 2011	200
Figura AIV.14.	Certificado de calibración sonómetro Extech Cad. 2012	201
Figura AIV.15.	Certificado de calibración sonómetro NTi Audio XL2	202
Figura AIV.16.	Certificado de calibración sonómetro NTi Audio XL2	203
Figura AIV.17.	Certificado de calibración sonómetro NTi Audio XL2	204
Figura AIV.18.	Factura de compra del sonómetro NTi Audio XL2	205
Figura AVII.1.	Resultado audiométrico practicado trabajador 27 años	226
Figura AVII.2.	Resultado audiométrico practicado trabajador 38 años	227

Figura AVII.3.	Resultado audiométrico practicado trabajador 38 años	228
Figura AVII.4.	Resultado audiométrico practicado trabajador 38 años	229
Figura AVIII.1.	Ficha técnicas fonoabsorbentes para control ruido ambiental	230
Figura AVIII.2.	Curva atenuación sonora fonoabsorbente para control ruido ambiental	231
Figura AVIII.3.	Ficha técnica fonoabsorbentes con cuñas anecoicas	232
Figura AVIII.4.	Curva atenuación sonora fonoabsorbente con cuñas anecoicas	233
Figura AVIII.5.	Placas doble función aislación y absorción	234
Figura AVIII.6.	Curvas de atenuación sonora del material, Placas doble función aislación y absorción	235
Figura AVIII.7.	Ficha técnica aislante acústico multipropósito	236
Figura AVIII.8.	Curvas de atenuación sonora del material, acústico multipropósito	237
Figura AVIII.9.	Ficha técnica placas doble función aislación y absorción	238
Figura AVIII.10.	Curvas de absorción y aislación de las placas doble función aislación y absorción sonora	239
Figura AVIII.11.	Ficha técnica aislamiento acústico multipropósito	240
Figura AVIII.12.	Curvas atenuación sonora aislamiento acústico multipropósito	241
Figura AIX.1.	Copia de factura de compra de rodamientos torno 1	242
Figura AIX.2.	Copia de factura de compra de rodamientos torno 2	243
Figura AIX.3.	Copia de factura de compra de rodamientos torno 3	244
Figura AIX.4.	Copia de factura de compra de rodamientos torno 3	245
Figura AIX.5.	Copia de factura de compra de rodamientos torno 4	246
Figura AIX.6.	Copia de factura de compra de rodamientos torno 5	247

ÍNDICE DE ECUACIONES

		PÁGINA
Ecuación 1.1.	Decibelios	6
Ecuación 1.2.	Intensidad sonora	10
Ecuación 1.3.	Nivel de intensidad sonora	10
Ecuación 1.4.	Potencia acústica	11
Ecuación 1.5.	Suma logarítmica de niveles sonoros	13
Ecuación 1.6.	Diferencia logarítmica de niveles sonoros	14
Ecuación 1.7.	Tiempo de exposición máxima	14
Ecuación 1.8.	Reducción del nivel de presión sonora por absorción	29
Ecuación 1.9.	Coeficiente de absorción acústica	33
Ecuación 1.10.	Absorción para la frecuencia	34
Ecuación 1.11.	Absorción media	34
Ecuación 1.12.	Área de absorción acústica equivalente	35
Ecuación AI.1.	Media aritmética de la duración de la tarea	145
Ecuación AI.2.	Duración efectiva de la jornada laboral	146
Ecuación AI.3.	Nivel Presión contínuo equivalente ponderado A para un período T	148
Ecuación AI.4.	Nivel de exposición al ruido ponderado A de la tarea m que contribuye al nivel exposición diario al ruido	148
Ecuación AI.5.	Nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado a una jornada laboral de 8 horas	149
Ecuación AI.6.	Nivel de exposición al ruido ponderado A a partir de Contribución al ruido de cada uno de las tareas	149
Ecuación AI.7.	Nivel de exposición al ruido ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral	151

Ecuación AI.8.	Nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado A una jornada laboral de 8h de trabajadores de un Grupo homogéneo	152
Ecuación AI.9.	Nivel Presión contínuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral de la media energética de tres mediciones	155
Ecuación AI.10.	Nivel de exposición al ruido ponderado A normalizado a una jornada laboral de 8 horas, estrategia jornada Completa	155
Ecuación AV.1.	Incertidumbre estándar	207
Ecuación AV.2.	Media aritmética de N mediciones	207
Ecuación AV.3.	Incertidumbre estándar combinada	210
Ecuación AV.4.	Incertidumbre expandida	210
Ecuación AVI.1.	Dosis de ruido diario	219

ÍNDICE DE ANEXOS

PÁGINA

ANEXO I
Norma Técnica Peruana. NTP-ISO 9612:2010. Acústica. Determinación de la exposición al ruido laboral. Método de ingeniería 139

ANEXO II
Caracterización industrial de la empresa 165

ANEXO III
Descripción de los equipos y accesorios de medición 175

ANEXO IV
Certificados de calibración de los equipos de medición 188

ANEXO V
Cálculo de la incertidumbre 207

ANEXO VI
Descripción del marco legal 211

ANEXO VII
Resultados de audiometrías 226

ANEXO VIII
Fichas técnicas del material acústico 230

ANEXO IX
Copias de facturas de la empresa ESP Completion Technologies S.A., con respecto a la compra de engranajes para mantenimiento de equipos 242

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue gestionar de forma técnica la reducción de ruido en la sección tornos dentro del área de fabricación de la empresa “ESP Completion Technologies S.A.”, en cumplimiento al marco legal que rige en el Ecuador.

Se utilizó la norma internacional “ISO 9612:2010” (Acústica. Determinación de la exposición al ruido laboral. Método de ingeniería.), para determinar el riesgo de exposición a ruido de los trabajadores expuestos. En todas las mediciones para asegurar resultados confiables se utilizaran sonómetros calibrados y certificados. Inicialmente se monitoreó las tres áreas principales de la empresa (Calidad, Corte Soldadura y Fabricación). Se determinó que el área de mayor exposición a ruido fue el área de Fabricación (107,7 dBA, a 10 horas). Se realizó un análisis VIN (vital importante normal) y una evaluación de riesgos en el área de Fabricación. Se determinó que el área vital y de mayor riesgo dentro del área de fabricación es la sección tornos. En la sección tornos se desarrolló todas las posibles soluciones técnicas y/o administrativas con la finalidad de minimizar o reducir los riesgos a la salud del personal expuesto y cumplir con el límite máximo de exposición a ruido (85 dBA, a 8 horas). Posteriormente se realizó un monitoreo en los puestos de trabajo en la sección tornos. Con base en los resultados obtenidos se determinó que todos los trabajadores están expuestos a ruido por encima del límite permisible. Los resultados de las audiometrías reflejan que el 57,2% de los trabajadores tienen problemas en su audición. Finalmente se analizaron las bandas de octava de cada fuente emisora de ruido (torno) para seleccionar el material acústico o aislante más apropiado de atenuación.

Se documentaron todas las mediciones iniciales y finales de las diferentes gestiones técnicas y/o administrativas implementadas. Se utilizaron índices de control técnico y económico para evaluar la eficacia en el índice de reducción de ruido de cada gestión técnica.

Se concluyó que la gestión técnica implementada para la reducción de ruido en el área de estudio, permitió cumplir con la legislación vigente de exposición a ruido y sobre todo minimizando los riesgos a la salud de los trabajadores expuestos.

INTRODUCCIÓN

Hace más de un siglo se conoce que el ruido de las industrias puede afectar la audición o causar pérdidas auditivas (Berland, 1973, p. 33; Henao, 2011, p. 30). El ruido industrial es el factor físico de mayor incidencia comprobada de daño auditivo (Behar y Giménez, 2011, p. 187).

A partir de la revolución industrial de 1 750 se reemplazó los trabajos manuales por trabajos mecanizados por máquinas y herramientas en los procesos productivos generando exposición a ruido a los trabajadores (Carpio, 2001, p. 1). En la actualidad, muchas de las empresas, para evitar los efectos nocivos de la exposición a ruido, entregan únicamente la protección personal, sin realizar una gestión técnica para reducir la exposición a ruido hasta alcanzar el límite máximo permisible (Henao, 2011, p. 2). Dentro de la industria, la sordera producida por el ruido es un importante peligro para la salud (Berland, 1973, p. 23). La audición de las personas de todas las edades se ve afectada por el ruido que contamina nuestro ambiente (Berland, 1973, p. 15). En la actualidad, una de las enfermedades laborales más frecuentes, es la sordera profesional o presbiacusia la misma que se produce por la exposición continúa a ruidos por encima de los límites máximos establecidos (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 23).

La actividad principal y la de mayor producción dentro del área de fabricación de la empresa ESP Completion Technologies S.A., es el torneado o mecanizado de piezas metálicas por desprendimiento de viruta, que es una actividad que requiere precisión por parte del operador, esta actividad puede verse afectada por la exposición a ruido, ya que disminuye la capacidad intelectual, motriz, fatiga mental, pérdida de eficacia, aumento de la ansiedad, agresividad, aumento de la irritación, distracción, inquietud, alteraciones de la personalidad, malestar o molestia, modificación de los colores percibidos, alteraciones en la visión nocturna, dilatación de pupilas, alteraciones en el aparato digestivo, aumento de accidentes y pérdida de rendimiento pudiendo incrementar de esta manera los errores humanos (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 25-26).

Por lo que el presente trabajo es de suma importancia ejecutarlo, ya que desde cualquier punto de vista, la exposición a ruido afecta tanto a la salud y seguridad del trabajador.

La empresa ESP Completion Technologies S. A., preocupada por la salud y seguridad de los trabajadores y de la situación actual en cuanto a los niveles de emisión de ruido que sobrepasan la dosis promedio equivalente de 85 dBA durante 8 horas de exposición (República del Ecuador, 1986, p. 27), por lo que apoyan la realización del presente trabajo, con la finalidad de evaluar la exposición actual a ruido y de esta manera establecer e implementar medidas técnicas y administrativas en la sección tornos del área de fabricación, que permitan cumplir con el límite máximo permisible, y no solo para el cumplimiento de la legislación ecuatoriana, sino por el compromiso y responsabilidad en el ámbito de la prevención de la seguridad y salud ocupacional.

1. TEORÍA SOBRE EL RUIDO

Los factores de riesgo físico son factores ambientales de naturaleza física o formas de energía presentes en el ambiente, los mismos que pueden generar efectos desfavorables para la salud y eficiencia del individuo (Creus y Mangosio, 2011, p. 135).

Dentro de los agentes físicos, con más transcendencia, es el ruido. El aumento de tecnologías mecanizadas en reemplazo de trabajos manuales, la aparición de nuevas tecnologías, máquinas más rápidas, aumento en el ritmo de producción, lo que ha generado ambientes más ruidosos, mayor demanda en el tiempo de reacción menores o inmediatas en el ser humano y con riesgos permanentes para la salud de los trabajadores (Falagán, 2005, p. 581).

En todas las edades se ve afectado la audición por la exposición a ruido que contamina el ambiente y causa una creciente pérdida de la capacidad auditiva del hombre y si no se realiza ninguna gestión técnica puede generarse una pérdida de la audición (Berland, 1973, p. 15 y 18).

En la actualidad, las empresas por falta de conocimiento o por percepción errónea en cuanto a los riesgos por exposición a ruido y para evitar los efectos nocivos de la exposición a ruido, es básicamente la entrega de protección auditiva individual al trabajador sin ningún criterio técnico profesional, ya que esto lo realizan sin efectuar una selección adecuada de los mismos, sin realizar una evaluación técnica por un especialista o peor aún el de aplicar medidas técnicas de control en la fuente (Henao, 2011, p. 2).

La exposición a ruido puede generar daños temporales o permanentes al oído, es por eso la importancia del estudio del ruido y sus efectos en la salud ocupacional de los trabajadores expuestos a ruido (Behar y Giménez, 2011, p. 105).

La conservación auditiva se destaca de forma significativa, por la importancia de las relaciones sociales como la comunicación, actividades sociales, actividades de

distracción, relaciones informáticas, ejecutar órdenes recibidas y realizar el trabajo adecuadamente (Grupo internacional de expertos de la OMS y el PNUMA, 1993, p. 9).

La exposición a ruido afecta las emociones, irrita los nervios inclusive a conductas de diferentes maneras como la interrupción del sueño, interferencias en nuestra comunicación o provocación de miedo (Berland, 1973, p. 34).

El oído humano al pasar los años, sufre un deterioro en su capacidad denominado presbiacusia y se deteriora más aún si el trabajador estuvo expuesto a ruidos por encima de los límites permisibles (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 24).

A continuación, se detalla la teoría fundamental del sonido:

➢ SONIDO

El sonido es un fenómeno físico que se propaga o viaja comúnmente a través del aire o de un medio físico (sólido, líquido o gaseoso) por variaciones de presión que desprenden energía y el receptor recibe esta energía vibratoria al oído transmitido por el cuerpo productor de sonido siempre que éste vibre para que se produzca movimientos en las moléculas de aire y perturbaciones a manera de ondas (Henao, 2011, p. 5-21).

También el sonido es generado por las fluctuaciones rápidas de la presión del aire y percibida a manera de sensación auditiva que llega al oído humano a manera de ondas. El sonido puede variar en intensidad, frecuencia y dirección (Consejo Interamericano de Seguridad, 1993, p. 4).

La unidad de medida del sonido, es la presión, que en el Sistema internacional se expresa en Pascal $1Pa = 1N/m^2 = J/m^3 = Kg/m.s^2$ (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 11).

➢ RUIDO

Todo sonido que es indeseable o molesto, se considera ruido, el mismo que puede afectar el bienestar o la salud de los trabajadores (Henao, 2011, p. 5).

Subjetivamente el sonido puede convertirse en un sonido desagradable (ruido) para unas personas y el mismo sonido puede ser agradable para otras personas. Objetivamente el sonido es una mezcla compleja de sonidos o ruidos con diferentes frecuencias (Falagán, 2005, p. 581-582).

➢ PRODUCCIÓN Y TRANSMISIÓN DEL SONIDO

Todo cuerpo vibratorio siempre será un cuerpo productor de sonido, los mismos que pueden originarse en cuerpos materiales sean estos sólidos, líquidos o gaseosos, cuando el sonido genera energía por movimientos vibratorios, los mismos que deben estar en contacto con un medio capaz de transmitir energía vibratoria al oído y a otros cuerpos para que dicho sonido pueda ser transmitido y receptado en el oído (Henao, 2011, p. 5-6).

➢ DURACIÓN DEL SONIDO

El sonido desaparece rápidamente en el tiempo cuando cesa la causa que lo produce, todo lo contrario a los efectos del sonido (Falagán, 2005, p. 583).

➢ RANGOS DE FRECUENCIA

La unidad de frecuencia es el Herz (Hz) o ciclo por segundo y la unidad de tiempo es el segundo (Harris, 1977, p. 38).

La frecuencia de un sonido o ruido u onda sonora, representa el número de vibraciones o el número de variaciones de presión de la onda por el lapso de tiempo de un segundo o el número de oscilaciones de la onda por unidad de tiempo (Consejo Interamericano de Seguridad, 1993, p. 4).

El rango de audición o gama de frecuencias audibles para el ser humano (jóvenes adultos) oscila entre 20 Hz a 20 000 Hz (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 10).

El oído humano normal, es sensible a las frecuencias comprendidas entre 1 000 a 5 000 Hz. El rango de conversación oscila entre 300 y 3 000 Hz. (Henao, 2011, p. 12)

Los diferentes rangos de frecuencia de manera resumida para un mayor entendimiento, se muestran en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Rango de frecuencias

Nombre del Rango	Rango de Frecuencia (Hz)	Observaciones
Infrasonido	1 Hz a 10 Hz (< a 20 Hz)	Sonido inaudible al ser humano
Región audible	20 Hz a 20 000 Hz	Región audible al ser humano
Conversación humana	300 Hz y 3 000 Hz	Conversación normal del ser humano
Frecuencias sensibles al oído humano	1 000 Hz a 5 000 Hz	El oído humano normal, es sensible a las frecuencias comprendidas
Ultrasonido	> a 20 000 Hz	Sonido inaudible al ser humano

(Consejo Interamericano de Seguridad, 1993, p. 4; Henao, 2011, p. 12; Ochoa y Bolaños, 1990, p. 10-11)

➢ ANÁLISIS EN FRECUENCIAS

Para decidir las medidas de reducción de ruido, es necesario no solo conocer el nivel de presión acústica, sino también como esta energía se distribuye en cada uno de los diferentes rangos de frecuencia que está compuesto el ruido (Falagán,

2005, p. 591). Para fácil entendimiento, es común dividir los límites de frecuencia en tramos o bandas de octava (Consejo Interamericano de Seguridad, 1993, p. 8).

Dependiendo de la aplicación y resolución deseada para el análisis en frecuencia del sonido o ruido, se aplica octava o tercio de octava. La banda de octava por ejemplo se utiliza para el ruido de máquinas o sistemas de ventilación y el tercio de octava se utiliza para el ruido de aviones (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 44).

Generalmente las diferentes frecuencias auditivas se representan en bandas de 1 octava, en donde cada banda específica se representa por su frecuencia de centro, las mismas que cubren la mayoría de la gama de las frecuencias audibles (Falagán, 2005, p. 592; Ochoa y Bolaños, 1990, p. 47).

Una banda de octava está conformada por un conjunto de frecuencias, las mismas que tienen una frecuencia superior y otra frecuencia inferior. La frecuencia más alta en una banda de octava es el doble de la frecuencia más baja, como lo muestran los datos presentados en la Tabla 1.2 (Behar y Giménez, 2011, p. 80).

Tabla 1.2. Bandas de octava

Frecuencias inferiores (Hz.)									
22	44	88	176	353	707	1 414	2 828	5 656	11 313
Frecuencias centrales (Hz.)									
31,5	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
Frecuencias superiores (Hz.)									
44	88	176	353	707	1 414	2 828	5 656	11 313	22 627

(Falagán, 2005, p. 592)

El tercio de octava, se divide la banda en 3 fracciones, en donde la frecuencia más alta es 1,26 la frecuencia más baja. Estas fracciones se detallan a continuación: 25, 31.5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1 000, 1 250, 1 600, 2 000, 2 500, 3 150, 4 000, 5 000, 6 300, 8 000, 10 000, 12 500, 16 000 y 20 000 Hz (Behar y Giménez, 2011, p. 80).

Frecuencias inferiores a 20 Hz, son considerados infrasonidos y las frecuencias superiores a 20 000 Hz son considerados ultrasonidos. Tanto los infrasonidos y ultrasonidos son sonidos que no pueden ser percibido por el oído humano (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 10).

En cualquier tipo de sonido o ruido, el nivel total de presión acústica es la suma logarítmica o la integración de todos los niveles de las diferentes bandas de frecuencia. Para el ser humano, las altas frecuencias son más irritantes o molestas comparadas con las frecuencias bajas (Falagán, 2005, p. 593 y 596).

➢ DECIBELIO

El decibelio es la unidad en la cual se miden los niveles de sonido (Consejo Interamericano de Seguridad, 1993, p. 6).

Como unidad adimensional (no medida absoluta), se utiliza al Belio y por razones prácticas se emplea la décima parte (1 B = 10 dB), por lo que se denomina decibelio, como una unidad adimensional relacionada con el logaritmo de una cantidad medida y de otra que se toma como referencia (Falagán, 2005, p. 586).

Para calcular el decibelio, se debe considerar la cantidad de 10 multiplicado por la base logaritmo 10 y por la cantidad medida dividido para la cantidad de referencia, como lo muestra la ecuación 1.1 (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 11).

$$\text{Decibelios} = 10 \log \frac{R}{Ro} \qquad [1.1]$$

Donde:
R = Nivel de exposición a ruido que se está midiendo
Ro = Nivel de referencia 20 μPa (20^{-6} Pa)

El rango de audición del ser humano oscila entre 20 µPa (20^{-6} Pa) y 100 Pa, dando una diferencia de 1 millón a 1, por lo cual esta escala lineal no es viable, ya que el margen es muy amplio de valores de presión (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 11-12).

Las escalas logarítmicas al ser más viables comparado con las escales lineales se utilizan estas escalas debido a que el oído humano tiene una respuesta al sonido similar a la escala logarítmica, ya que la sensación que percibe el oído humano es proporcional al logaritmo de la excitación recibida (Behar y Giménez, 2011, p. 73-74).

La escala lineal de la presión acústica en µPa, no es viable comparada con la escala logarítmica de la presión acústica en decibelio (dBA), ya que la diferencia es de 1 millón a 1, como lo muestran los datos presentados en la Tabla 1.3 (Falagán, 2005, p. 586).

Tabla 1.3. Presión acústica y Nivel de Presión Acústica

Presión Acústica o Presión de Sonido (µPa)	Presión Acústica o Presión de Sonido (Pa)	Nivel de Presión Acústica (dBA)	Fuente
2×10^8	100	140	Ruido intolerable
2×10^7	10	120	Doloroso, despegue de un cohete
2×10^6	1	100	Muy ruidoso, despegue de un avión
2×10^5	0,1	80	Ruidoso, dentro de un vehículo
2×10^4	0,01	60	Ruido moderado, oficina general
2×10^3	0,001	40	Ruido bajo, fuera de la ciudad
2×10^2	0,0001	20	Zona silenciosa
2×10^1	0,00002	0	Umbral de la audición

(Falagán, 2005, p. 586; Ochoa y Bolaños, 1990, p. 12)

La escala logarítmica, se utiliza principalmente por las siguientes razones: El rango de presiones acústicas presentados en la Tabla 1.3 tiene un rango mínimo de 20 µPa y el rango máximo es de 2×10^8 µPa, siendo este valor un millón de veces

mayor a la presión mínima que puede percibir el oído humano y también esta escala continúa más de cerca la respuesta del oído humano y también el oído humano no responde al sonido de manera lineal sino logarítmica ya que la sensación que percibe el oído humano es proporcional al logaritmo de la excitación percibida (Henao, 2011, p. 14).

➢ ESCALA DE PONDERACIÓN

Para que las diferentes mediciones sean representativas y se asemejen más aún a la respuesta al oído humano, se han desarrollado escalas de ponderación A, B, C, D (Falagán, 2005, p. 593 y 596).

Las escaladas de ponderación describen las características físicas del estímulo acústico o una medida más complicada basada en la variación estadística del ruido (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 27).

Universalmente, la escala de ponderación A, es la más aceptada, la misma que mide el nivel global de ruido, luego de haber sido ponderado y esta escala es la única que logra un reconocimiento casi similar a lo que percibiría el oído humano para lo cual existen diferentes equipos de medición, se implementan filtros que originan una ponderación de reducción o aumento de la medida de cada frecuencia (Falagán, 2005, p. 593-594, 596).

En la actualidad, las mediciones de ruido con prioridad a los efectos sobre el ser humano, se realizan internacionalmente en la escala de ponderación A, ya está relacionada con el riesgo de daño auditivo que sufren las personas expuestas a ruidos altos durante periodos extensos, sensación de molestia y la interferencia al diálogo generada por determinados ruidos (Behar y Giménez, 2011, p. 74; Henao, 2011, p. 36).

Las escalas de ponderación, B, C, D, no suelen utilizarse en higiene industrial,

inclusive la escala de ponderación B, está en desuso (Behar y Giménez, 2011, p. 30; Falagán, 2005, p. 593).
Dentro de los estudios de higiene industrial, se mencionará el nivel global de ruido ponderado, representado como dBA (Falagán, 2005, p. 594).

➢ MAGNITUDES ACÚSTICAS

Dentro del campo acústico existen las siguientes magnitudes acústicas, que ha detallan a continuación (Behar y Giménez, 2011, p. 48).

✓ PRESIÓN SONORA

Esta magnitud acústica es la más fácil de medir y permite escuchar un sonido o ruido a mayor o menor distancia, es decir indica la cantidad de energía que transporta el sonido para su propagación y determina la amplitud de la onda, mientras exista mayor presión sonora, el sonido o ruido será más intenso y si existe menor presión, el sonido será menos intenso (Henao, 2011, p. 13).

La presión sonora depende de la fuente de ruido y del ambiente. También depende de la distancia y ubicación del receptor y del ambiente que lo rodea. Para mayor comprensión, se detalle el siguiente ejemplo, al tener juntas dos fuentes emisoras de ruido con la misma intensidad sonora, éstas no generan el doble de sensación que una sola fuente (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 11-13).

La propagación de una onda sonora produce variaciones de presión muy pequeñas comparadas con la presión atmosférica. La presión audible mínima es de 20 μPa y la presión atmosférica es de 10^5 Pa (Falagán, 2005, p. 586).

- ✓ **INTENSIDAD SONORA**

La intensidad sonora o flujo de energía, está representada por un vector que posee dirección y flujo neto de energía acústica (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 14).
Es la cantidad de energía, que atraviesa una unidad de superficie de forma perpendicular a la dirección de propagación de las ondas sonoras, en la unidad de tiempo, se expresa en W/m^2, como lo muestra en la ecuación 1.2 (Falagán, 2005, p. 585).

$$I = \frac{p^2}{\rho v} \qquad [1.2]$$

Donde:
I = Intensidad sonora, en W/m^2
p^2 = es el valor eficaz de la presión sonora
$\boldsymbol{\rho}$ = es la densidad del medio
v = es la velocidad del sonido en el medio

También se utiliza el término nivel de intensidad acústica, del logaritmo base 10 de la diferencia entre la intensidad sonora y la de referencia, como lo muestra en la ecuación 1.3 (Falagán, 2005, p. 585).

$$L_I = 10 \log \frac{I}{Io} \qquad [1.3]$$

Donde:

L_I = Nivel de intensidad acústica
I = Intensidad sonora
Io = Intensidad sonora de referencia es de 10^{-2} W/m^2 (umbral auditivo)

Es la característica del sonido que nos ayuda a diferenciar si el sonido es débil o fuerte. Mientras más intenso sea el sonido, existirá mayor comprensión y dilatación de las capas de aire. El umbral auditivo es de 10^{-12} W / m^2 y el umbral doloroso es

de 25 W / m^2. Mientras más nos alejamos de una fuente sonora, la intensidad sonora disminuye progresivamente, ya que tiene que cubrir una mayor superficie y la intensidad será diferente de un sitio a otro (Falagán, 2005, p. 585).

- ✓ **POTENCIA ACÚSTICA**

Es un parámetro de la fuente de ruido y no depende de nada más. Es la cantidad de energía acústica emitida por una fuente sonora en la unidad de tiempo. Se expresa en vatios o watios (W). La potencia acústica es única de cada fuente sonora, es decir es una magnitud propia de la máquina y no depende del ambiente que lo rodea. Mientras mayor es la potencia acústica mayor será el ruido. Independientemente de cómo y dónde esté situada la fuente sonora, la potencia acústica, es una característica propia de cada fuente sonora. La gestión primaria es a la fuente sonora con mayor potencia acústica ya que prevalece ante las otras fuentes de menor potencia acústica (Ochoa y Bolaños, 1990, p .12-14).

La potencia acústica es la unidad eficaz para valorar la magnitud del problema acústico y de esta forma se puede comparar diversas fuentes sonoras en cuanto a su agresividad acústica, para lo cual se utiliza el nivel de potencia acústica ponderado A de una fuente sonora, la misma que se expresa en dBA y puede calcularse a partir de la medición con el equipo correspondiente en dBA (Falagán, 2005, p. 585).

Al ser muy amplio el margen de variación de la potencia acústica por lo que se utiliza comúnmente el nivel de potencia acústica Lw, como lo muestra en la ecuación 1.4 (Falagán, 2005, p. 585).

$$Lw = 10 \log \frac{\mathbf{W}}{\mathbf{Wo}} \qquad [1.4]$$

Donde:

Lw = Nivel de potencia acústica en decibelios (dB)
Wo = Potencia acústica de referencia (10^{-12} W)

En una fuente sonora, el nivel de potencia acústica ponderado A (Lw_A), se expresa en decibelios A (dBA), la misma que puede medirse directamente con el equipo de medición el nivel de presión acústica en dBA ya que es muy eficaz para valorar la magnitud del problema de la exposición a ruido y también para comparar diversas fuentes sonoras con respecto a la agresividad acústica (Falagán, 2005, p. 585).

Las magnitudes acústicas detalladas anteriormente, pueden generar confusión, al ser términos similares para lo cual, se elaboró un cuadro resumen comparativo, como lo muestra los datos presentados en la Tabla 1.4.

Tabla 1.4. Magnitudes acústicas

MAGNITUDES ACÚSTICAS	CARACTERÍSTICA	DEPENDENCIA
Presión sonora	indica la cantidad de energía que transporta el sonido para su propagación y determina la amplitud de la onda	Depende de la fuente de ruido y del ambiente
Intensidad sonora	Nos ayuda a diferenciar si el sonido es débil o fuerte	Mientras más nos alejamos de la fuente sonora, existirá menor intensidad sonora
Potencia acústica	Es propia a cada fuente sonora	No depende del ambiente que lo rodea

(Falagán, 2005, p. 585).

➢ CLASES DE RUIDO

En el ámbito de higiene industrial, existen las siguientes clases de ruido:

- ✓ **Ruido estable**

Se considera un ruido estable, cuando en un punto, el nivel de presión acústica ponderada A (LpA), se mantiene constante en el tiempo siempre y cuando la diferencia entre el valor máximo y mínimo de LpA sea inferior a 5 dBA (INSHT, 2006 d, p. 1).

- ✓ **Ruido variable o fluctuante**

Es considerado cuando el nivel de presión acústica, supera los 5 dBA en el tiempo. Este tipo de ruido puede estar conformado por varios ruidos estables (Falagán, 2005, p. 587).

- ✓ **Ruido de impacto o de impulso**

El nivel de presión acústica se manifiesta con elevaciones bruscas de corta duración y se produce en intervalos regulares o irregulares con tiempo entre pico y pico que sean iguales o superiores a un segundo (Henao, 2007, p. 21).

➢ SUMA DE NIVELES SONOROS

La escala en decibelios varía de forma logarítmica, por lo que no es posible sumar cantidades logarítmicas en forma algebraica los niveles de ruido, para tal finalidad se emplea la siguiente ecuación (Behar y Giménez, 2011, p. 69-70):

$$Nivel\ \ sonoro\ \ total = 10\log\sum_{i=1}^{n} 10^{0.1\,(dB_i)} \qquad [1.5]$$

Donde:

dBi = Es el nivel sonoro medido.

➢ DIFERENCIA DE NIVELES SONOROS

La escala en decibelios varía de forma logarítmica, por lo que no es posible restar aritméticamente para tal finalidad se emplea la siguiente ecuación (Falagán, 2005, p. 591).

$$Nivel\ 1 - Nivel\ 2 = 10\log(10^{0,1L_1} - 10^{0,1L_2}) \quad [1.6]$$

Donde:

Nivel 1 – Nivel 2 = Es la diferencia para calcular la resta de decibeles.
L1 = Nivel de ruido de la fuente sonora 1
L2 = Nivel de ruido de la fuente sonora 2

➢ TIEMPO DE EXPOSICIÓN MÁXIMA

Para determinar el tiempo máximo que debe estar expuesto a ruido el trabajador para no afectar en su audición, se deberá emplear la siguiente ecuación 1.7 (Henao, 2011, p. 42).

$$Ti = \frac{8}{2^{(Leq-85)/5}} \quad [1.7]$$

Donde:

Ti = Tiempo máximo de exposición a ruido en horas
Leq = Es el nivel de ruido equivalente medido.

La ecuación 1.7 también es utilizada en el Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, artículo 55 que rige en el Ecuador.

1.1 METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DE RUIDO

Existen varias propuestas de evaluación de ruido de diferentes autores, como lo muestran los datos presentados en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5. Propuestas de evaluación de ruido

AUTOR	LIMITACIONES	OBSERVACIONES
Manuel Jesús Falagán Rojo	Solo método básico de medición de ruido	Es un método muy básico de estudio
Fernando Henao Robledo y Ochoa J. y Bolaños F.	Solo método básico de medición de ruido	Es un método muy básico de estudio
Cyril M. Harris	Solo método básico de medición de ruido	Es un método muy básico de estudio y antiguo (1977)
Guía Técnica del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)	Ninguna, reconocido a nivel de España e internacionalmente	Método completo de evaluación de ruido un poco complejo
Guía Práctica de Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social (FREMAP)	Ninguna, reconocido a nivel de España	Método completo de evaluación de ruido, de fácil entendimiento con ejemplos prácticos
Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria "TULAS"	Método básico y puntual de medición de ruido	Esta legislación está vigente en el Ecuador
NORMA INTERNACIONAL ISO 9612:2010	Ninguna, reconocido internacionalmente	Método muy completo y específico para la evaluación de ruido normalizado por el Organismo de Estandarización Internacional (ISO)

A continuación se presenta un análisis de todas las metodologías de evaluación de ruido presentadas en la Tabla 1.5:

Los tres autores mencionados inicialmente corresponden a autores de libros, los mismos que son considerados métodos básicos y sencillos a manera de estudio y como herramienta de consulta para estudiantes.

Las dos guías mencionadas (FREMAP e INSHT) son muy reconocidas en España, al ser prácticas y basadas en normas internacionales (ISO).

La Guía del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España, es reconocida y acreditada a nivel internacional, por ser una guía muy práctica con todo lo necesario para obtener resultados confiables en las diferentes mediciones de ruido.

La Guía del INSHT, fue creada para facilitar la aplicación del Real decreto 286/2006 de 10 de marzo (BOE nº 60 de 11 de marzo de 2006), sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ruido en España.

La Guía práctica de Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social (FREMAP), es una guía reconocida en España pero no es muy conocida en el resto del mundo.

La Guía de FREMAP, fue creada por una empresa privada de consultoría en seguridad y salud laboral en España por más de 50 años de experiencia, esta guía práctica fue diseñada para el análisis y la gestión del ruido industrial.

Esta Guía FREMAP es muy práctica, de fácil entendimiento y sobre todo tiene ejemplos basados en la norma ISO: 9612:2010, es decir es un proceso integral de gestión del ruido.

Dentro del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), se encuentra el Libro VI, Anexo 5 emitido por el Ministerio del Ambiente del Ecuador en el año 2003, donde se estipulan, los niveles máximos de ruido permisible del

nivel sonoro en dos horarios diurnos (07h00 a 22h00) y nocturnos (22h00 a 07h00) de acuerdo al tipo de zona según el uso del suelo.

Esta metodología de medición de ruido dentro de esta legislación (TULAS) es muy básica que no considera las incertidumbres en las mediciones y como evitarlas o al menos no las especifica como tal, únicamente se documenta el procedimiento básico a seguir para realizar el monitoreo de acuerdo al tipo de ruido.

La misma metodología de las TULAS, también se documentan en las “Normas Técnicas para la aplicación de las Ordenanzas Metropolitanas Sustitutiva del Título V, “de Medio Ambiente”, del libro segundo del Código Municipal, Resolución Nº 0002-SA-2014 emitido por la Dirección Metropolitana Ambiental en el 2008 y 2014 respectivamente.

La norma ISO 9612:2010, corresponde a la norma técnica del Organismo de Estandarización Internacional (ISO) denominada “Acústica. Determinación de la Exposición al Ruido Laboral. Método de Ingeniería”.

Esta metodología estandarizada a nivel internacional, permitirá medir la exposición al ruido de los trabajadores en un ambiente de trabajo, calcular el nivel de exposición al ruido, calcular los niveles ponderados A y C, medir la exposición al ruido con grado de ingeniería, detallar estudios de exposición al ruido, detallar estudios epidemiológicos de daños auditivos u otros efectos adversos, garantizar la calidad en el proceso de medición y el análisis de las condiciones de exposición al ruido, estimación de la incertidumbre de los resultados, estrategias de Medición (medición basada en la tarea, en el trabajo o de una jornada completa) y definir las prioridades para las diferentes medidas de control de ruido (Indecopi, 2010, p. 1).

Esta norma ISO 9612:2010 es la más completa ya que contiene todo lo necesario para realizar un monitoreo de ruido de forma precisa y confiable incluida el procesamiento de la información obtenida en los diferentes monitoreos realizados.

1.2 EFECTOS DEL RUIDO EN LA SALUD

Antes de mencionar los efectos del ruido en la salud, se detalla de forma general el funcionamiento y partes del aparato auditivo del ser humano.

1.3.1 APARATO AUDITIVO

Cuando el equilibrio del aire es perturbado mecánicamente es debido al efecto que produce la energía acústica o sonido desde la fuente sonora, la misma que se propaga en forma de ondas, debido a las diferentes variaciones de presión en el aire. Cuando esta energía acústica o sonido llega al oído y golpea el mismo, el cerebro registra por intermedio de tres componentes que conforman el aparato auditivo (Henao, 2011, p. 21).

Se puede considerar al oído como un transductor el mismo que transforma las presiones acústicas en señales eléctricas, las mismas que transmiten a través de los nervios directamente al cerebro. El aparato auditivo, está conformado de los siguientes 3 componentes (Behar y Giménez, 2011, p. 88 y 106).

- Oído externo. Parte exterior del oído, el mismo que recoge el sonido y lo transforma en movimiento vibratorio del tímpano.
- Oído medio. Este componente acopla mecánicamente el tímpano con el fluido del oído interno.
- Oído interno. En este componente, se da origen a señales que transmiten al cerebro, por medio del nervio auditivo.

1.3.2 EFECTOS DEL RUIDO EN SEL SER HUMANO

La exposición a ruido, genera efectos en la salud del ser humano especialmente sobre el sistema auditivo y efectos generales que se detallan a continuación los

mismos que dependen de tiempo de exposición, intervalo entre exposiciones, espectro sonoro, nivel sonoro y susceptibilidad individual (Henao, 2011, p. 24-26):

- Deterioro temporal de la audición con recuperación parcial o total al finalizar la exposición a ruido. Por ejemplo si una persona permanece por varios minutos en un ambiente ruidoso, el déficit auditivo es temporal, ya que esto cambiaría en un tiempo después de ausentarse del ambiente ruidoso
- Pérdida permanente e irreversible de la audición, la misma que depende de la duración de la exposición, de la intensidad del ruido y de la distribución de la intensidad mediante el espectro de frecuencias.
- Sordera profesional o trauma acústico prolongado. Enfermedad laboral muy frecuente en la actualidad y se produce en el oído interno. Se genera por la exposición continua a ruidos de elevada intensidad. La exposición a frecuencias altas es más perjudicial que las frecuencias bajas. La susceptibilidad sobre los efectos de la exposición a ruido dependerá de cada individuo, ya que los efectos pueden ser menores en un individuo y mayores en otro debido al factor de la susceptibilidad. Las frecuencias más afectadas son 2 kHz, 4 kHz (mayor incidencia) y 8 kHz (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 23). Aún en esta etapa no se aprecia la voz susurrada, pero se observan pérdidas en frecuencias graves y altas. En esta etapa se genera un problema social para el trabajador, debido a que no se puede seguir la conversación normal.
- Trauma acústico agudo. Se genera por ondas sonoras de elevada presión (explosiones), las mismas que desplazan grandes cantidades de masa de aire que componen la onda de choque. Estas ondas causan un dolor muy intenso, sensación de inestabilidad, pueden dañar los sistemas de transmisión (es posible una cierta recuperación) y recepción (cuando ataca a este sistema es irreparable), debido al desgarro del tímpano (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 22-23).
- Daño de células sensoriales. Si la exposición es continua a ruido intenso, se genera un daño menor o mayor extensión en las células sensoriales del oído interno.
- Destrucción progresiva del oído interno. Las lesiones en la audición se generan inicialmente en las regiones del oído interno que responden a

frecuencias superiores a la voz y la destrucción progresiva del oído interno inicia de manera oculta para las personas expuestas.

- Daños progresivos de la audición. Mientras continúe la exposición a ruido, los daños y las pérdidas aumentan a mayores y se extiende a frecuencia bajo y sobre el rango de lenguaje.
- Tinitus. En ocasiones el oído presenta un sonido de sombra de forma de campanilleo, la misma que se presenta al exponerse el oído en presencia de ambientes ruidosos, persisten todo el tiempo, tiene una tonalidad constante y aguda y genera problemas de insomnio en las personas.

1.3.3 EFECTOS EXTRAAUDITIVOS DEL RUIDO

La exposición a ruido puede afectar la circulación, puede reducir la función de detoxificación (proceso de limpiar el organismo de toxinas) del hígado y debido a esto puede aumentar el riesgo de sustancias cancerígenas que hayan ingresado al organismo, puede afectar a la composición de la sangre, activación de hormonas sistemáticas tal como lo realizan otras formas de stress lo hacen (dolor o vibraciones), puede generar eventualmente hipertensión, aumento en la presión arterial, existen efectos como la activación muscular generalizada como la reacción de alerta, palpitaciones y el aumento de la presión arterial, es debido a sonidos inesperados bajos, disminución en la circulación periférica (disminución en el pulso capilar en los dedos y una elevación de la presión arterial), aumento de la secreción de la adrenalina, incremento del gasto cardíaco conjuntamente con un aumento del azúcar sanguíneo y los niveles de los ácidos grasos libres (Henao, 2011, p. 29-30).

A parte de la pérdida de audición también se generan otros efectos asociados debido a la exposición a ruido, los mismos que son de tipo cardiovascular, hormonal y psíquica. Fundamentalmente el ruido afecta al ser humano en (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 24-26):

- **Comunicación hablada**. El efecto psicológico más relevante del ruido

ocupacional, se encuentra la interferencia con la comunicación hablada (Henao, 2011, p. 30).

- **Sistema nervioso central.** Se caracteriza por electroencefalogramas irregulares, disminuye la capacidad intelectual y motriz incrementando de esta manera los errores en el trabajo que demandan especialmente precisión, trastornos de la consciencia pudiendo llegar a la pérdida de conocimiento y aumento en la tensión vascular cerebral Sistema respiratorio.
- **Sistema digestivo.** La exposición a ruido causa alteraciones en el aparato digestivo que se describe fundamentalmente por la incidencia de úlceras duodenales y mayor acidez.
- **Sistema cardiovascular.** Genera alteraciones del ritmo cardíaco, modificaciones el riesgo coronario y electrocardiograma. Al parecer es transitorio todos los efectos relacionados con el corazón, ya que desaparecen con menor o mayor rapidez cuando la exposición a ruido finaliza. Se ha comprobado que los trabajadores que utilizan protectores auditivos de forma correcta no presentaron aumento en la tensión arterial.
- **Sistema visual.** Los efectos sobre la visión generan disminución en el campo visual, alteraciones en la visión, dilatación de pupilas y modificación de los colores percibidos.
- **Estado de ánimo.** Genera fatiga mental, aumento de la irritación, aumento de la ansiedad y distracción en las personas. Debido al estado de ánimo existen algunos cambios psicológicos que generan malestar, agresividad, inseguridad, inquietud y otras alteraciones en la personalidad.
- **Molestia en el trabajo.** Es el efecto más evidente, ya que la evaluación es muy variable y subjetiva dependiendo de la persona expuesta a ruido. El ruido puede convertirse en molesto e interfiere en el trabajo cotidiano de manera individual. Los efectos de la exposición a ruido varían de acuerdo a la persona, incluso en algunas personas no puede aparecer afectaciones (Henao, 2011, p. 30).
- **Inseguridad en el individuo.** La exposición a ruido disminuye la efectividad en ejecutar un trabajo de precisión, de rapidez o de tipo mental, por lo que aumentan los accidentes, pérdida de rendimiento y disminuye la eficacia.

1.3.4 FACTORES NOCIVOS DEL RUIDO

Los factores nocivos por la exposición a ruido dependen de los siguientes factores (Henao, 2011, p. 30-31):

- Exposición diaria a ruido. Se pueden generar lesiones definitivas de manera progresiva, debido a la exposición a ruido de manera diaria y por varias horas. Los períodos de descanso, de reposo o de silencio, se ha comprobado que es un factor fundamental, ya que durante toda la semana de trabajo se encuentra expuesto el trabajo a ruido, pero cuando descansa la acción traumática del ruido, cesa en los días de descanso y nuevamente que ingresa al trabajo, continúa la sintomatología.
- Exposición general a lo largo de la vida. La sordera se agrava en forma progresiva con la duración de exposición a ruido, durante toda la vida laboral. Mientras más extensa es la exposición a ruido mayor es el riesgo.
- Susceptibilidad individual. No todas las personas tienen las mismas fortaleces del sistema auditivo, ya que influyen en la rapidez de instalación y evolución del déficit auditivo, es por eso que muchas personas tiene problemas auditivos con una exposición igual a la de sus compañeros de trabajo, pero presentan problemas más graves comparados con otras personas que tienen una exposición a ruido mucha más extensa.
- Eficiencia en la aplicación de los métodos de protección auditiva.
- Afectaciones anteriores del oído. Al existir previamente patologías, las personas son más propensas a la aparición de traumas acústicas.
- Nivel de intensidad de ruido. La exposición a ruido por debajo de 80 dBA por largos períodos de exposición, no son peligrosos para la audición; todo lo contrario a exposiciones de 130 dBA con duraciones cortas, pueden causar daños permanentes en la audición, las mismas que deben evitarse en toda circunstancia.
- Tipo de ruido. Los ruidos de impacto, son mucho más nocivos que los ruidos continuos, esto es debido que la variabilidad de los golpes impide la completa eficiencia de la acción del músculo del estribo y del tensor del tímpano.

- Pasatiempos de las personas como hobbies o aficiones.
- Rango de frecuencia. Los tonos graves son menos traumáticos que los tonos agudos, debido a que llega antes al umbral de audición, el mismo que se bloquea generando un efecto protector de la cadena de huesillos. La contracción del músculo del martillo y del estribo, es menos traumático en los tonos agudos comparada con los tonos graves, debido a la impedancia o el impedimento que se da al paso de la vibración sonora.
- Género. Los hombres son mucho más susceptibles comparado con las mujeres.
- Edad. El aparato auditivo joven resiste al ruido comparado con un aparato auditivo de una persona de edad avanzada.

1.3.5 PÉRDIDAS AUDITIVAS POR CAUSAS DIFERENTES

Las pérdidas auditivas, no solo son por la exposición a ruido o de origen profesional, sino también son de origen congénitas o adquiridas. Las causas de la sordera congénita más relevantes, se encuentran las siguientes (Henao, 2011, p. 27):

Pérdida auditiva por causa hereditaria, incluye la otosclerosis, mal formaciones anatómicas y las personas tienen una predisposición a una degeneración precoz del nervio auditivo.

Pérdida auditiva por causas tóxicas, se originan por enfermedades virales principalmente, como la rubeola especialmente si inicia en el primer trimestre del embarazo. En menor grado se encuentra la influenza o parotiditis.
Algunas enfermedades agudas severas es probable se encuentren acompañadas de fiebre alta y lesionan el nervio coclear en el final del período prenatal.

Las causas más importantes de la sordera adquirida son las siguientes (Henao, 2011, p. 27):

- Causas cerebrales. Tales como, fractura del hueso temporal, tumores, meningitis, contusiones o enfermedades circulatorias.
- Enfermedades infecciosas generales. Algunas enfermedades causantes de fiebre alta, sarampión, varicela, sífilis, difteria, fiebre tifoidea y fiebre escarlatiforme.
- Infecciosas del oído. Otitis media y externa y mastoiditis.
- Agentes físicos. Exposición a ruido, obstrucción por cuerpo extraño, tapón de cerumen, traumatismo barométrico, intervención quirúrgica o excesivo crecimiento de tejido en la nasofaringe.
- Agentes tóxicos. Como la nicotina, quinina, aminoglucocidos y salicilatos.
- Misceláneos. Debido a la edad avanzada, generando presbiacusia.

1.3.6 PRESBIACUSIA

La presbiacusia es la sordera que surge con los años por el envejecimiento del oído y es muy diferente a la sordera profesional. Inicia a partir de los 20 o 30 años, avanza lentamente y presenta síntomas de molestia a partir de los 50 años en adelante (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 24).
La presbiacusia, se caracteriza por (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 24):

- Disminución o pérdida de la audición para las frecuencias agudas.
- Dificultad para entender el lenguaje, especialmente en ambientes ruidosos.
- En fase avanzada la presbiacusia se asemeja a la sordera profesional.
- Es aconsejable de disponer de audiometrías de las fases iniciales.
- Solo en la sordera profesional existe una atenuación en la zona de 4 000 Hz. En la presbiacusia, no se da una atenuación en la zona 4 KHz.

1.3.7 AUDIOMETRÍA

Las personas expuestas sobre los límites permisibles durante largos periodos de tiempo pueden iniciar un proceso progresivo de la pérdida de sensibilidad auditiva

la mismas que es irreversible (Behar y Giménez, 2011, p. 108).

Es el estudio que evalúa de forma cualitativamente y cuantitativamente la audición de las personas. El instrumento electroacústica, más utilizado para estas mediciones es el audiómetro (Falagán, 2005, p. 634).

El audiómetro permite elaborar un esquema de conservación y seguimiento de la audición con la finalidad de detectar la fase inicial de la sordera profesional, ya que este equipo emite tonos de frecuencia e intensidad establecida dentro del esquema de todo el margen audible por lo que es muy importante un análisis profundo de postulación de candidatos a puestos de trabajo ruidosos (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 24).

Durante la fase inicial de la sordera profesional, usualmente pasan inadvertidas ciertas personas que la sufren. La pérdida de la audición se concentra en la frecuencia de 4 000 Hz, quedando fuera el rango conversacional (250 a 2 000 Hz) (Ochoa y Bolaños, 1990, p. 24).

1.3.7.1 Grados de hipoacusia

En la audiometría de tonos puros, la hipoacusia se traduce en un descenso de la audición iniciándose en la frecuencia de 4 000 Hz, la misma que va afectando progresivamente al resto de frecuencias conversacionales. Existen cuatro grados de hipoacusia neurosensorial por ruido que se detallaron a continuación (Falagán, 2005, p. 632).

- ✓ **Primer grado**

Pérdida moderada (umbral a 30 dBA), la misma que afecta exclusivamente a la frecuencia de 4 000 Hz (Falagán, 2005, p. 632).

- ✓ **Segundo grado**

"Mayor pérdida en 4 000 Hz (umbral a 50 dBA), empieza una disminución de la audición en las frecuencias de 2 000 y 3 000 Hz de por ejemplo 30 dBA" (Falagán, 2005, p. 632).

- ✓ **Tercer grado**

El deterioro auditivo aumenta porque el trabajador ya empieza a sufrir claros problemas de comunicación. Empieza afectarse la frecuencia de 1 000 y 2 000 Hz (Falagán, 2005, p. 633).

- ✓ **Cuarto grado**

Existen graves problemas de comunicación. La pérdida auditiva afecta a todas las frecuencias, en este grado existe una caída brusca de audición en las frecuencias de 6 000 a 8 000 Hz (Falagán, 2005, p. 633).

1.3 CONTROL DE RUIDO

Los métodos para el control del ruido, no necesariamente se debe comprender como eliminación del ruido, sino también en modificar o reducir las características perjudiciales. Para controlar el ruido, se utilizan materiales absorbentes o materiales de pérdida de transmisión para los sonidos que se generan en el aire (Henao, 2011, p. 61).

A continuación se detallan los diferentes métodos de control:

1.4.1 CONTROL EN EL ORIGEN O EN LA FUENTE

Este método es el más satisfactorio, los mismos que pueden ser utilizados individualmente o mediante una combinación apropiada como modificaciones o cambios en los procesos, como se detalla a continuación (Henao, 2011, p. 62-63).

- Incrementar la duración de un ciclo de trabajo, empleando la misma potencia total o fuerza, pero en forma sosegada.
- Reducir la velocidad de operación, siempre y cuando los requisitos técnicos operacionales lo permitan.
- Reducir la velocidad del fluido en los conductos y la descarga del aire, cuando ésta ocurra.
- Utilizar de boquillas de descarga de fluidos que tengan varias orificios o perforaciones a la salida.
- Impedir fuertes fluctuaciones en el flujo de fluidos.
- Utilizar de silenciadores, en las salidas del conducto con dispositivos absorbentes del sonido.
- Evitar los cambios bruscos de dirección en los sistemas de conducción, mediante diseños apropiados
- Lubricar con frecuencia todos los componentes o elementos que son sometidos a constantes fricciones, partes o repuestos desgastados deben ser cambiados inmediatamente, asegurar o fijar elementos o partes sueltas y efectuar un balanceo dinámico de los elementos móviles.
- Recubrir por adherencia con material resiliente todas las superficies que radian ruido o que vibran. Resiliencia se caracteriza la fragilidad de un cuerpo o su resistencia a los impactos.
- Reducir la fuerza de impacto
- Reducir las velocidades de rotación.
- Amortiguar los impactos para que el ruido generado posea una más baja frecuencia.

1.4.2 CONTROL EN LA VÍA DE TRANSMISIÓN

Se puede tener un control del ruido en la vía aérea de propagación, para lo cual se deben modificar las condiciones de transmisión y la propagación de la onda sonora entre la fuente y el receptor, los mismos que pueden ser (Falagán, 2005, p. 641-642):

- Ubicar la fuente generadora de ruido en sitios estratégicos y adecuados. La ubicación de la fuente de ruido de cierta manera puede generar distintos niveles de ruido, dependiendo de la ubicación, orientación y características del local con respecto a superficies.
- Acondicionar acústicamente las superficies reflectoras dentro de un local.
- Reducir la energía de las ondas sonoras directa y reflejada, de tal manera, que se absorba en sus distintos impactos con superficies acústicas adecuados.
- Instalar pantallas o barreras acústicas interpuestas en la vía de la onda sonora y el receptor; y de esta manera la onda sonora se interrumpe su paso directo. Para la reducción efectiva de ruido se debe tomar muy en cuanta la altura de la pantalla dependiendo de la longitud de onda del sonido, ángulo de reflexión de la onda, material de construcción y su grosor. La efectividad de una pantalla dependerá de su tamaño, material de construcción, espesor de la pared, ubicación con respecto a la fuente de ruido y al receptor, longitud de onda del ruido que se pretende controlar o minimizar.
- Realizar un encerramiento parcial o total de la fuente generadora de ruido, confinando de esta manera la onda sonora, utilizando una envoltura de material aislante del sonido. La reducción de ruido dependerá de la frecuencia del sonido y de la masa por unidad de área del material.
- Utilizar un encerramiento del receptor en cabinas construidas con superficies acústicas apropiadas cuando exista una dificultad técnica para aislar la fuente emisora de ruido.
- Encerrar la fuente sonora, será más pequeño cuanto más cercanas estén sus paredes al origen del ruido, mientras más pequeño sean las paredes, será más fácil su instalación y costo. Todas las paredes del encerramiento

deber ser de material aislante de sonido, que permita una pérdida por transmisión. La reducción del ruido dependerá de la frecuencia de la señal sonora y de la masa por unidad de área del material acústico. El espesor del material acústico debe ser inversamente proporcional a la frecuencia del ruido que debe ser controlado. Es inversamente proporcional al cuadrado de la masa de la pared. Se debe aplicar la Ley de la Masa Acústica, es decir al duplicar la masa de la pared, la reducción de ruido por transmisión o el incremento del aislamiento es de 6 decibeles y al duplicar la frecuencia del ruido, también se produce un incremento del aislamiento en 6 decibeles (Henao, 2011, p. 65).

- Aislar acústicamente requiere de uniones herméticas para lo cual se empleará empaquetaduras adecuadas en todo los puntos que sean necesarios ya que cualquier tipo de abertura disminuye la efectividad de la reducción del ruido, pero debido a la necesidad de ventilación para evitar un calentamiento del motor se dificulta el utilizar encerramientos completos de la fuente de ruido (Henao, 2011, p. 65).
- Evitar superficies lisas, duras, impermeables ya que las mismas reflejan el sonido, para lo cual se deben utilizar materiales porosos, blandos, poco densos, las fibras que componen el material deben presentar fricción que permitan que la energía vibratoria de las ondas sonoras se transforme en energía calórica y se pueda absorber el sonido (Henao, 2011, p. 68).
- Reducir la capacidad de absorción del sonido dependerá del espesor del material acústico debido a que existirá una mayor resistencia al flujo de aire, se debe evitar superficies rígidas cercana a estos materiales y espacios de aire, los mismos que deben ser adecuadamente instalados por personas con experiencia (Henao, 2011, p. 68).
- Reducir el nivel de presión sonora por absorción (Henao, 2011, p. 69):
  Esta reducción está definida por la siguiente ecuación;

$$\mathbf{RNPS} = \mathbf{10}\ \mathbf{log}\frac{\mathbf{a_2}}{\mathbf{a_1}}\ (\text{dB}) \qquad [1.8]$$

Donde:

RNPS, es la Reducción del nivel de presión sonora,
a1, es la absorción total del sonido, antes de la aplicación de materiales absorbentes sobre las superficies del recinto y
a2, es la absorción total del sonido, luego de aplicar materiales absorbentes sobre una o sobre distintas superficies.

1.4.4 CONTROL EN EL RECEPTOR O EN LA PERSONA EXPUESTA

Este control debe ser la última alternativa, siempre y cuando se haya agotado el control en la fuente o en el camino de transmisión o no son lo suficientes para la reducción de la exposición a ruido (Behar y Giménez, 2011, p. 149).

El estudio técnico para la selección adecuada de los protectores auditivos, se debe considerar la frecuencia del ruido, con el objetivo de establecer las curvas reales en el espectro de frecuencia de bandas de octavas y las que proporcione el protector respectivo, para una adecuada selección (Henao, 2011, p. 74).

La diferencia entre el nivel de presión sonora equivalente y la reducción del nivel sonoro que proporcionará el protector auditivo, es el nivel de presión sonora efectivo, para lo cual el proveedor deberá suministrar las características del protector en término de grado de atenuación especialmente en el rango de frecuencias audibles (Behar y Giménez, 2011, p. 151).

1.4.5 AISLAMIENTO ACÚSTICO

El aislamiento acústico consistir en impedir la propagación del sonido por medio de obstáculos más o menos reflectores (Falagán, 2005, p. 647).

El objetivo de los materiales aislantes, es el de disminuir la energía sonora transmitida de un sonido que incide sobre ellos (Falagán, 2005, p. 650).

El sonido generado dentro de una fábrica, se extenderá hasta impactarse con alguna superficie que lo detenga, esta superficie puede reflejar o absorber dicho sonido dependiendo de las características de la misma, si es una superficie dura reflejará con mayor intensidad, todo lo contrario si la superficie es suave (Henao, 2011, p. 57).

Cuando la energía de un sonido llega a un obstáculo, éste se descompone en tres componentes fundamentales, que se detallan a continuación (Falagán, 2005, p. 647):

- Energía reflejada, se entiende que esta energía regresa al mismo lado donde se originó.
- Energía trasmitida, se entiende que esta energía, atraviesa el obstáculo y pasa al otro lado.
- Energía absorbida o disipada, se entiende que esta energía, se transmite estructuralmente a través del obstáculo, el mismo que se convierte parcialmente en calor.

Los materiales aislantes, deben interponerse entre la fuente sonora y las zonas o personas que sean necesarias aislarlas. En la práctica, el control del ruido, se base en el aislamiento sonoro, la misma que consiste en aislar parcial o totalmente la fuente sonora con la instalación de barreras físicas (Falagán, 2005, p. 650).

El objetivo del aislamiento sonoro, es lograr que la energía que atraviesa a los materiales acústicos de las barreras, se en lo menor posible (Falagán, 2005, p. 650).

La atenuación del nivel de presión acústica empleando barreras y pantallas, se encuentran entre 3 a 20 dBA (Falagán, 2005, p. 650-651).

Se debe conocer la capacidad aislante de los materiales acústicos, que se instalarán en las pantallas o barreras acústicas, las mismas que deben estar muy

cerca de la fuente sonora para una eficiente atenuación (Falagán, 2005, p. 650-651).

Las características más idóneas de los materiales acústicos, es que sean pesados, impermeables, poco flexibles, los mismos que deben formar cierres herméticos, para lo cual se pueden combinar varios tipos de materiales aislantes, como plomo, hormigón, acero y vidrio. Estos materiales ideales (Falagán, 2005, p. 651).
Al utilizar dos o más combinaciones de materiales acústicos, se deben emplear divisorios dobles o múltiples, es decir dos o más capas de un material más liviano separado por cámaras de aire (Falagán, 2005, p. 651).

Mientras más separadas se encuentran las capas acústicas o el uso de materiales poco rígidos, existirá una disminución de la transmisión de impacto sonoro entre capas (Falagán, 2005, p. 651).

Un material que proporciona un aumento para la reducción de la energía acústica, es la lana de vidrio y más aún se incrementa la reducción acústica con la adición de uno o más capas de material acústico tipo barrier vinilo de alta densidad (Falagán, 2005, p. 651).

1.4.6 ABSORCIÓN ACÚSTICA

La absorción, consiste en aprovechar las propiedades y características de algunos materiales, los mismos que permiten transformar parte de la energía sonora en energía térmica o calor que prácticamente son valores despreciables (Behar y Giménez, 2011, p. 201).

1.4.7 MATERIALES FONOABSORBENTES

La finalidad de estos materiales consiste en la degradación de la energía sonora

debido a la fricción de las moléculas del aire vibrando cuando éstas pasan por el interior de los materiales fonoabsorbentes (Behar y Giménez, 2011, p. 228).

Estos materiales deben instalarse lo más cerca posible a la fuente sonora, donde el operador se encuentra más frecuentemente y las paredes contiguas de ser factible y viable (Falagán, 2005, p. 648).

Los materiales fonoabsorbentes deben ser materiales, permeables al paso del aire, blandos, fibrosos, porosos, interconectados o abiertos (Behar y Giménez, 2011, p. 228).

Todos los materiales fonoabsorbentes, deben tener un adecuado factor de absorción, el mismo que está determinado por el grado de permeabilidad al aire, la porosidad y densidad del material utilizado (Falagán, 2005, p. 648).

Los materiales fonoabsorbentes, disminuyen el nivel sonoro interior, ya que la cantidad de energía del sonido se reduce al transmitirse al exterior, evitándose la fuga de ruido a través de hendiduras o sellados defectuosos (Falagán, 2005, p. 648-649).

1.4.8 COEFICIENTE DE ABSORCIÓN ACÚSTICA

Es la relación entre la energía acústica absorbida por un determinado material acústico y la energía acústica incidente sobre dicho material por unidad de superficie, como se muestra en la siguiente ecuación (Falagán, 2005, p. 649):

$$\propto = \frac{\mathbf{Ea}}{\mathbf{Ei}} \qquad [1.9]$$

Donde:
Ea = Energía acústica absorbida por un determinado material acústico
Ei = Energía acústica incidente sobre dicho material

El coeficiente de absorción acústica, es 0 cuando no existe absorción del material acústico y hasta 1 cuando el material es muy absorbente (Behar y Giménez, 2011, p. 207).

El coeficiente de absorción acústica depende de la clase de material, su situación, del espesor del material, del ángulo de incidencia y de la frecuencia del sonido incidente (Falagán, 2005, p. 649).

1.4.9 ÁREA DE ABSORCIÓN ACÚSTICA

Es la magnitud que cuantifica la energía extraída del campo acústico, cuando la onda sonora generada por la fuente sonora, atraviesa un medio determinado o a su vez el impacto de la onda sonora con las superficies límites del recinto. Se presenta con la letra "A" y la unidad es el m^2 (Falagán, 2005, p. 649).

$$Af = \alpha f \times S \quad [1.10]$$

$$A = \alpha m \times S \quad [1.11]$$

Donde:

Af = Es la absorción para la frecuencia f en m^2

A = Es la absorción media en m^2

αf = Es el coeficiente de absorción del material para la frecuencia f

αm = Es el coeficiente medio de absorción del material

S = Es la superficie del material en m^2

1.4.10 ÁREA DE ABSORCIÓN ACÚSTICA EQUIVALENTE

El área de absorción acústica equivalente (A) de un local, es el área (m^2) de una superficie perfectamente absorbente (a=1), la misma que equivale a la absorción total del local (Falagán, 2005, p. 649).

Para calcular, la absorción total, se realiza la sumatoria los productos de cada área del local multiplicado por su respectivo coeficiente de absorción acústica, como se detalla en la siguiente ecuación: (Falagán, 2005, p. 649).

$$\mathbf{A} = A_1 \times \alpha_1 + A_2 \times \alpha_2 + A_3 \times \alpha_3 + \ldots\ldots + A_n \times \alpha_n = \Sigma A_i \times \alpha_i \text{ [Sabines]} \quad [1.12]$$

El sabine representa a la unidad de absorción del sonido. El sabine corresponde a la absorción compuesta por una superficie de un $1m^2$ cabalmente absorbente (a = 1) (Falagán, 2005, p. 650).

1.4 MARCO LEGAL

Dentro del marco legal que rige en el Ecuador en cuanto a la exposición a factores de riesgos físicos (ruido), se encuentra la siguiente legislación vigente que son de cumplimiento obligatorio por todas las empresas públicas y privadas con la finalidad de salvaguardar la salud de los trabajadores.

En el Ecuador no existe ninguna guía o norma práctica completa para el análisis y gestión del ruido industrial, el cual pueda basarse en un estudio completo para la exposición y control de ruido en cualquier tipo de actividad, como lo tiene España o Colombia.

Únicamente dentro del Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo, Decreto Ejecutivo 2393 y el Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador (Decreto 1215), se estipula una tabla con el límite permisible de acuerdo al tiempo de exposición máximo para cada nivel sonoro que puede estar expuesto el trabajador.

Dentro de la legislación del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) y las Normas Técnicas para la aplicación de la codificación del título V,

"de la prevención y control del medio ambiente", Resolución Nº 0002-DMA-2008, solo estipulan los niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo en dos horarios diurnos (07h00 a 22h00) y nocturnos (22h00 a 07h00).

Existen varias normativas, leyes, reglamentos y ordenanzas vigentes en el Ecuador relacionadas con la exposición, gestión y control a ruido o de la implementación de sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo en beneficio de la salud y seguridad el trabajador, como lo muestran los resultados de la Tabla 1.6.

Tabla 1.6. Marco legal relacionado a la exposición a ruido (continuación…)

LEGISLACIÓN ECUATORIANA	ARTÍCULOS RELACIONADOS A LA EXPOSICIÓN A RUIDO	LIMITES PERMISIBLES	OBSERVACIONES
Asamblea Nacional Constituyente, 2008, "Constitución Política de la República del Ecuador", Quito, Ecuador	Art. 14, Art. 32, Art. 66, Art. 83 literal 6, Art. 326 literal 3 y 5, Art.	No especifica ningún límite permisible	La mayoría de los artículos mencionados están relacionados a vivir en un ambiente sano y que sustentan el buen vivir
Congreso Nacional, 2005, "Código del Trabajo", Registro oficial suplemento N° 167, Quito, Ecuador	No manifiesta nada con respecto a la exposición a ruido, pero manifiesta la preservación de la salud del trabajador en los siguientes artículos: Art. 42 literal 2, Art. 410, 432, 434, 435, 436 y 628	No especifica ningún límite permisible	La mayoría de los artículos mencionados están relacionados a cumplimientos del empleador, sanciones por incumplimientos y a condiciones adecuadas para la salud y seguridad de los trabajadores.
"Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo"	Manifiesta la preservación de la salud del trabajador en los siguientes artículos: Art. 11 literal del b al e, Art. 12, 32	No especifica ningún límite permisible	Artículos relacionados a cumplimientos del empleador, sanciones y a condiciones adecuadas para la salud y seguridad de los trabajadores.

Tabla 1.6. Marco legal relacionado a la exposición a ruido (continuación…)

LEGISLACIÓN ECUATORIANA	ARTÍCULOS RELACIONADOS A LA EXPOSICIÓN A RUIDO	LIMITES PERMISIBLES	OBSERVACIONES
"Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, TULAS", 2da. Edición, Libro VI, Anexo 5	Art. 4.1.1 Límites permisibles literal a y b, Art. 4.1.1.8 Medidas de prevención y mitigación de ruidos, Art. 4.1.2	Establece niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo con horarios	Existe una tabla con los límites permisibles de acuerdo al uso del suelo y a horarios diurnos y nocturnos.
"Ley de Gestión Ambiental", Ley N° 37, Registro Oficial Suplemento 418	Art. 9 Literal j	No especifica ningún límite permisible	El artículo manifiesta la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al ruido
"Ley Orgánica de Salud", Ley N° 67, Registro Oficial Suplemento N° 423	Art. 7 literal c, Art 113 y 118	No especifica ningún límite permisible	Los artículos mencionados están relacionados a vivir en un ambiente sano y que a cumplimientos de medidas preventivas
"Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto Ejecutivo 2393	Art. 55 literal 3, 4, 6 y 7	Establece niveles máximos de ruido permisibles de acuerdo al nivel sonoro y al tiempo de exposición	Existe una Tabla con el límite permisible de acuerdo al tiempo de exposición máximo para cada nivel sonoro
Reglamento de Prevención de la Contaminación Ambiental por Ruido. A.M. No. 7789. RO/ 560	Art. 7, 17, 20, 21	Establece un solo límite permisible	Existe el límite permisible de 85 dBA por máquina

Tabla 1.6. Marco legal relacionado a la exposición a ruido

LEGISLACIÓN ECUATORIANA	ARTÍCULOS RELACIONADOS A LA EXPOSICIÓN A RUIDO	LIMITES PERMISIBLES	OBSERVACIONES
"Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador", Decreto 1215, Registro Oficial N° 265	Art. 22	Establece los límites permisibles para emisión de ruidos	Existe una Tabla con el límite permisible de acuerdo al tiempo de exposición diario por horas para cada nivel de ruido máximo
Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo del IESS	Art. 51 literal b	No especifica ningún límite permisible	Solo establece que se debe implementar un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en beneficio de la salud del trabajador
Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo	Art. 1 literal b, Art. 4 literal a, Art. 5 literal b	No especifica ningún límite permisible	Solo establece que se debe implementar un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en beneficio de la salud del trabajador
Normas Técnicas para la aplicación de la codificación del título V, "de la prevención y control del medio ambiente", Resolución Nº 0002-DMA-2008	Art. 5 literal 5.1	Establece niveles máximos de ruido permisibles según uso del suelo con horarios	Existe una Tabla con los límites permisibles de acuerdo al uso del suelo y a horarios diurnos y nocturnos.
"Ordenanza sustitutiva Título V, Del Medio Ambiente, Libro II Código Municipal DMQ	Art. II.362 literal I, II y Art. II.363	No especifica ningún límite permisible	Solo manifiesta de las acciones que debe implementarse para evitar el ruido ambiental

Dentro del Anexo VI, se especifica el texto completo de todos los artículos relacionados a la exposición a ruido para un mayor entendimiento en caso de requerirse más detalles.

2. METODOLOGÍA

La metodología de evaluación de ruido del presente proyecto, se basó en una norma ISO 9612, que fue adaptada al idioma español por un organismo público del gobierno del Perú denominado Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la protección de la propiedad intelectual (INDECOPI). Esta norma fue la Norma Técnica Peruana NTP-ISO 9612:2010, que tiene como título "Acústica. Determinación de la exposición al ruido laboral. Método de Ingeniería", la misma que encuentra detallada en Anexo I, para un mayor detalle.

Se utilizó esta norma NTP-ISO 9612:2010 al ser un método técnico estandarizado a nivel internacional por el Organización Internacional de Normalización (ISO) para la determinación de la exposición al ruido laboral.

2.1 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LOS NIVELES ACTUALES DE EXPOSICIÓN A RUIDO

Para determinar la gravedad del problema por contaminación acústica en el área de estudio fue necesario como primera acción la evaluación de los niveles sonoros existentes en el ambiente, para lo cual se utilizaron equipos de medición de ruido, que se encuentren calibrados y certificados.

Para la evaluación técnica inicial de los niveles actuales de exposición a ruido de toda la empresa; se agruparon las tres áreas macros de la empresa (Fabricación, Corte y Soldadura y Calidad), donde se puede aseverar que por las condiciones de trabajo y empleo de equipos existe una exposición a ruido que supera el límite permisible que pudiera perjudicar a la salud de los trabajadores, especialmente en su audición.

2.1.1 DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS PARA EL MONITOREO DE RUIDO

Dentro del Anexo III se detallaron todos los equipos, accesorios utilizados, las especificaciones del equipo, normas que cumplen los equipos y en el Anexo IV se especificaron los certificados de calibración de los equipos utilizados, todo esto con la finalidad de respaldar y garantizar resultados reales y confiables.

2.1.2 UBICACIÓN PUNTOS DE MONITOREOS EN ÁREAS DE TRABAJO

Para un mayor entendimiento y comprensión de la ubicación y referencia de los diferentes puntos de muestreo de ruido en ambientes de trabajo, se desarrolló la caracterización de la empresa, que se detalló en el Anexo II.

2.1.3 MEDICIONES PUNTUALES EN AMBIENTES DE TRABAJO

Para documentar las diferentes mediciones puntuales en ambientes de trabajo, se elaboró un formato de tabla, con la finalidad de conocer posteriormente el área de mayor exposición a ruido, como se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Mediciones puntuales en ambientes de trabajo

AREA DE TRABAJO	Nivel de Ruido (dBA)			Trabajadores Expuestos		Horas	
	Leq	Min	Max	Directos	Indirectos	Exposición	Permitido
Fabricación							
Corte y Soldadura							
Calidad							

2.1.4 ÁREA DE MAYOR EXPOSICIÓN A RUIDO

Con base en los resultados preliminares que se obtuvo en las primeras mediciones

puntuales en los ambientes de trabajo en las áreas de fabricación, corte y soldadura y el área de calidad, se estableció el área de mayor exposición a ruido y posteriormente se realizó la segunda etapa de mediciones específicas en los puestos de trabajo donde se desarrolló toda la gestión técnica para la reducción de ruido.

2.1.5 JUSTIFICACIÓN EN LA CATEGORIZACIÓN DE UNA SECCIÓN DEL ÁREA DE MAYOR EXPOSICIÓN A RUIDO

Con base en los resultados que se obtuvieron con respecto al área de mayor exposición, se seleccionó una sección del área de estudio para lo cual se utilizó un análisis VIN (Vital, Importante y Normal) de todos los equipos dentro del área de mayor exposición a ruido, desde el punto de vista de la producción.

Dentro de este análisis, se seleccionaron los equipos que sean vitales para la producción, es decir que equipos son primordiales y que podría perjudicar a la continuidad de una producción normal dentro del área de mayor exposición a ruido.

Se consideró equipos importantes para la producción, los complementarios a la producción normal dentro del área de mayor exposición a ruido.
Equipos normales se consideró, los que no afectan directamente a la producción, es decir sin estos equipos funcionando, no afectarían a la producción normal.

En toda el área de mayor exposición a ruido se utilizó este análisis, para definir que equipos son vitales para la producción donde se desarrolló toda la gestión técnica para la reducción de ruido.

Dentro de este análisis, se contabilizó el total de equipos dentro del área de mayor exposición a ruido, con la finalidad de agrupar en porcentajes los equipos vitales, importantes y normales desde el punto de vista de la producción.

A parte del análisis VIN, se elaboró una evaluación de riesgos por equipos, esto es debido a que solo se evaluó desde el punto de vista de la producción y no desde el punto de vista de la seguridad industrial.

2.1.6 EVALUACIÓN DE RIESGOS POR EQUIPO

Se realizó una evaluación cualitativa de riesgos por cada equipo dentro del área de mayor exposición a ruido, para justificar más aún la categorización de una sección del área de estudio y sobre todo el de realizar un análisis desde el punto de vista de la seguridad industrial, para lo cual se efectuó una evaluación de riesgos por cada equipo que se acopia dentro del área de mayor exposición a ruido.

La evaluación de riesgos se realizó individualmente en cada máquina o equipo dentro del área de mayor exposición a ruido, donde se evaluó la probabilidad de que ocurra el daño (alto, medio o bajo), la consecuencia esperada del daño (ligeramente dañino, dañino o extremadamente dañino) y finalmente se evaluó la estimación de riesgo de forma cualitativa (trivial, tolerable, moderado, importante e intolerable).

2.1.7 ESTRATÉGIA DE EVALUACIÓN DE RUIDO

La estrategia que se utilizó para el presente trabajo, fue la estrategia basada en el trabajo, se descartó la estrategia basada en la tarea y la basada en una jornada completa de la norma Técnica Peruana NTP-ISO:9612:2010.

2.1.7.1 Justificación de la estrategia de medición

Los argumentos que se mantuvieron para escoger la estrategia basada en el trabajo, fue que la actividad principal del área de fabricación, es el maquinado de pieza metálicas utilizando tornos convencionales, esta actividad es muy compleja

ya que posee muchas variaciones de trabajo; como por ejemplo el tipo de material a ser maquinado, velocidad del equipo, mantenimiento del equipo, calidad y vida útil de los insertos utilizados para el corte, dimensiones diferentes de corte, desbaste o perforaciones entre otras variaciones de trabajo.

Dentro de la norma Técnica Peruana NTP-ISO:9612:2010, tiene establecido una tabla de las posibles estrategias recomendables para el tipo de trabajo bajo estudio, por lo que fue otro argumento para seleccionar la estrategia de medición basada en el trabajo.

Para el presente trabajo se escogió la actividad "Trabajador fijo o móvil, tareas múltiples con duración no especificada de las tareas", esta actividad es similar a la ejecutada por la empresa ESP Completion Technologies S.A. y la estrategia recomendada por la norma Técnica Peruana NTP-ISO:9612:2010, es la estrategia basada en el trabajo.

2.1.7.2 Análisis de la labor

Todos los operadores de los tornos realizan el mismo trabajo de mecanizado de piezas metálicas, lo que difiere de un torno a otro, es su capacidad de maquinado, por ejemplo el torno 1 maquina piezas pequeñas comparado con el torno 4 que maquina piezas metálicas de mayor tamaño, finalmente se concluyó, que todos los operadores de los tornos, son considerados un grupo de exposición similar al ruido, es decir es un grupo de exposición homogéneo al ruido.

Se determinó días diferentes para cada medición en donde se consideró los equipos y accesorios de mayor producción, horas de mayor producción (confirmado previamente por Ingeniero de Fabricación Marco Rodríguez y supervisor de operadores Darwin Achig) y sobre todo abarcar todos los eventos significativos de exposición a ruido.

2.1.7.3 Plan de medición

Este plan de medición inició a partir de los trabajos identificados previamente con los operadores, supervisores e ingenieros de Fabricación y se estableció grupos de exposición homogéneos, con la finalidad de abarcar todos los eventos significativos y representativos de exposición a ruido.

2.1.7.4 Duración de las mediciones

De acuerdo a la tabla de especificaciones para la duración mínima total de mediciones a aplicar a un grupo de exposición homogéneo de tamaño nG de la norma ISO 9612:2010 especificada en Anexo I, reflejó que la duración total de todas las mediciones debe ser de 5 horas con un mínimo de 5 mediciones.

Para reducir la incertidumbre en las mediciones, se estableció una duración mínima acumulativo de medición a repartir entre el grupo de exposición homogénea, de cinco horas (establecido en la norma técnica peruana ISO 9612:2010).

En total se estableció diez mediciones de 0,5 horas por cada evento significativo de exposición a ruido previamente definido con los operadores, supervisores e ingenieros de Fabricación, dando un total de 5 horas monitoreadas en diez mediciones diferentes.

Se realizó 10 mediciones con la finalidad de reducir notablemente la incertidumbre en las diferentes mediciones y los resultados sean más confiables y seguros.

Estas mediciones se efectuaron a lo largo de toda la jornada laboral incluyendo todos los eventos significativos de exposición a ruido.

2.1.8 MEDICIONES PUNTUALES EN PUESTOS DE TRABAJO

Dentro del área de mayor exposición a ruido, se realizó el monitoreo en los puestos de trabajo, con la finalidad de determinar el nivel de exposición a ruido de cada trabajador para su posterior gestión técnica de reducción de ruido.

Para documentar las mediciones de campo, se elaboró un formato para documentar y registrar toda la información de la fuente, parámetros básicos del equipo utilizado y método de medición, como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Registro de medición técnica de campo

REGISTRO DE MEDICIÓN TÉCNICA DE CAMPO						
Monitoreado por :				**Fecha monitoreo:**		
Puesto de trabajo:						
Caracterización de la fuente sonora:						
Características del equipo utilizado:						
Características del calibrador externo utilizado:						
Nº Mediciones	**PARÁMETROS DE MEDICIÓN (dBA)**					
	Límite Max.	**Límite Min.**	**L eq**	**Exposición diaria**	**Exposición 8 h**	**Dosis de Ruido Diaria**
PROMEDIO						
Estrategia de Medición						
Tarea		Trabajo			Jornada	
Tipo de Ruido generado por la fuente						
Estable (< ± 5 dBA)		Fluctuante (> ± 5 dBA)			Impacto o Impulso	
Ponderación del Equipo						
Ponderación A		Ponderación B			Ponderación C	
Velocidad de Respuesta del Equipo						
Impulso (35ms)		Rápida (125ms)			Lenta (1s)	
Los horarios iniciales de monitoreo fueron en el siguiente horario:						

2.1.9 RESUMEN DE MEDICIONES PUNTUALES EN PUESTOS DE TRABAJO

Se elaboró una tabla para documentar y registrar todas las mediciones puntuales en puestos de trabajo a manera de resumen, con la finalidad de conocer los puestos de trabajo de mayor exposición a ruido, como se muestra en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Resumen de mediciones puntuales en puestos de trabajo

PUESTOS DE TRABAJO	Nivel de Ruido (dBA)			Trabajadores Expuestos		Horas	
	Leq	Min	Max	Directos	Indirectos	Exposición	Permitido

2.1.10 CUMPLIMIENTO LEGAL DE LAS DIFERENTES MEDICIONES PUNTUALES EN AMBIENTES Y PUESTOS DE TRABAJO

Se documentó en resumen las diferentes mediciones de forma puntual en ambientes y en puestos de trabajo para verificar el cumplimiento legal (Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto Ejecutivo 2393, Art. 55 literal 7), como se muestra en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Matriz de cumplimiento legal

ÁREA DE TRABAJO O PUESTO DE TRABAJO	MEDICIONES EFECTUADAS (dBA)	STATUS CUMPLIMIENTO LEGAL	LÍMITE PERMISIBLE Art. 55, literal 7 Decreto Ejecutivo 2393

2.1.11 TIEMPO DE EXPOSICIÓN MÁXIMA EN AMBIENTES Y PUESTOS DE TRABAJO

Con base en los resultados presentados en los ambientes y puestos de trabajo dentro del área de mayor exposición a ruido, se determinó cual es el tiempo de exposición máxima que deben estar expuestos los trabajadores para no ser afectados en la audición con el mismo nivel de exposición a ruido actual.
Se calculó el tiempo de exposición máxima en los ambientes y puestos de trabajo empleando la ecuación 1.7, la misma que fue comparada con el límite permisible, como se muestra en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Tiempo de exposición máxima

AREA DE TRABAJO Ó PUESTO DE TRABAJO	MEDICIONES EFECTUADAS (dBA)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN MÁXIMA (horas)

2.1.12 FLUJOGRAMA SECUENCIAL PARA EL MONITOREO DE RUIDO

Se desarrolló un flujograma secuencial de monitoreo de ruido del presente trabajo para un mayor entendimiento a manera de resumen, como lo muestra la Figura 2.2.

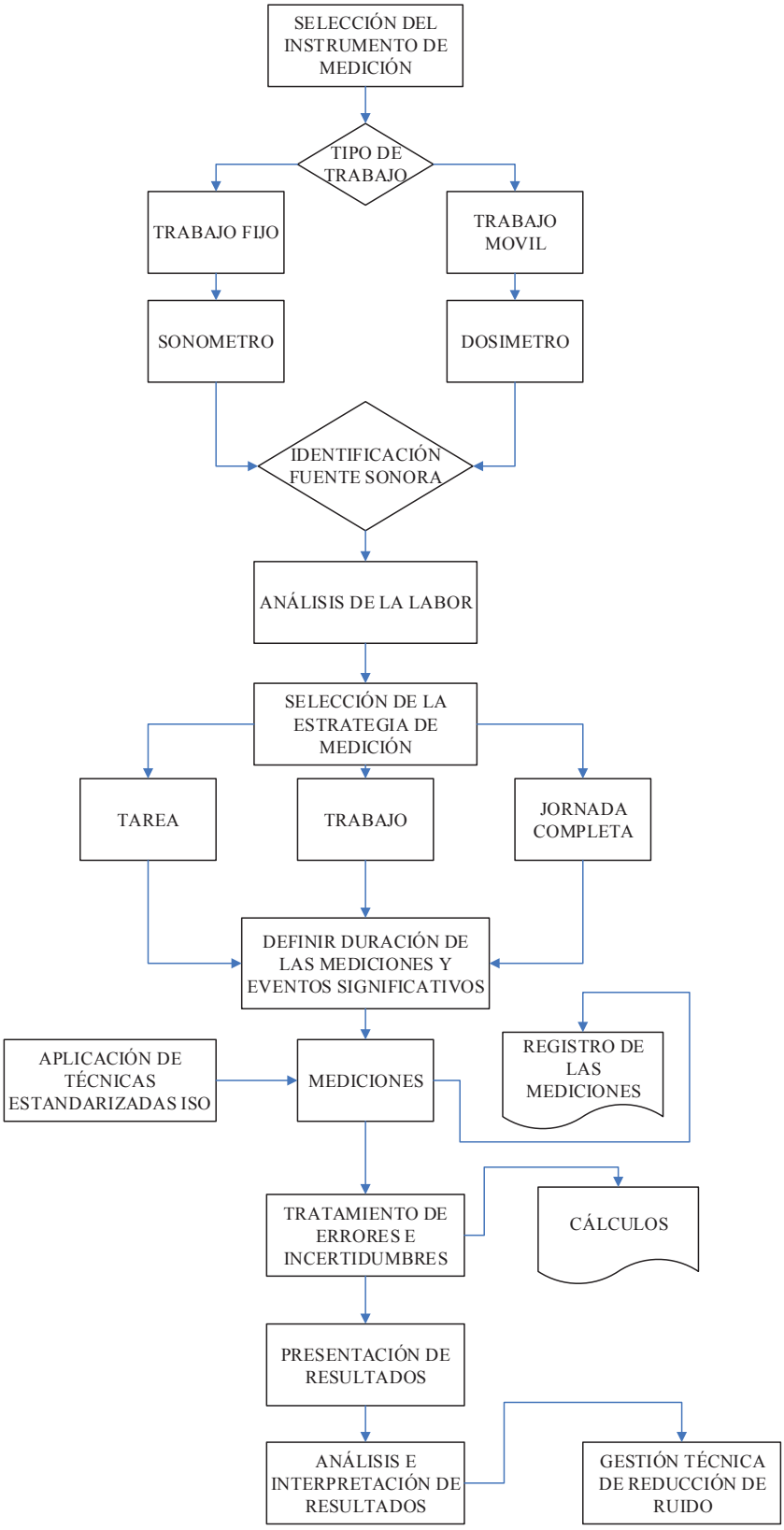


Figura 2.1. Flujograma secuencial para el monitoreo de ruido

2.2 DETERMINACIÓN DE MEDIDAS TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS A TRAVÉS DE UNA GESTIÓN TÉCNICA PARA LA REDUCCIÓN DE RUIDO

Se determinaron las medidas administrativas y técnicas más adecuadas y viables para la reducción de ruido de acuerdo a la teoría del presente proyecto.

2.2.1 MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Las principales medidas administrativas u organizativas, se determinaron inicialmente las siguientes, las mismas que fueron analizadas posteriormente para su implementación (Falagán, 2005, p. 640):

- Reducir las horas de exposición del personal de 12 horas a 8 horas diarias, para lo cual se deberá programar los horarios de trabajo con los directivos de la empresa, ya que el horario diurno actual es de 07h00 a 19h00 y el turno nocturno de 19h00 a 07h00.
- Evaluar en la próxima ampliación de la planta industrial, se deberá reubicar los diferentes equipos y separar en ambientes separados, los equipos más ruidosos de los menos ruidosos.
- Implementar una política dentro del procedimiento de compras de la empresa, donde se especifique que la adquisición de máquinas y equipos menos ruidosos.
- Programar e implementar un cronograma de rotación de los trabajadores.
- Evaluar la posibilidad de realizar los trabajos ruidosos, cuando existan menos trabajadores expuestos.
- Programar descansos programados en ambientes silenciosos.
- Programar un cronograma para dividir el trabajo ruidoso entre varios trabajadores y de esta manera disminuir el tiempo de exposición de cada uno de ellos.

2.2.2 MEDIDAS TÉCNICAS

Las principales medidas técnicas, se determinaron inicialmente las siguientes, las mismas que fueron analizadas posteriormente para su implementación (Consejo Interamericano de Seguridad, 1993, p. 12-111):

- Realizar una redistribución de las máquinas en la planta, para una adecuada instalación y distribución de las diferentes máquinas. Con la finalidad de separar equipos muy ruidosos comparado con el resto de máquinas y no colocarles cerca de rincones o esquinas.
- Lubricar los engranajes y rodamientos de los equipos.
- Evaluar la posibilidad de cambiar engranajes o rodamientos en mal estado.
- Aislar el resguardo de las bombas con lámina metálica con revestimiento acústico. Puede ser acero, capa delgada de material amortiguador y acero.
- Evaluar la posibilidad de cambiar bandas anchas por bandas delgadas.
- Colocar cubiertas metálicas sólidas perforadas y con malla de alambre a equipos sin protección a elementos rotativos.
- Evaluar la posibilidad de cambiar engranajes con pocos dientes.
- Construir o adquirir boquillas de doble flujo o que contengan en sus dos extremos una malla de alambre fino y en la mitad se instalará material poroso absorbente del sonido, para instalar en las mangueras de aire comprimido utilizado para la limpieza de los equipos.
- Colocar tabiques absorbentes gruesos y porosos (fieltro, espumas de caucho o plástico, fibras textiles, etc.) los mismos que deberán ser colgados encima del taller.
- Colocar un encapsulamiento parcial o total al equipo, con material poroso absorbente con recubrimiento metálico perforado, mientras más grueso es el material metálico debe existir más perforaciones.
- Colocar material absorbente dentro del motor eléctrico y la cavidad de los engranajes del equipo, si esta acción reduce el ruido al límite permisible, no hará falta el encapsulamiento parcial o total del equipo.

- Colocar pantallas reflectoras de sonido sumamente altas y cercanas a la fuente de sonido y adicionalmente la colocación de cielo raso con material absorbente.
- Evaluar la posibilidad de cambiar engranajes de metálico a un material polimérico o engranajes helicoidales donde el contacto es gradual entre dientes.
- Realizar un mantenimiento preventivo de cambio de aceite de cada torno, dependiendo de las horas de funcionamiento y las recomendadas por el fabricante.
- Realizar un mantenimiento preventivo al menos cada 1-2 años para el cambio de engranajes y rodamientos o dependiendo del desgaste.
- Utilizar insertos y brocas en buen estado, al momento de realizar desbastes o perforaciones respectivamente en las piezas metálicas.
- Utilizar constantemente el aceite de corte o taladrina, al momento de realizar perforaciones en las piezas metálicas.

2.3 IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS A TRAVÉS DE UNA GESTIÓN TÉCNICA PARA LA REDUCCIÓN DE RUIDO

Se implementaron en primera instancia las medidas administrativas más viables mencionadas anteriormente y luego se calcularon las medidas técnicas para la reducción de ruido.

2.3.1 IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS ADMINISTRATIVAS

Se implementaron las siguientes medidas administrativas, coordinadas con el Coordinador de Producción e Ingeniero de Fabricación de la empresa.

- Reducir las horas de exposición del personal de 12 horas a 8 horas diarias, para lo cual se implementó dos grupos de trabajo, un grupo diurno de 07h00 a 15h00 y el segundo grupo nocturno de 15h00 hasta las 23h00.
- Cumplir el respectivo mantenimiento preventivo de cambio de aceite de cada torno, de acuerdo al programa de mantenimiento preventivo de cada máquina.
- Cambiar los engranajes con desgastes excesivos y en mal estado.
- Utilizar de insertos en buen estado, al momento de realizar desbastes o cortes en las piezas metálicas.
- Utilizar de brocas en buen estado, al momento de realizar perforaciones en las piezas metálicas.
- Utilizar constantemente el aceite de corte o taladrina, al momento de realizar el maquinado de las piezas metálicas.

2.3.2 IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS TÉCNICAS

- Comprobar si la lubricación en la caja de engranajes, ayuda a disminuir la exposición a ruido.
- Comprobar si el cambio de engranajes y rodamientos en mal estado, ayuda a disminuir la exposición a ruido.
- Comprobar si el uso de mangueras de aire comprimido para la limpieza de los equipos, aporta al ruido ambiental.
- Comprobar individualmente si el uso motor eléctrico de cada equipo, aporta al ruido ambiental.
- Determinar y evaluar el material acústico de acuerdo a los resultados obtenidos de las diferentes mediciones, para colocar en las paredes del motor eléctrico y en la cavidad de engranajes principales.
- Evaluar los diferentes tipos de materiales acústicos, para instalar dentro de la cavidad del motor eléctrico y en la caja de engranajes, no se deberá tapar entradas de aire con la finalidad de evitar un recalentamiento de los mismos.

- Diseñar una pared acústica y un panel acústico colgado, para la absorción del ruido ambiental.

2.4 EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LAS MEDIDAS TÉCNICAS Y ADMINISTRATIVAS IMPLEMENTADAS A TRAVÉS DE UNA GESTIÓN TÉCNICA PARA LA REDUCCIÓN DE RUIDO, POR MEDIO DE ÍNDICES DE CONTROL TÉCNICO Y ECONÓMICO

Para evaluar la eficacia de todas las medidas administrativas y técnicas implementadas, se utilizó indicadores de control técnico y económico.

Estos indicadores de control técnico y económico estarán intrínsecamente ligados con las diferentes gestiones técnicas de acuerdo a los cálculos realizados los mismos que podrán ser administrativas o técnicas, éstas deberán reflejar una reducción del nivel de exposición a ruido inicial, caso contrario no existiría ninguna eficacia de las mismas, por lo más mínima reducción del nivel sonoro, es muy conveniente, ya que recordemos que la escala es logarítmica y no aritmética, por ejemplo si se reduce 3 dBA, esto representa haber reducido a la mitad.

Todas las gestiones técnicas fueron calculadas o de forma práctica, para lo cual se documentó en una medición puntual inicial y una medición puntual final luego de haber implementado las medidas administrativas o técnicas de acuerdo a la parte teórica del presente trabajo; estas mismas acciones se podrán desarrollar con la misma metodología al resto de máquinas y equipos, así como también al resto de áreas de la empresa.

Para agrupar todas las gestiones técnicas, se elaboró una tabla para documentar y registrar todas las medidas administrativas o técnicas, registro del monitoreo antes y después de la gestión, índice de reducción acústica y la eficiencia de la gestión técnica implementada, como lo muestran los datos presentados en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6. Resumen de todas las medidas administrativas y técnicas implementadas

GESTIÓN TÉCNICA (Administrativa o técnica)	MONITOREO INICIAL (dBA)	MONITOREO FINAL (dBA)	REDUCCIÓN ACÚSTICA (dBA)	EFICIENCIA (%)

La finalidad de la Tabla 2.6 es resumir todas las disminuciones ya sea de forma administrativa o técnica en el nivel de exposición a ruido actual y sobre todo con su respectiva eficiencia para posteriormente determinar y evaluar si con estas gestiones técnicas implementadas se podrá disminuir el nivel total de exposición sonoro actual en el área de mayor exposición a ruido.

2.4.1 DISMINUCION TEÓRICA DEL NIVEL SONORO

Con la misma metodología empleada y con todas las gestiones técnicas implementadas, se prevé un nivel de reducción del equipo y del área, el mismo que se proyectó al resto de equipos, donde se prevé una reducción en el área de mayor exposición a ruido, estos mismos datos fueron documentados en una tabla para lo cual se utilizó la suma y/o resta logarítmica según corresponda de los niveles sonoros del equipo y área, para de esta manera obtener resultados en la disminución del nivel sonoro total de un equipo o área.

Todas las gestiones técnicas seleccionadas e implementadas en los equipos y áreas elegidas, se puede implementarse en el resto de equipos y áreas de la empresa con la finalidad de proteger la salud ocupacional de los trabajadores expuestos a niveles de ruido por encima de los límites permisibles.

2.5 IMPLEMENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE CAPACITACIONES EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL REFERENTE A LA EXPOSICIÓN A RUIDO

Se desarrolló un formato para la elaboración de un cronograma de capacitaciones con la finalidad de incrementar una cultura preventiva y sobre todo concientizar a todos los trabajadores de la empresa en materia de seguridad y especialmente en salud ocupacional y de esta manera disminuir los riesgos por exposición a ruido al concientizar a cada trabajador por medio de la adiestramiento.

Se recomendó a la empresa que estas capacitaciones deben ser difundidas por una persona profesional capacitada en seguridad y salud ocupacional, de preferencia se realizarán fuera de las instalaciones de la empresa, para que los trabajadores le den la importancia del caso y sean asimiladas por todos los asistentes.

Adicionalmente se sugirió a la empresa, que al finalizar una capacitación, deberá existir un test de evaluación por cada participante, con la finalidad de respaldar una verdadera comprensión, con un puntaje mínimo de aprobación, caso contrario deberá repetir el examen nuevamente.

Se elaboró un formato para la elaboración de un cronograma de capacitaciones con el tema a ser difundido, duración y fecha de planificación, como se muestra el formato en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7. Formato para cronograma de capacitaciones en seguridad y salud ocupacional

TEMA DE CAPACITACIÓN	DURACIÓN DE LA CAPACITACIÓN (horas)	FECHA DE PLANIFICACIÓN
Tema 1		
Tema 2		
Tema 3…		

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se documentaron en diferentes tablas todos los monitoreos realizados en los ambientes y puestos de trabajo, así como también todos los monitoreos adicionales que se realizaron para una adecuada gestión técnica de reducción de ruido en el área de estudio. A continuación se registraron todos los resultados obtenidos en el presente proyecto.

Todas las tablas tienen su respectiva discusión de los resultados obtenidos en las diferentes mediciones y gestiones.

3.1 RESULTADOS EN AMBIENTES DE TRABAJO

Los resultados de las mediciones en los ambientes de trabajo del área de Fabricación, el área de Corte y Soldadura y el área de Calidad, fueron recopilados en el formato previamente elaborado para poder registrar las diferentes mediciones técnicas de campo, como se muestran los datos presentados en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Resultados de medición en ambientes de trabajo

ÁREA DE TRABAJO	Nivel de Ruido (dBA)			Trabajadores Expuestos		Horas	
	Leq	Min	Max	Directos	Indirectos	Exposición	Permitido*
Fabricación	107,7	96,1	104,7	22	9	10 horas	0,9 horas
Corte y Soldadura	97,2	89,4	94,2	2	1	4 horas	1,6 horas
Calidad	91,9	87,6	88,9	6	5	4 horas	2,9 horas

* El tiempo máximo fue calculado utilizando la ecuación 1.7 de la página 14, estipulado en el Reglamento de Seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del ambiente de trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, art. 55.

Para una mayor visualización de los resultados de la Tabla 3.1., con respecto a la medición en ambientes de trabajo, se graficó las 3 áreas de trabajo con su tiempo de exposición actual, tiempo máximo de exposición y su nivel de exposición a ruido, como lo muestran los resultados de la Figura 3.1.

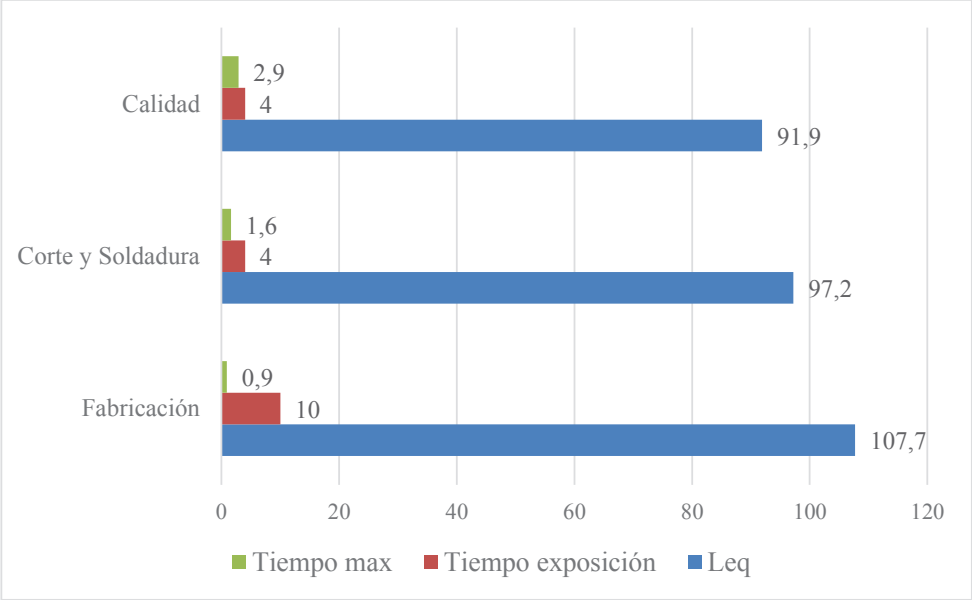


Figura 3.1. Resultados de medición en ambientes de trabajo

- **Discusión:**

De acuerdo a los resultados que se obtuvo de la medición inicial en los ambientes de trabajo estipulados en la Tabla 3.1 y Figura 3.1., la misma que reflejó que el área de mayor exposición a ruido, es el área de Fabricación, corroborando la percepción de todos los trabajadores y la justificación del presente proyecto.

El área de Fabricación al superar los límites permisibles de exposición a ruido, al ser una área de producción que labora las 24 horas y por abarcar mayor personal expuesto comparado con el resto de áreas, se realizó el monitoreo en los puestos de trabajo de la sección tornos del área de fabricación.

Para respaldar más aún la categorización en la sección tornos del área de fabricación, se realizó un análisis VIN y una evaluación de riesgos.

3.2 RESULTADOS DE UN ANÁLISIS VIN (VITAL, IMPORTANTE, NORMAL)

Se detallaron todos los equipos del área de fabricación, para clasificarlos en equipos vitales, importantes y normales para la producción, como lo muestra los datos de la Tabla 3.2.

Tabla 3.2. Análisis Vital, Importante, Normal (VIN)

ÍTEM	MÁQUINA:	TIEMPO DE USO (horas)	PORCENTAJE	VITAL	IMPORTANTE	NORMAL
1	Torno 1 (T1)	24	6%	6%		
2	Torno 2 (T2)	24	6%	6%		
3	Torno 3 (T3)	24	6%	6%		
4	Torno 4 (T4)	24	6%	6%		
5	Torno 5 Smart (ST1)	24	6%	6%		
6	Torno Vertical (TV)	12	6%		6%	
7	Fresadora (F1)	12	6%			6%
8	Fresadora (F2)	12	6%			6%
9	Fresadora (F3)	12	6%			6%
10	Taladro Radial Nº1 (TR1)	12	6%			6%
11	Taladro Radial Nº2 (TR2)	12	6%			6%
12	Mandrinadora (M1)	12	6%		6%	
13	Compresor (C1)	24	6%			6%
14	Mortajadora	12	6%		6%	
15	Prensa hidráulica	2	6%			6%
16	Esmeril	2	6%			6%
17	Esmeril	2	6%			6%
			100%	**29%**	**18%**	**53%**

Para el presente trabajo, se seleccionó los equipos que son vitales para la producción, los mismos que laboran las 24 horas del día, como lo muestra los porcentajes en la Figura 3.2., el resto de equipos como importantes y normales, fueron considerados equipos complementarios a la producción y con un menor tiempo de uso diario.

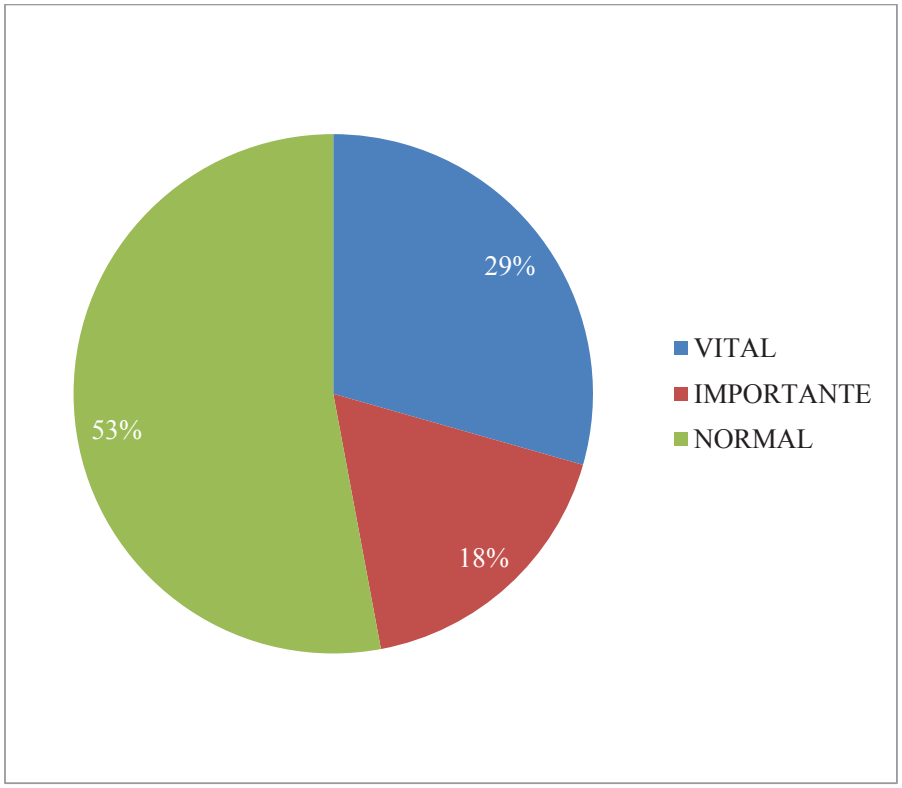


Figura 3.2. Porcentaje de equipos vitales, importantes y normales

- **Discusión:**

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en la figura 3.2 figura que los equipos vitales para la producción comprenden el 29% y el 53% corresponden a equipos normales que son complementarios a la producción, apenas el 18% comprenden a equipos importantes para la producción. El área de estudio se desarrolló en los equipos vitales desde el punto de vista de la producción.

3.3 EVALUACIÓN DE RIESGOS POR EQUIPOS DEL ÁREA DE FABRICACIÓN

A parte del análisis VIN relacionado netamente a la producción, se realizó una evaluación de riesgos por cada equipo que se mantiene dentro del área de fabricación, donde se detalló cada máquina del taller de fabricación.

Dentro de esta evaluación de riesgos por cada equipo dentro del taller de fabricación se consideró la probabilidad de que ocurra el daño (A: alto, M: medio o B: bajo), la consecuencia esperada del daño (LD: ligeramente dañino, D: dañino o ED: extremadamente dañino) y finalmente la estimación de riesgo de forma cualitativamente (TRI: trivial, TOL: tolerable, MOD: moderado, IMP: importante, INT: intolerable), como lo muestran los resultados de la evaluación de riesgos presentados en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Evaluación cualitativa de riesgos por cada equipo

N°	PUESTO DE TRABAJO	PROBABILIDAD			CONSECUENCIA			ESTIMACION DEL RIESGO				
		B	M	A	LD	D	ED	TRI.	TOL.	MOD.	IMP.	INT.
1	Torno 1 (T1)			1			1				IMP.	
2	Torno 2 (T2)			1			1				IMP.	
3	Torno 3 (T3)			1			1				IMP.	
4	Torno 4 (T4)			1			1				IMP.	
5	Torno 5 Smart (T5)			1			1				IMP.	
6	Torno Vertical (TV)			1		1				MOD.		
7	Fresadora (F1)		1			1			TOL.			
8	Fresadora (F2)		1			1			TOL.			
9	Fresadora (F3)		1			1			TOL.			
10	Taladro Radial Nº1 (TR1)			1		1				MOD.		
11	Taladro Radial Nº2 (TR2)			1		1				MOD.		
12	Mandrinadora (M1)		1			1			TOL.			
13	Compresor (C1)		1			1			TOL.			
14	Mortajadora		1			1			TOL.			
15	Prensa hidráulica	1			1			TRI.				
16	Esmeril 1		1			1			TOL.			
17	Esmeril 2		1			1			TOL.			
TOTAL								**1**	**8**	**3**	**5**	**0**

- **Discusión**

Los resultados de la Tabla 3.3., reflejan que los cinco tornos del área de fabricación, tienen una estimación del riesgo calificada cualitativamente como importante, a parte de los 5 tornos al ser equipos vitales para la producción y con un riesgo importante, se justificó que toda la gestión técnica para la reducción de ruido se desarrolló en la sección tornos del área de fabricación, por las dos evaluaciones técnicas (análisis VIN y evaluación de riesgos) a los equipos.

Para un mayor entendimiento, se desarrolló un gráfico global de la estimación del riesgo, como lo muestra la Figura 3.3.

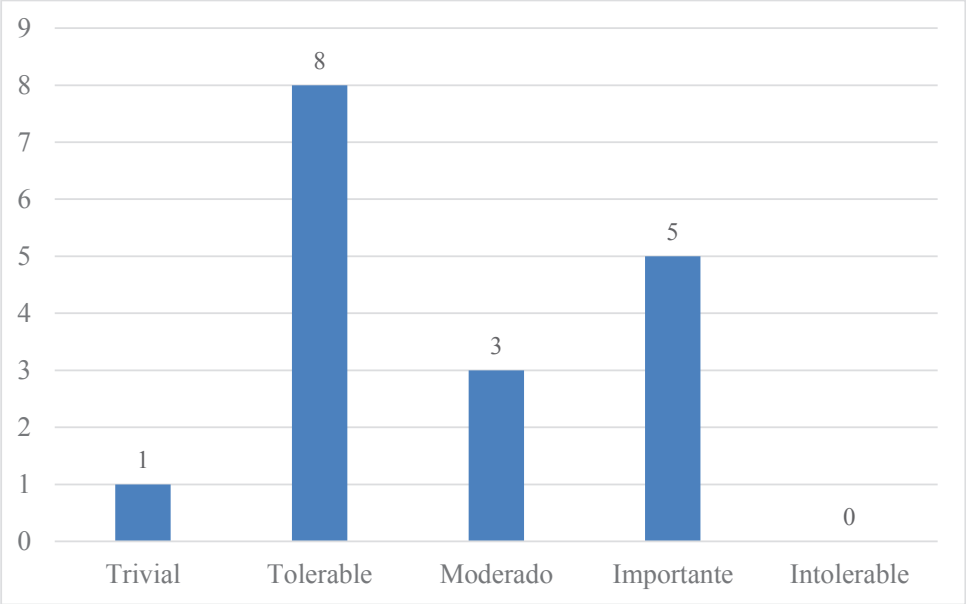


Figura 3.3. Estimación del Riesgo en el área de fabricación

De acuerdo a la Figura 3.3., existen 5 equipos con una estimación de riesgo importante, por lo que la gestión técnica de reducción de ruido se realizó en la sección tornos del área de fabricación, como primera prioridad de riesgo y de producción. No se consideraron los 11 equipos con un riesgo moderado, debido a que estos equipos son importantes y complementarios a la producción y no se utilizan las 24 horas comparadas con los 5 tornos que laboran las 24 horas y que son vitales para la producción.

3.4 COMPARACIÓN DEL ANÁLISIS VIN CON LA EVALUACIÓN DE RIESGOS POR CADA EQUIPO

Para respaldar más aún el estudio específico en la sección tornos del área de fabricación donde se desarrolló toda la gestión técnica para la reducción de ruido, se elaboró una tabla comparativa entre los resultados que se obtuvo en el análisis VIN comparado con la evaluación de riesgos por cada equipo del área de mayor exposición a ruido (fabricación), como lo muestran los resultados presentados en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Comparación del Análisis VIN con la Evaluación de riesgos por cada equipo

ANÁLISIS VIN	%	EVALUACIÓN DE RIESGOS				
		TRI.	TOL.	MOD.	IMP.	INT.
VITAL	29	0	0	0	5	0
IMPORTANTE	18	0	2	1	0	0
NORMAL	53	1	6	2	0	0
TOTAL	**100**	**1**	**8**	**3**	**5**	**0**

- **Discusión:**

La prioridad desde el punto de vista de la producción son los equipos vitales con un 29%, los mismos que concuerdan con los resultados en la evaluación de riesgos que reflejan que 5 equipos tienen una evaluación de riesgos importantes, por lo que se puede aseverar que la gestión técnica debe iniciar donde es prioritario tanto para la producción como para la seguridad industrial y salud ocupacional de los trabajadores.

3.5 RESULTADOS DE MEDICIÓN EN PUESTOS DE TRABAJO

Con base en los resultados de la Tabla 3.1., del monitoreo en ambientes de trabajo, se concluyó que el área de mayor exposición a ruido es el área de fabricación ya que la misma que supera los límites permisibles de exposición a ruido, por lo que se puede aseverar que existen problemas de salud, especialmente en la audición (sordera) de los trabajadores expuestos basados en los resultados de audiometrías realizadas.

Con base en los resultados de los monitoreos obtenidos en los puestos de trabajo se determinó la exposición a ruido real en cada puesto de trabajo y sus posibles consecuencias a la salud al continuar trabajando sin ninguna gestión técnica de reducción de ruido. Todos los puestos de trabajo son ocupados por dos operadores

en diferentes turnos, pero al ser un trabajo fijo, solo se utilizó un sonómetro integrador descartando el uso del dosímetro personal.

Toda la información de los diferentes monitoreos en cada puestos de trabajo de la sección tornos del área de fabricación, se registraron en un solo formato denominado “Registro de medición técnica de campo”, en el mismo se detalló la información de la fuente sonora, equipos y accesorios utilizados, calibración y normativa que cumplen los equipos, diferentes parámetros de medición, hora y duración de la medición, estrategia de medición, tipo de ruido, diferentes parámetros utilizados en los equipos, resultados de medición en cada puesto de trabajo entre otros parámetros, como lo muestran los datos presentados en las Tablas 3.5., 3.6., 3.7., 3.8. y 3.9.

Tabla 3.5. Registro de medición técnica de campo del operador del torno 1

REGISTRO DE MEDICIÓN TÉCNICA DE CAMPO	
Monitoreado por : Juan Carlos Novoa Iñiguez	**Fecha monitoreo:** 21-Feb-2011
Puesto de trabajo: Operador del torno 1 (dos turnos)	
Caracterización de la fuente sonora: Torno 1, Marca Birmingham, Modelo YCL-1660, Serie 611076 /2006-09, origen China	
Características del equipo utilizado: Sonómetro integrador registrador de Marca Extech instruments, modelo 407780, serial 091003973, número certificado 010-11, caducidad calibración 15-Abr-2012, normas que cumple el equipo IEC 651/804 tipo 2 y ANSI S1.4 tipo 2	
Características del calibrador externo utilizado: Marca Extech instruments, modelo 407766, serial Z208368, número certificado 66608, caducidad calibración 12-Ene-2013	

Nº Mediciones	PARÁMETROS DE MEDICIÓN (dBA)					
	Límite Max.	Límite Min.	L eq	Exposición diaria	Exposición 8 h	Dosis de Ruido Diaria
1	85,1	82,6	88,1	78,1	79,1	1,3
2	86,8	85,1	89,8	79,8	80,8	1,3
3	91,1	89,7	94,1	84,1	85,1	1,3
4	94,5	94,2	97,5	87,5	88,5	1,3
5	103,2	83,0	103,2	93,2	94,2	1,3
6	103,3	83,3	103,3	93,3	94,3	1,3
7	103,5	83,4	103,5	93,5	94,5	1,3
8	103,6	83,5	103,6	93,6	94,6	1,3
9	103,8	83,8	103,8	93,8	94,8	1,3
10	103,9	83,9	103,9	93,9	94,9	1,3
PROMEDIO	**101,5**	**87,3**	**101,6**	**91,6**	**92,6**	**1,3**

Estrategia de Medición		
Tarea	Trabajo	Jornada
	X	

Tipo de Ruido generado por la fuente		
Estable (< ± 5 dBA)	Fluctuante (> ± 5 dBA)	Impacto o Impulso
X		

Ponderación del Equipo		
Ponderación A	Ponderación B	Ponderación C
X		

Velocidad de Respuesta del Equipo		
Impulso (35ms)	Rápida (125ms)	Lenta (1s)
		X

Los horarios iniciales de monitoreo fueron en el siguiente horario: 08h30, 09h30, 10h30, 11h30, 14h30, 16h30, 19h30, 21h30, 23h30 y 04h30 con una duración de 30 min cada medición

- **Discusión:**

Los resultados presentados en la Tabla 3.5., refleja que hasta las 10h30 la exposición a ruido se mantiene dentro del límite permisible de 85 dBA para una jornada de 8 horas. A partir de las 11h00 se observó un incremento de la exposición a ruido fuera del límite permisible.

Al finalizar la jornada se detectó la máxima exposición a ruido, por lo que podemos aseverar que el uso del aire comprimido para la limpieza de los equipos aporta al ruido ambiental.

Este equipo mecaniza piezas muy pequeñas comparadas al resto de tornos, pero de la misma manera aporta al ruido ambiental.

Se cumplió con todos los horarios establecidos previamente coordinado con el supervisor e ingeniero de fabricación, con la finalidad de abarcar todos los eventos significativos de exposición a ruido.

Se debería considerar reubicar este equipo al estar cerca de la pared y al lado de otro equipo, el mismo que podría disminuir la exposición a ruido de acuerdo a la teoría.

Tabla 3.6. Registro de medición técnica de campo del operador del torno 2

REGISTRO DE MEDICIÓN TÉCNICA DE CAMPO	
Monitoreado por : Juan Carlos Novoa Iñiguez	**Fecha monitoreo:** 21-Feb-2011
Puesto de trabajo: Operador del torno 2 (dos turnos)	
Caracterización de la fuente sonora: Torno 2, Marca Birmingham, Modelo DLC-1640, Serie E0414 / 2006-04, origen China	
Características del equipo utilizado: Sonómetro integrador registrador de Marca Extech instruments, modelo 407780, serial 0905101773, número certificado 010-11, caducidad calibración 15-Abr-2012, normas que cumple el equipo IEC 651/804 tipo 2 y ANSI S1.4 tipo 2	
Características del calibrador externo utilizado: Marca Extech instruments, modelo 407766, serial Z208368, número certificado 66608, caducidad calibración 12-Ene-2013	

Nº Mediciones	PARÁMETROS DE MEDICIÓN (dBA)					
	Límite Max.	**Límite Min.**	**L eq**	**Exposición diaria**	**Exposición 8 h**	**Dosis de Ruido Diaria**
1	85,1	82,3	88,1	78,1	79,1	1,3
2	86,8	85,1	89,8	79,8	80,8	1,3
3	90,8	89,5	93,8	83,8	84,8	1,3
4	94,5	94,2	97,5	87,5	88,5	1,3
5	100,1	99,8	103,1	93,1	94,1	1,3
6	102,7	82,7	105,7	95,7	96,7	1,3
7	103,0	103,0	106,0	96,0	97,0	1,3
8	103,2	103,2	106,2	96,2	97,2	1,3
9	103,5	103,5	106,5	96,5	97,5	1,3
10	103,9	83,9	106,9	96,9	97,9	1,3
PROMEDIO	**100,8**	**98,9**	**103,8**	**93,8**	**94,8**	**1,3**

Estrategia de Medición		
Tarea	Trabajo	Jornada
	X	
Tipo de Ruido generado por la fuente		
Estable (< ± 5 dBA)	Fluctuante (> ± 5 dBA)	Impacto o Impulso
X		
Ponderación del Equipo		
Ponderación A	Ponderación B	Ponderación C
X		
Velocidad de Respuesta del Equipo		
Impulso (35ms)	Rápida (125ms)	Lenta (1s)
		X

Los horarios iniciales de monitoreo fueron en el siguiente horario: 08h30, 09h30, 10h30, 11h30, 14h30, 16h30, 19h30, 21h30, 23h30 y 04h30 con una duración de 30 min cada medición

- **Discusión:**

Los resultados presentados en la Tabla 3.6., refleja que con el transcurso del incremento de las horas de trabajo también se ve incrementado el nivel exposición a ruido.

Hasta el mediodía la exposición a ruido se mantuvo casi constante ya que no se observa un incremento considerable al mismo, comparado con la exposición a ruido transcurrido el mediodía hasta finalizar la jornada de trabajo que se ve incrementado.

La dosis de ruido diario en todos los monitoreos, supera el límite de 1, por lo que podemos asumir que el trabajador se encuentra expuesto a ruido fuera del límite permisible.

Antes de realizar los monitoreos se realizó una calibración del equipo para garantizar resultados confiables.

El micrófono se lo mantuvo a la altura del oído del trabajador y a una distancia de 1 metro de la fuente sonora.

Tabla 3.7. Registro de medición técnica de campo del operador del torno 3

REGISTRO DE MEDICIÓN TÉCNICA DE CAMPO	
Monitoreado por : Juan Carlos Novoa Iñiguez	**Fecha monitoreo:** 22-Feb-2011
Puesto de trabajo: Operador del torno 3 (dos turnos)	
Caracterización de la fuente sonora: Torno 3, Marca Pinacho, Modelo S-90/310-155, Serie s/n, origen España	
Características del equipo utilizado: Sonómetro integrador registrador de Marca Extech instruments, modelo 407780, serial 091003973, número certificado 010-11, caducidad calibración 15-Abr-2012, normas que cumple el equipo IEC 651/804 tipo 2 y ANSI S1.4 tipo 2	
Características del calibrador externo utilizado: Marca Extech instruments, modelo 407766, serial Z208368, número certificado 66608, caducidad calibración 12-Ene-2013	

Nº Mediciones	PARÁMETROS DE MEDICIÓN (dBA)					
	Límite Max.	**Límite Min.**	**L eq**	**Exposición diaria**	**Exposición 8 h**	**Dosis de Ruido Diaria**
1	86,8	85,0	89,3	79,3	80,3	1,3
2	100,4	100,0	103,4	93,4	94,4	1,3
3	101,8	100,0	104,8	94,8	95,8	1,3
4	102,1	101,6	105,1	95,1	96,1	1,3
5	102,3	102,3	105,3	95,3	96,3	1,3
6	102,7	101,9	105,7	95,7	96,7	1,3
7	103,2	100,0	106,2	96,2	97,2	1,3
8	103,5	100,0	106,5	96,5	97,5	1,3
9	103,7	100,5	106,7	96,7	97,7	1,3
10	103,9	100,7	106,9	96,9	97,9	1,3
PROMEDIO	**102,3**	**100,4**	**105,3**	**95,3**	**96,3**	**1,3**

Estrategia de Medición		
Tarea	Trabajo	Jornada
	X	
Tipo de Ruido generado por la fuente		
Estable (< ± 5 dBA)	Fluctuante (> ± 5 dBA)	Impacto o Impulso
X		
Ponderación del Equipo		
Ponderación A	Ponderación B	Ponderación C
X		
Velocidad de Respuesta del Equipo		
Impulso (35ms)	Rápida (125ms)	Lenta (1s)
		X

Los horarios iniciales de monitoreo fueron en el siguiente horario: 08h30, 09h30, 10h30, 11h30, 14h30, 16h30, 19h30, 21h30, 23h30 y 04h30 con una duración de 30 min cada medición

- **Discusión:**

Los resultados presentados en la Tabla 3.7., reflejó que solo la primera hora al iniciar la jornada laboral cumplió con el límite permisible de 85 dBA para una jornada de 8 horas de trabajo el resto se encuentra fuera del límite permisible.

Se confirmó nuevamente que el máximo nivel de exposición a ruido se registró al finalizar la jornada laboral de trabajo, por el uso del aire comprimido para la limpieza del equipo.

Este torno 3 comparado con los tornos 1 y 2, tiene un incremento en todos los parámetros monitoreados, por lo que se puede asumir que este incremento podría ser por la ubicación del equipo en el centro del taller de fabricación.

Para garantizar resultados confiables en cada monitoreo se realizó un calibración de campo del equipo de monitoreo.

Los monitoreos se realizaron con el operador presente, pero se evitó el apantallamiento del mismo, para lo cual se utilizó un trípode donde se ubicó el equipo de medición alejado del operador y a un metro de distancia de la fuente sonora a la altura del oído del operador con la finalidad de que los resultados sean los más similares a la exposición a ruido que el operador está recibiendo.

Tabla 3.8. Registro de medición técnica de campo del operador del torno 4

REGISTRO DE MEDICIÓN TÉCNICA DE CAMPO	
Monitoreado por : Juan Carlos Novoa Iñiguez	**Fecha monitoreo:** 22-Feb-2011
Puesto de trabajo: Operador del torno 4 (dos turnos)	
Caracterización de la fuente sonora: Torno 4, Marca Leblond, Modelo 24" Regal Lathes, Serie 7HS-715, origen Estados Unidos	
Características del equipo utilizado: Sonómetro integrador registrador de Marca Extech instruments, modelo 407780, serial 0905101773, número certificado 010-11, caducidad calibración 15-Abr-2012, normas que cumple el equipo IEC 651/804 tipo 2 y ANSI S1.4 tipo 2	
Características del calibrador externo utilizado: Marca Extech instruments, modelo 407766, serial Z208368, número certificado 66608, caducidad calibración 12-Ene-2013	

Nº Mediciones	PARÁMETROS DE MEDICIÓN (dBA)					
	Límite Max.	**Límite Min.**	**L eq**	**Exposición diaria**	**Exposición 8 h**	**Dosis de Ruido Diaria**
1	103,9	100,7	106,9	96,9	97,9	1,3
2	103,8	100,4	106,8	96,8	97,8	1,3
3	103,7	100,5	106,7	96,7	97,7	1,3
4	103,6	103,4	106,6	96,6	97,6	1,3
5	103,5	100,3	106,5	96,5	97,5	1,3
6	103,3	100,1	106,3	96,3	97,3	1,3
7	103,2	100,0	106,2	96,2	97,2	1,3
8	102,8	102,8	105,8	95,8	96,8	1,3
9	101,1	100,0	104,1	94,1	95,1	1,3
10	92,0	80,0	95,0	85,0	86,0	1,3
PROMEDIO	**102,9**	**100,6**	**105,9**	**95,9**	**96,9**	**1,3**

Estrategia de Medición		
Tarea	Trabajo	Jornada
	X	
Tipo de Ruido generado por la fuente		
Estable (< ± 5 dBA)	Fluctuante (> ± 5 dBA)	Impacto o Impulso
X		
Ponderación del Equipo		
Ponderación A	Ponderación B	Ponderación C
X		
Velocidad de Respuesta del Equipo		
Impulso (35ms)	Rápida (125ms)	Lenta (1s)
		X

Los horarios iniciales de monitoreo fueron en el siguiente horario: 08h30, 09h30, 10h30, 11h30, 14h30, 16h30, 19h30, 21h30, 23h30 y 04h30 con una duración de 30 min cada medición

- **Discusión:**

Los resultados presentados en la Tabla 3.7., reflejó desde el inicio de la jornada laboral una exposición fuera del límite permisible de 85 dBA para una jornada laboral de 8 horas y al finalizar la jornada de trabajo disminuyó a 86,0 dBA.

Cabe recalcar que el motor eléctrico de este equipo, no tiene ninguna protección, por lo que deducimos existe un aporte al ruido ambiental.

El torno 4 comparado con el torno 3 tiene un ligero incremento del nivel de exposición a ruido, pero se podría considerar con el mismo nivel de exposición, ya que el incremento únicamente se refleja en los decimales.

Se utilizó en el equipo de medición un protector para las corrientes de vientos que puedan alterar las mediciones normales, ya que el taller de fabricación tiene dos puertas grandes, las mismas que se abren continuamente.

El torno 4 maneja piezas muy grandes comparadas con el resto de equipos, por lo que podemos aseverar que este equipo aporta al ruido ambiental.

Tabla 3.9. Registro de medición técnica de campo del operador del torno 5

REGISTRO DE MEDICIÓN TÉCNICA DE CAMPO	
Monitoreado por : Juan Carlos Novoa Iñiguez	**Fecha monitoreo:** 23-Feb-2011
Puesto de trabajo: Operador del torno 5 (dos turnos)	
Caracterización de la fuente sonora: Torno 5, Marca Pinacho, Modelo CFC36 / Smart 260, Serie 54745 / 2008, origen España	
Características del equipo utilizado: Sonómetro integrador registrador de Marca Extech instruments, modelo 407780, serial 091003973, número certificado 010-11, caducidad calibración 15-Abr-2012, normas que cumple el equipo IEC 651/804 tipo 2 y ANSI S1.4 tipo 2	
Características del calibrador externo utilizado: Marca Extech instruments, modelo 407766, serial Z208368, número certificado 66608, caducidad calibración 12-Ene-2013	

Nº Mediciones	PARÁMETROS DE MEDICIÓN (dBA)					
	Límite Max.	Límite Min.	L eq	Exposición diaria	Exposición 8 h	Dosis de Ruido Diaria
1	92,9	90,1	95,9	85,9	86,9	1,3
2	93,4	91,4	96,4	86,4	87,4	1,3
3	94,6	90,4	97,6	87,6	88,6	1,3
4	95,3	92,5	98,3	88,3	89,3	1,3
5	96,8	93,5	99,8	89,8	90,8	1,3
6	97,1	95,3	100,1	90,1	91,1	1,3
7	98,4	96,5	101,4	91,4	92,4	1,3
8	99,5	97,3	102,5	92,5	93,5	1,3
9	94,8	92,7	97,8	87,8	88,8	1,3
10	94,9	93,1	97,9	87,9	88,9	1,3
PROMEDIO	**96,3**	**93,9**	**99,3**	**89,3**	**90,3**	**1,3**

Estrategia de Medición		
Tarea	Trabajo	Jornada
	X	

Tipo de Ruido generado por la fuente		
Estable (< ± 5 dBA)	Fluctuante (> ± 5 dBA)	Impacto o Impulso
X		

Ponderación del Equipo		
Ponderación A	Ponderación B	Ponderación C
X		

Velocidad de Respuesta del Equipo		
Impulso (35ms)	Rápida (125ms)	Lenta (1s)
		X

Los horarios iniciales de monitoreo fueron en el siguiente horario: 08h30, 09h30, 10h30, 11h30, 14h30, 16h30, 19h30, 21h30, 23h30 y 04h30 con una duración de 30 min cada medición

- **Discusión:**

Los resultados presentados en la Tabla 3.9., reflejó el equipo con una menor exposición a ruido comparada con el resto de tornos.

Al ser un equipo relativamente nuevo y con un nivel de exposición dentro de los parámetros permisibles (nivel de fábrica de 85 dB), pero en los resultados refleja que supera el límite permisible, debido al aporte de dos máquinas cercanas, el resto de máquinas dentro del taller de fabricación, también puede influenciar que este equipo se encuentra ubicado en una esquina del taller de fabricación, por lo que se recomendaría realizar una reubicación de los equipos que se encuentren muy cerca de paredes o esquinas del taller de fabricación.

3.6 RESUMEN DE LOS RESULTADOS EN CADA PUESTOS DE TRABAJO DE LA SECCCIÓN TORNOS DEL ÁREA DE FABRICACIÓN

Se cumplió con el cronograma de horarios establecidos, ya que conjuntamente con el operador del equipo, supervisor e ingeniero de Fabricación, se acordó realizar estos monitoreos a las horas establecidas, ya que comúnmente ese es el horario donde existe un ruido representativo para este monitoreo, por lo que se cumplió con el horario establecido inicialmente.

Todas las mediciones fueron efectuadas con el operador presente frente a la máquina, ya que no fue posible realizar mediciones sin la ausencia del trabajador, debido a que el operador debe permanecer constantemente frente al equipo, se evitó al máximo el apantallamiento del operador, del técnico del monitoreo y objetos cercanos, por lo que se eligió colocar el equipo con un trípode al mismo nivel donde se ubica el trabajador con la finalidad de realizar mediciones que se asemejen más a la realidad y de igual manera se consideró la altura del oído del operador para obtener la exposición real que está percibiendo el trabajador.

Para un mayor entendimiento, se realizó una tabla resumen que reúne los principales parámetros técnicos como el nivel de ruido, trabajadores expuestos y tiempo de exposición por cada puesto de trabajo de forma individual, como lo muestra los datos de la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Resumen de la medición en puestos de trabajo en la sección tornos del área de fabricación

PUESTOS DE TRABAJO	Nivel de Ruido (dBA)			Trabajadores Expuestos		Horas	
	Leq	Min	Max	Directos	Indirectos	Exposición	Permitido*
Tornero 1	101,6	87,3	101,5	22	9	10 horas	1,2 horas
Tornero 2	103,8	98,9	100,8	22	9	10 horas	1,1 horas
Tornero 3	105,3	100,4	102,3	22	9	10 horas	1,0 horas
Tornero 4	105,9	100,6	102,9	22	9	10 horas	0,9 horas
Tornero 5	99,3	93,9	96,3	22	9	10 horas	1,4 horas

El detalle de la Tabla 3.10. con respecto al resumen de la medición en puestos de trabajo en la sección tornos del área de fabricación, fueron obtenidos de los resultados documentados en el Registro de medición técnica de campo de cada equipo, como lo muestra los datos de las Tablas 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9

* El tiempo máximo fue calculado utilizando la ecuación 1.7 de la página 14, estipulado en el Reglamento de Seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del ambiente de trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, art. 55.

- **Discusión:**

Todos los resultados presentados en la Tabla 3.10 a manera de resumen, ayudaron a conocer lo que realmente están expuestos cada uno de los operadores en cada puesto de trabajo y poder realizar la gestión técnica de reducción de ruido.

Las mediciones por cada puesto de trabajo, se realizaron con todos los equipos del área de fabricación encendidos en plena producción y con la presencia del trabajador, debido a que la producción de esa época estaba retrasada y fue imposible realizar el monitoreo sin la presencia del trabajador y con todos los equipos restantes encendidos y funcionando normalmente.

Desde el torno 1 al torno 4, refleja una mayor exposición a ruido, al ser equipos de segunda mano con algunos años de vida y de mantenimiento, comparado a los resultados del torno 5 que a pesar ser un torno con control numérico computarizado (CNC) relativamente nuevo, refleja una exposición a ruido elevada, por lo que se puede aseverar que es debido al aporte de los equipos cercanos, ubicación en una esquina del taller y al uso de aire comprimido para limpieza de equipos.

3.6.1 RESULTADOS GRÁFICOS DE LA MEDICIÓN EN PUESTOS DE TRABAJO

Para una mayor visualización de los resultados de las mediciones en los puestos de trabajo de la sección tornos del área de fabricación, se documentaron de forma gráfica los resultados de la Tabla 3.10., como lo muestras los resultados de la Figura 3.4.

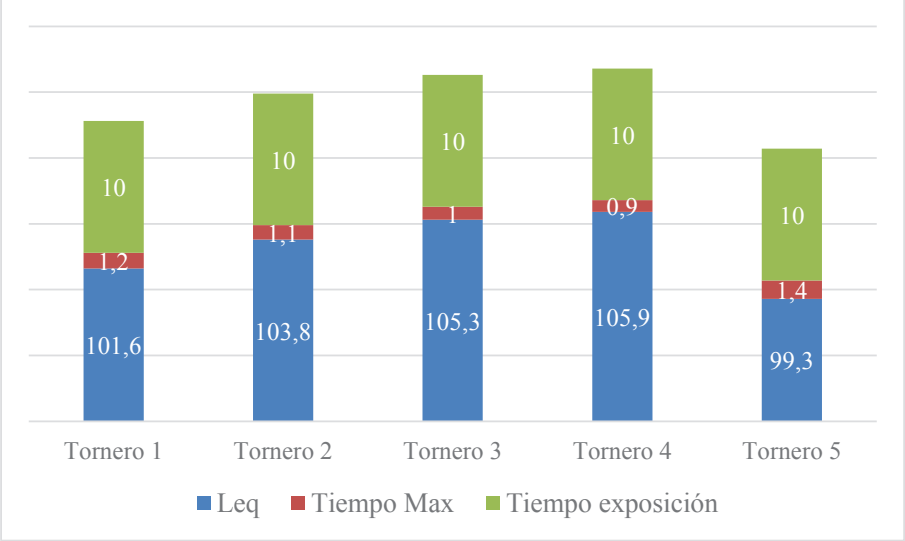


Figura 3.4. Resultados de las mediciones en los puestos de trabajo

- **Discusión:**

Ningún puesto de trabajo en la sección tornos del área de fabricación cumple con

el límite permisible de 85 dBA para una jornada de trabajo de 8 horas, por lo que se puede corroborar los resultados de las audiometrías de todo el personal de fabricación que reflejan que más de la mitad del personal (57,2%) del área de fabricación tienen problemas de audición comparada con el 42,8% de personal aún tienen una audición normal.

Si no se realiza ninguna gestión técnica de reducción de ruido en el área de fabricación, los problemas de audición podrían incrementarse perjudicando la salud del trabajador por la exposición prolongada a ruido fuera del límite permisible.

3.7 RESULTADOS DE CUMPLIMIENTO LEGAL

Con base en los resultados obtenidos en los ambientes de trabajo y en los puestos de trabajo, se estableció el cumplimiento legal (Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto Ejecutivo 2393, Art. 55 literal 7), como lo muestra los datos de la Tabla 3.11.

Tabla 3.11. Resultados de cumplimiento legal

ÁREA DE TRABAJO* Ó PUESTO DE TRABAJO	**MEDICIONES EFECTUADAS (dBA)**	**STATUS CUMPLIMIENTO LEGAL**	**LÍMITE PERMISIBLE** Art. 55, literal 7 Decreto Ejecutivo 2393 (horas) Ec. 7, pág. 14
Área de Fabricación*	107,7	No cumple	0,9
Corte y Soldadura*	97,2	No cumple	1,6
Área de Calidad*	91,9	No cumple	2,9
Torno 1	92,6	No cumple	2,6
Torno 2	94,8	No cumple	2,0
Torno 3	96,3	No cumple	1,8
Torno 4	96,9	No cumple	1,7
Torno 5	90,3	No cumple	3,8

El límite permisible legal estipulado en la Tabla 3.11., está ratificado por dos normativas a nivel Ecuador ya que el resto de normas solo manifiestan las obligaciones de los empresarios o empleadores con respecto a la prevención de los riesgos físicos (ruido) que deben cumplir.

Se detalló a continuación las normativas que estipulan el límite máximo permisible de 85 dBA durante una jornada de 8 horas:

- República del Ecuador. 1986. *Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo: Decreto Ejecutivo 2393, Registro Oficial 565 de 17 de Noviembre de 1986*. Quito, Ecuador.
- República del Ecuador. 2001. *Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador: Decreto 1215, Registro Oficial N° 265*. Quito, Ecuador.

Los resultados de la Tabla 3.11., con respecto al cumplimiento legal de los ambientes y puesto de trabajo y para tener una mayor visualización se agruparon todos los resultados de forma gráfica como lo muestra la Figura 3.5.

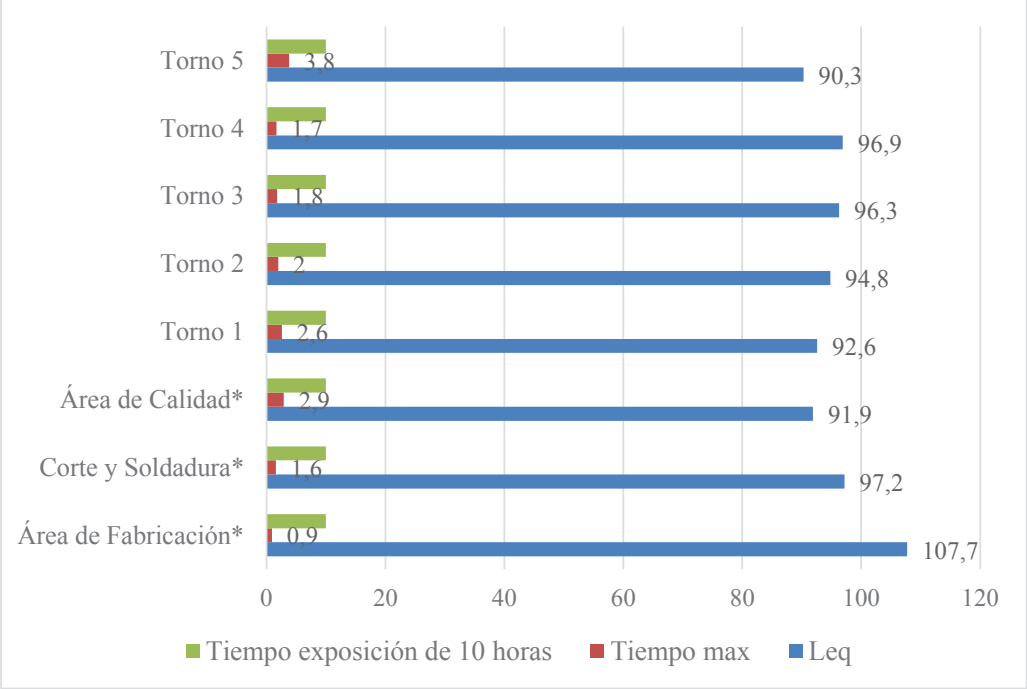


Figura 3.5. Cumplimiento legal en los ambientes y puesto de trabajo

- **Discusión:**

Con base en los resultados obtenidos en los diferentes ambientes y puestos de trabajo, reflejó resultados fuera de los límites permisibles de exposición a ruido.

Con este nivel actual de exposición a ruido está afectando a los operadores de acuerdo a los resultados de las audiometrías de cada trabajador, por lo que realmente se requiere una gestión técnica de reducción a ruido en la sección tornos del área de fabricación al ser el área de mayor exposición a ruido.
Los valores de la exposición a ruido, fueron recolectados de los resultados de las Tablas 3.5., 3.6., 3.7., 3.8. y 3.9 respectivamente.

Con base en los datos presentados en la Tabla 3.11., se comprobó que todas las

áreas no cumplen con la legislación nacional de exposición de ruido, por lo que se requirió de una gestión técnica de reducción de ruido, con la finalidad de no incrementar problemas de salud como la pérdida de audición de los trabajadores expuestos a ruido, como lo reflejan los resultados de las audiometrías.

La suma logarítmica de los valores de la exposición a ruido a 8 horas de trabajo de los 5 tornos proporcionó un resultado de 101,8 dBA, dando una diferencia de 6 dBA valor monitoreado en el ambiente de trabajo del área de fabricación, dentro de esta área dio un resultado de 107,7 dBA. De esta manera podemos corroborar los resultados que se obtuvo en las diferentes mediciones en ambientes de trabajo comparado con las mediciones en los puestos de trabajo.

Todos los ambientes y puesto de trabajo de acuerdo a los resultados obtenidos no cumplieron con la normativa legal que rige en el Ecuador, por eso la gran importancia y justificación en la elaboración del presente trabajo.

3.8 TIEMPO MÁXIMO DE EXPOSICIÓN A RUIDO

A partir de los datos presentados en la Tabla 3.11., se determinó cuál sería la exposición a ruido máxima que deberían estar expuesto los trabajadores sin perjudicar con su audición normal con el mismo nivel de exposición a ruido actual.

Para calcular el tiempo de exposición máxima, se empleó la ecuación 1.7., donde se determinó el tiempo de exposición máxima que debe estar expuesto el trabajador para no afectar su audición, como lo muestran los datos de la Tabla 3.12.

Tabla 3.12. Tiempo de exposición máxima

AREA DE TRABAJO Ó PUESTO DE TRABAJO	MEDICIONES EFECTUADAS (dBA)	TIEMPO DE EXPOSICIÓN MÁXIMA* (horas)
Área de Fabricación	107,7	0,9
Corte y Soldadura	97,2	1,6
Área de Calidad	91,9	2,9
Torno 1	92,6	2,6
Torno 2	94,8	2,0
Torno 3	96,3	1,8
Torno 4	96,9	1,7
Torno 5	90,3	3,8

* El tiempo máximo fue calculado utilizando la ecuación 1.7 de la página 14, estipulado en el Reglamento de Seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del ambiente de trabajo, Decreto Ejecutivo 2393, art. 55.

Para una mayor visualización, se documentaron de forma gráfica los resultados del tiempo de exposición máxima en minutos en color rojo comparada con horas en color verde debido a que los tiempos son muy cortos y no se aprecien adecuadamente, como lo muestran los resultados en la Figura 3.6.

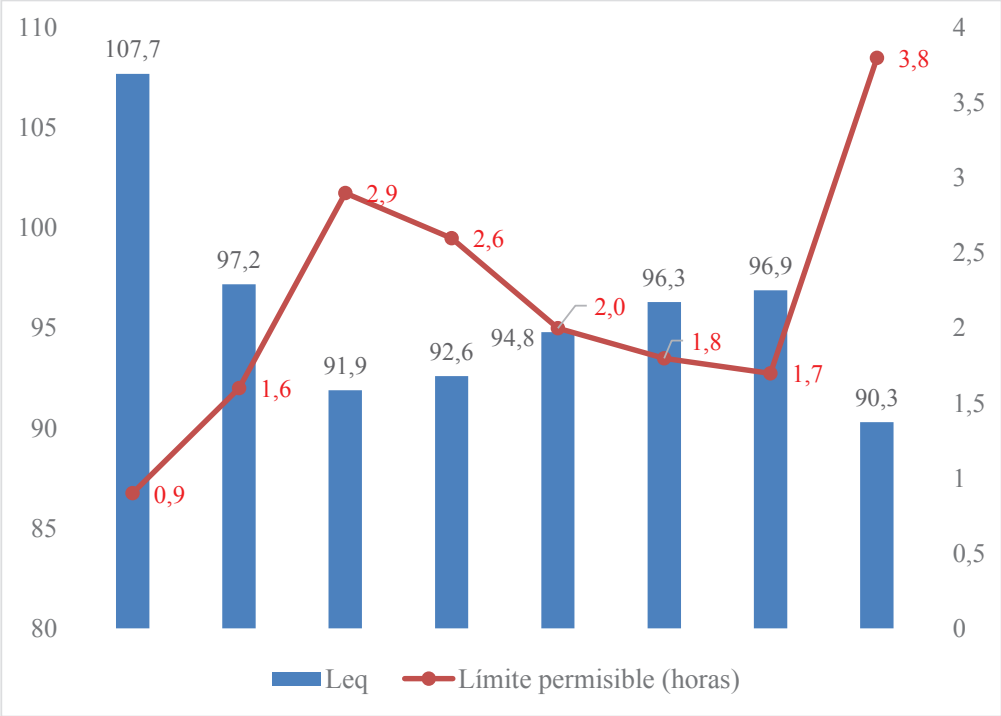


Figura 3.6. Tiempo máximo de exposición a ruido

- **Discusión:**

Con base en los datos presentados en la Tabla 3.12., se requiere de una gestión técnica de reducción de ruido, para evitar problemas de salud, especialmente con la audición de los trabajadores, ya que si no se realiza ningún tipo de gestión, el incremento de pérdida de audición, iría perjudicando la audición del trabajador, todo esto se basó en los resultados de las audiometrías de los trabajadores.

El tiempo de exposición inicial fue de 10 horas, siendo el tiempo de exposición máximo menor del 20% de la exposición inicial como se aprecia en la Figura 3.6., este tiempo máximo de exposición es para evitar posibles problemas de audición, esto es debido a que existen problemas de audición de acuerdo a los resultados de las audiometrías realizadas a los trabajadores del área de estudio.

3.9 MEDICIÓN DE RUIDO INDIVIDUALMENTE EN EL MOTOR ELÉCTRICO DE CADA EQUIPO

Se realizó individualmente un monitoreo a los motores eléctricos de cada torno, con la finalidad de comprobar si el motor eléctrico encendido independientemente al uso del torno, aportan al ruido ambiental, como lo muestra los datos de la Tabla 3.13.

Tabla 3.13. Registro de medición técnica de campo de los motores eléctricos

REGISTRO DE MEDICIÓN TÉCNICA DE CAMPO					
Monitoreado por : Juan Carlos Novoa Iñiguez				**Fecha monitoreo:** 24-Feb-2011	
Puesto de trabajo: Cinco motores eléctricos de los tornos: 1, 2, 3, 4 y 5					
Caracterización de la fuente sonora: Cinco motores eléctricos de los siguientes tornos: Torno 1 modelo YCL-1660, serial 611076, 7.5 HP, 220V, 60 Hz; Torno 2 marca C.P. Tools Inc., modelo DLC-1640, serial E0424, 10 HP, 220V, 60 Hz; Torno 3 marca Metoss, modelo ND132MD, serial ND154DJ, 55 HP, 230V, 50Hz; Torno 4 marca Delco, modelo 4K5424, serial C-81, 20 HP, 230V, 60 Hz; Torno 5 marca Petrollo, serial JCR-1A, 0.5HP, 110V, 60 Hz, 0.6kW					
Características del equipo utilizado: Sonómetro integrador registrador de Marca Extech instruments, modelo 407780, serial 091003973, número certificado 010-11, caducidad calibración 15-Abr-2012, normas que cumple el equipo IEC 651/804 tipo 2 y ANSI S1.4 tipo 2					
Características del calibrador externo utilizado: Marca Extech instruments, modelo 407766, serial Z208368, número certificado 66608, caducidad calibración 12-Ene-2013					
Nº Mediciones	**PARÁMETROS DE MEDICIÓN (dBA)**				
	TORNO 1	**TORNO 2**	**TORNO 3**	**TORNO 4**	**TORNO 5**
Límite Max.	63,7	72,7	77,5	75,3	70,9
Límite Min.	62,8	71,2	76,3	70,3	63,7
L eq	63,9	72,1	76,9	71,1	69,8
Estrategia de Medición					
Tarea		Trabajo			Jornada
		X			
Tipo de Ruido generado por la fuente					
Estable (< ± 5 dBA)		Fluctuante (> ± 5 dBA)			Impacto o Impulso
X					
Ponderación del Equipo					
Ponderación A		Ponderación B			Ponderación C
X					
Velocidad de Respuesta del Equipo					
Impulso (35ms)		Rápida (125ms)			Lenta (1s)
					X

A continuación se realizó un resumen de las mediciones de ruido de forma individual a cada motor eléctrico de cada torno, como lo muestran los resultados de la Tabla 3.14. y Figura 3.7.

Tabla 3.14. Medición de ruido de forma individual a cada motor eléctrico

Motor Eléctrico	Nivel de Ruido (dBA)			Trabajadores Expuestos	
	Leq	Min	Max	Directos	Indirectos
Torno 1	63,9	62,8	63,7	22	9
Torno 2	72,1	71,2	72,7	22	9
Torno 3	76,9	76,3	77,5	22	9
Torno 4	71,1	70,3	75,3	22	9
Torno 5	69,8	63,7	70,9	22	9

Para una mayor visualización de los resultados presentados en la Tabla 3.14, se realizó un gráfico, como lo muestra la figura 3.7

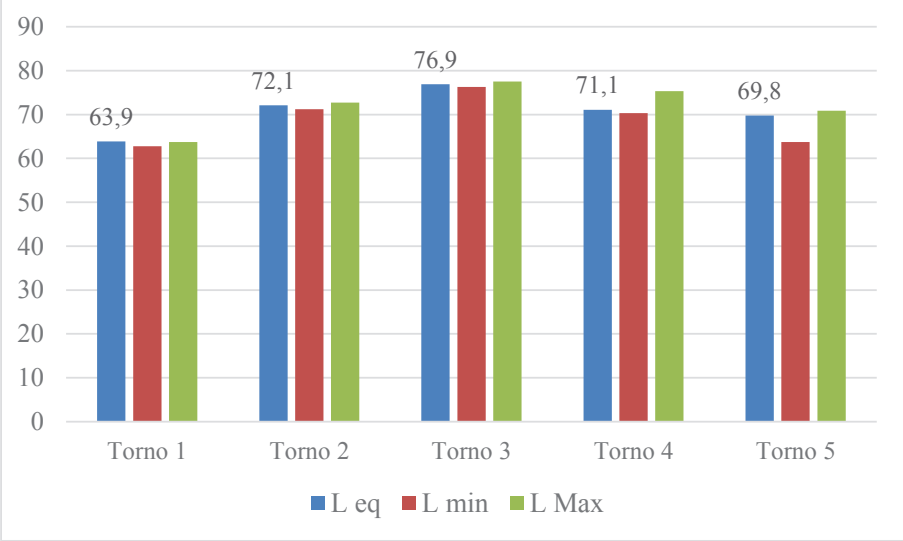


Figura 3.7. Medición de ruido de forma individual a cada motor eléctrico

- **Discusión:**

Los resultados de la Tabla 3.14. y Figura 3.7., reflejaron que el motor eléctrico de cada equipo aporta al ruido ambiental con 79,5 dBA, por lo que se tuvo que realizar la gestión técnica en esta fuente sonora por medio de la colocación de material acústico previo análisis técnico.

El motor eléctrico al aportar ruido al ambiente, se analizó posteriormente el material acústico más adecuado de acuerdo al análisis de la frecuencia, para ser colocado en cada cavidad de cada motor eléctrico con la finalidad de ir reduciendo fuentes sonoras importantes y de esta manera reducir el nivel de exposición a ruido global.

3.10 MEDICIÓN DE RUIDO EN EL USO DEL AIRE COMPRIMIDO

Se realizó un monitoreo individual en el uso del aire comprimido en mangueras individuales de cada equipo, el mismo que es utilizado para la limpieza de las máquinas de forma esporádica y por un lapso muy corto de uso, como lo muestran los datos de la Tabla 3.15.

Tabla 3.15. Medición de ruido en el uso de mangueras con aire comprimido

MANGUERA DEL EQUIPO	NIVEL PICO (dBA)
Torno 1	99,7
Torno 2	99,6
Torno 3	99,5
Torno 4	99,7
Torno 5	99,8
SUMA LOGARÍTMICA	**106,7**

- **Discusión:**

La suma logarítmica reflejó un valor de 106,7 dBA, por lo que se puede aseverar

que este factor aporta al ruido ambiental de forma considerable. Si sumamos logarítmicamente 101,8 dBA que corresponde a la suma logarítmica de los cinco tornos más 106,7 dBA del nivel de exposición a ruido por el uso de aire comprimido, resulta un valor de 107,9 dBA, similar al valor total del monitoreo en el ambiente de trabajo del área de fabricación, para poder corroborar los resultados obtenidos inicialmente.

Con base en estos resultados se puede aseverar que el aporte al ruido ambiental por el uso de aire comprimido en mangueras para la limpieza de los equipos, aporta considerablemente al nivel de exposición a ruido dentro del área de fabricación, por lo que se consideró en la gestión técnica.

3.11 RESULTADOS DEL MONITOREO BANDAS DE FRECUENCIA

La gestión técnica no depende solo de los niveles de presión sonora, sino también cómo la energía acústica se distribuye en cada una de las bandas de frecuencia que componen la fuente sonora, para lo cual se realizó un monitoreo en cada torno utilizando el equipo de medición denominado analizador de frecuencia para establecer el tipo de material acústico más adecuado que dependerá de la frecuencia, estas mediciones se realizaron por cada equipo, el nivel del presión acústica total de un sonido es la suma logarítmica o la integración de los niveles de las distintas bandas de frecuencia, como lo muestra los datos de la Tabla 3.16.

Tabla 3.16. Medición de la banda de frecuencia por equipos

FRECUENCIA (Hz)								LAeq (dBA)	EQUIPO
63	**125**	**250**	**500**	**1 000**	**2 000**	**4 000**	**8 000**		
30,1	51,0	64,6	66,9	72,7	67,4	64,3	56,3	**75,5**	Torno 1
25,7	47,3	63,9	72,8	76,4	75,9	67,6	57,8	**80,4**	Torno 2
24,6	45,4	61,0	72,2	77,9	75,7	68,5	58,9	**81,0**	Torno 3
30,1	51,0	64,1	66,7	71,4	67,7	66,3	55,4	**75,0**	Torno 4
27,2	49,1	62,3	64,7	69,2	65,5	64,2	53,5	**72,9**	Torno 5

Con los datos representados en la Tabla 3.16., se determinó que el rango de frecuencia de la mayoría de los equipos se encuentran en el rango de 500 a 2 K HZ, para lo cual se investigó en el mercado local un material acústico comercial que cubra la mayoría de estas frecuencias y tener una adecuada absorción de los niveles más altos de ruido.

Se seleccionó tres tipos de materiales específicos de venta nacional detallados en Anexo VIII, los mismos que se encuentran dentro del rango de la frecuencia que se requiere, como lo muestra los datos presentados en la Tabla 3.17. y Figura 3.8.

Tabla 3.17. Rango de frecuencias de 3 materiales acústicos

DESCRIPCION DEL MATERIAL	USO	FUNCION PRINCIPAL	BANDAS DE FRECUENCIA EN HZ						Temperatura de trabajo (°C)
			125	250	500	1 000	2 000	4 000	
Aislamiento acústico multipropósito (Bicapa)	Encabinados de máquinas, motores y compresores	Reduce la transmisión de ruido	17	24	28	32	38	31	De - 10 a 80
Aislamiento acústico multipropósito (Barrier)	Para pantallas acústicas	Aislación sonora	18	23	28	33	39	0	De - 10 a 80
Composite liso	Encabinados de máquinas, motores y compresores	Aislación y absorción sonora	25	30	32	37	53	50	De - 10 a 80

Para una mayor visualización de los resultados presentados en la Tabla 3.17, se realizó un gráfico, como lo muestra la figura 3.8

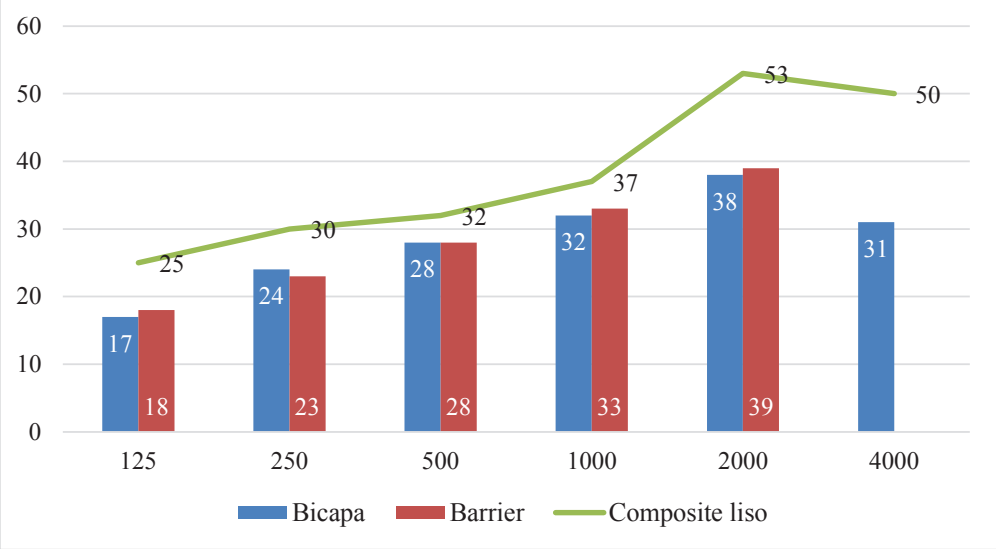


Figura 3.8. Comparación materiales acústicos

- **Discusión:**

La figura 3.8 reflejó que el material acústico denominado comercialmente como

composite liso tiene mejores características de aislamiento y absorción sonora ya que tiene una mayor capacidad de absorción en varios rangos de frecuencia comparadas con los otros dos materiales.

Este mismo material deberá ser utilizado en el motor eléctrico de los tornos y en la caja de engranajes con la finalidad de ir reduciendo el nivel de exposición a ruido actual con el objetivo de ir minimizando la exposición actual a ruido dentro de la sección tornos del área de fabricación.

3.12 RESULTADOS DE AUDIOMETRÍAS

Para respaldar la parte teórica del presente proyecto, con respecto a si la exposición a ruido podría afectar la audición de los trabajadores, se recopilaron los 21 resultados de las audiometrías realizados por la empresa ESP Completion Technologies S.A. por medio del consorcio "Biodilab" y valorados finalmente por el doctor Enrique Yerovi Garcés (otorrinolaringólogo) con código MAT-484-CMP-1363, el mismo que diagnosticó que algunos trabajadores del área de estudio, tenían problemas auditivos (trauma acústico de grado I y/o grado II).

En Anexos VII, se encuentran escaneados 4 de los 21 resultados de audiometrías realizados a los trabajadores del área de fabricación, no era necesario escanear las 21 audiometrías, ya que las mismas están recopiladas en la Tabla 3.18, pero a manera de respaldo se documentó.

Se detalló para un mayor entendimiento, el cargo del trabajador, el nombre del trabajador se mantuvo en anonimato y finalmente el resultado de la valoración médica con respecto a la audición realizada por un médico especialista en el año 2011 y el tiempo de exposición, como se muestra los resultados presentados en la Tabla 3.18.

Tabla 3.18. Resultado de audiometrías

CARGOS DENTRO TALLER FABRICACIÓN	AUDICIÓN NORMAL	TRAUMA ACÚSTICO			TOTAL	TIEMPO EXPOSICIÓN REAL (horas)
		Grado I	Grado I y II	Grado II		
Ing. Fabricación	2,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0
Supervisor	0,0	1,0	0,0	0,0	1,0	10,0
Tornero	6,0	7,0	1,0	1,0	15,0	10,0
Ayudante taller	0,0	2,0	0,0	0,0	2,0	10,0
Bodeguero	1,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,0
SUBTOTAL	9,0	10,0	1,0	1,0	21,0	
PORCENTAJE PARCIAL	42,9	47,6	4,8	4,8	116,7	
PORCENTAJE TOTAL	**42,9**	**57,1**			100,0	
	AUDICIÓN NORMAL	**PROBLEMAS DE AUDICIÓN**				

- **Discusión:**

Con la finalidad de demostrar de forma gráfica la existencia de riesgo a la salud por la exposición a ruido en el área de estudio y basado en la parte teórica, se evidenció que la mayoría de los trabajadores, presentan problemas de audición, como lo muestra la Figura 3.9.

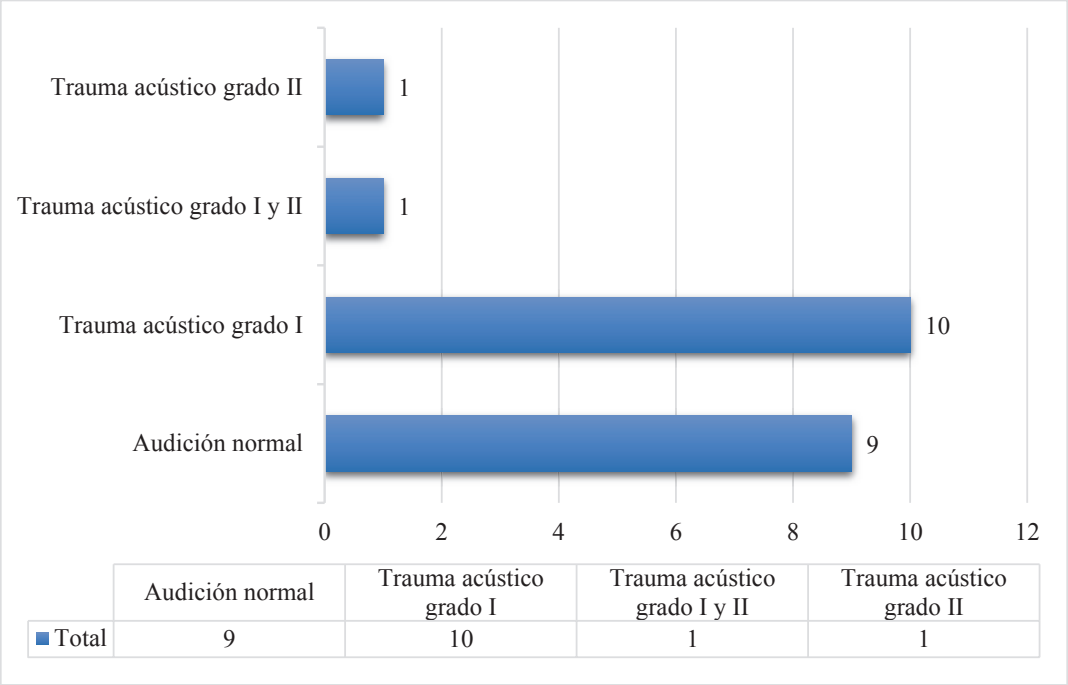


Figura 3.9. Representación gráfica de las audiometrías

Representando en porcentajes los resultados de las audiometrías, para un mayor entendimiento y poder demostrar que la exposición a ruido actual de la empresa está afectando la audición del 57,2% de los trabajadores, como lo muestran los datos de la Tabla 3.19. y Figura 3.10.

Tabla 3.19. Porcentaje de afectación a la audición

CANTIDAD DE TRABAJADORES	AUDICIÓN	PORCENTAJE (%)
10	Trauma acústico grado I	47,6
9	Normal	42,8
1	Trauma acústico grado I y II	4,8
1	Trauma acústico grado II	4,8
Total: 21 trabajadores		**100%**

Para una mayor visualización de la Tabla 3.19, se agrupó los resultados de las audiometrías, como lo muestra la figura 3.10

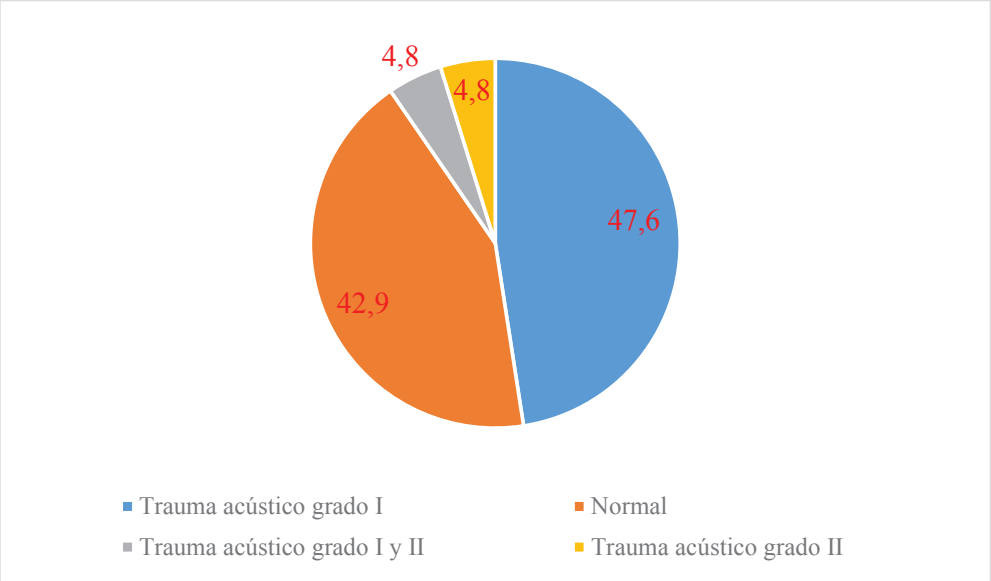


Figura 3.10. Porcentaje de afectación a la audición

A manera de resumen existe más del 50% de los trabajadores que tienen problemas de audición (57,2%) y el resto de trabajadores que representan el 42,8% aún tiene audición normal y si no se realiza ninguna gestión técnica para la reducción del nivel de exposición a ruido actual, se podrían incrementar los problemas de audición incluido las personas que todavía tienen aún una audición normal, para comparar gráficamente todas las personas que registran un problema de audición comparado con las personas que tienen un diagnóstico normal en su audición se elaboró un gráfico, como lo muestra la Figura 3.11.

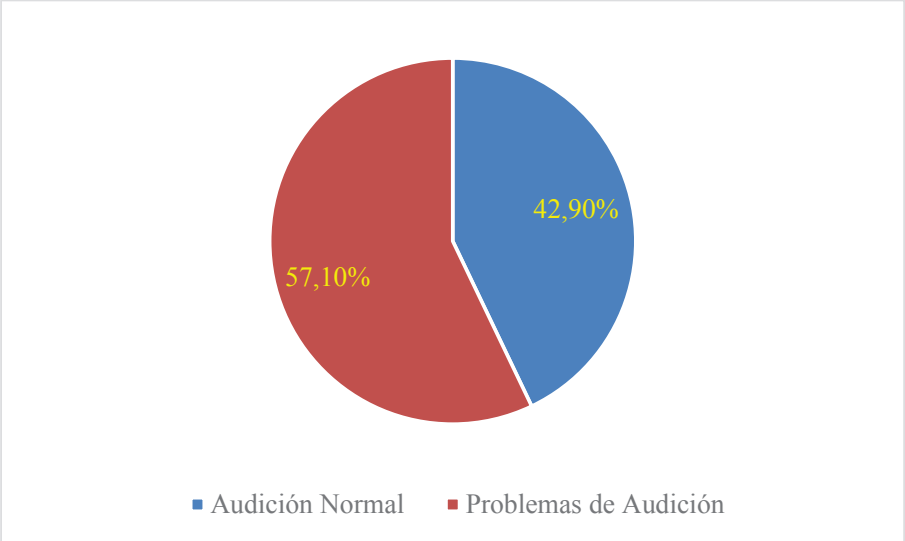


Figura 3.11. Porcentaje general de afectación a la audición

- **Discusión:**

Con base en los resultados de las diferentes audiometrías realizadas a los trabajadores de toda el área de fabricación reflejan que la exposición a ruido perjudica a la audición corroborando con la teoría del presente proyecto, ya que el 57,2% de los trabajadores presentan problemas de audición.

Se puede aseverar que con los resultados de las audiometrías que la exposición a ruido que supera los límites permisibles perjudica a la audición, por lo tanto se justifica la gestión técnica de reducción de ruido en la sección tornos del área de fabricación del presente trabajo, con la finalidad de conservar la audición actual y que ésta no se vea afectado en el futuro al continuar expuesto a niveles de ruido que superan el límite permisible, por eso la importancia del presente trabajo.

Según la valoración médica existen tres personas con audición normal, como se puede apreciar en la Tabla 3.28, esto es debido al tiempo de exposición cortos debido a los cargos (ingenieros de fabricación y bodeguero) desempeñados dentro del área de Fabricación de la empresa, por lo que se puede ratificar la teoría del presente trabajo.

El resto de personas que aún conservan su audición normal y que están directamente involucrados en la actividad, es decir son operadores de los tornos convencionales, se puede aseverar que estos operadores utilizan a conciencia los tapa oídos durante sus horas de labores y esto podemos comprobar con los llamados de atención del Coordinador de Seguridad, Salud y Ambiente de la empresa (Juan Carlos Novoa, periodo de 2,8 años), donde consta que las personas mencionadas no han sido llamados la atención por el no uso de los tapa oídos.

3.13 MEDICIÓN DE RUIDO INDIVIDUALMENTE POR EQUIPOS

Todos los resultados de las mediciones presentadas anteriormente, son con todos los equipos funcionando y con el uso esporádico de aire comprimido para la limpieza de las máquinas dentro del área de fabricación.

El monitoreo con todos los equipos funcionando y con el uso esporádico de aire comprimido era muy importante, con la finalidad de determinar cuánto realmente están expuestos los trabajadores, para corroborar con los resultados de las audiometrías practicadas a los operadores del área de fabricación que reflejan problemas de audición.

Los resultados de los monitoreos en los puestos de trabajo y de las audiometrías, se puede aseverar que los trabajadores a parte de estar expuestos a niveles de ruido por encima de los límites permisibles, se puede corroborar que esta exposición puede perjudicar en la audición de acuerdo al diagnóstico audiométrico de cada trabajador, por eso la importancia y finalidad del presente trabajo.

Por motivos técnicos, se requirió una medición de la exposición a ruido de forma individual de cada equipo, como lo muestran los datos presentados en la Tabla 3.20. y Figura 3.12.

Tabla 3.20. Medición de ruido de forma individual cada equipo

PUESTOS DE TRABAJO	Nivel de Ruido (dBA)			Trabajadores Expuestos		Horas	
	Leq	L Min	L Max	Directos	Indirectos	Exposición	Permitido (Ec. 1.7, pág. 14)
Tornero 1	80,2	76,1	79,2	22	9	10 horas	8,0 horas
Tornero 2	86,6	85,6	87,4	22	9	10 horas	7,5 horas
Tornero 3	86,7	85,5	87,5	22	9	10 horas	7,1 horas
Tornero 4	80,2	76,9	87,6	22	9	10 horas	8,0 horas
Tornero 5	78,7	76,6	79,9	22	9	10 horas	8,0 horas

Para una mayor visualización se documentó de forma gráfica los resultados de la Tabla 3.20., como lo muestran los resultados de la Figura 3.12.

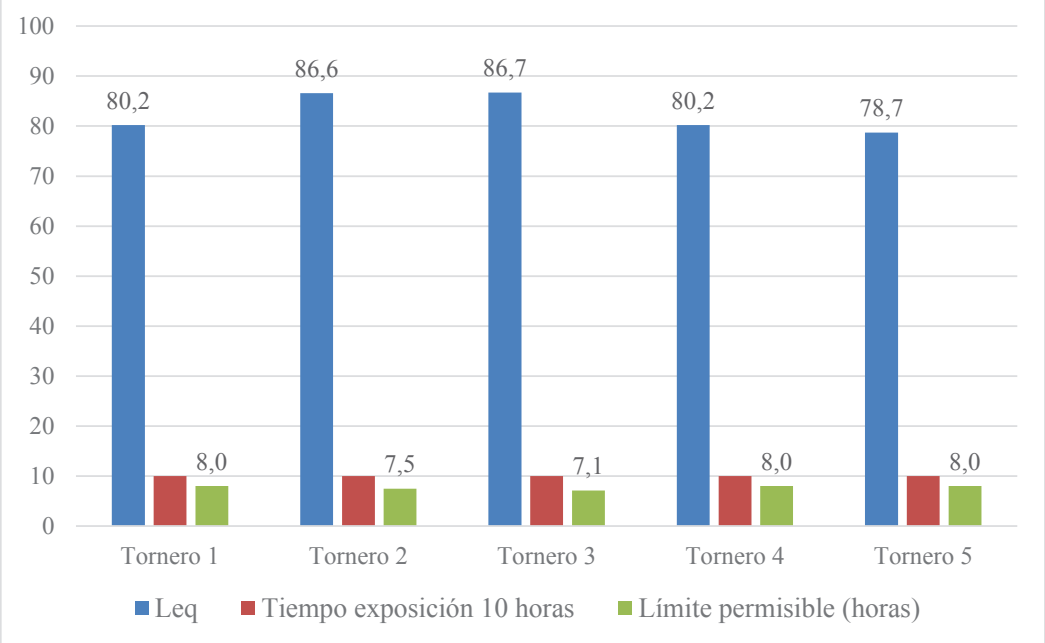


Figura 3.12. Medición de ruido de forma individual cada equipo

- **Discusión:**

Los resultados de la Tabla 3.20. y Figura 3.12., reflejó que el problema

aparentemente es de ruido ambiental, ya que todos los equipos funcionando y el uso de aire comprimido son un aporte considerable a la exposición a ruido de forma global.

Cabe recalcar que las mediciones de exposición a ruido fueron únicamente con el equipo funcionando y el resto de equipos apagados y con una velocidad intermedia en condiciones normales de maquinado, sin el uso de aire comprimido.

La suma logarítmica de los resultados individuales de cada máquina, proporcionó un valor de 90,8 dBA, comparado con el nivel de exposición de 101,8 dBA, por lo que se puede aseverar que existe un gran aporte al nivel de exposición a ruido el uso del aire comprimido para la limpieza del equipo, velocidad máxima del equipo y el aporte del resto de máquinas del área de fabricación.

Con base en los resultados de la Figura 3.12., reflejó que dos tornos (3 y 2) superan el límite permisible y el resto de tornos cumplen con el límite.

3.14 RESULTADOS DE IMPLEMENTACIÓN DE MEDIDAS ADMINISTRATIVAS Y TÉCNICAS

A continuación se detalló las diferentes medidas administrativas y técnicas implementadas en la sección tornos del área de fabricación con la finalidad de ir reduciendo el nivel de exposición a ruido existente y de esta manera conservar la audición actual y que no continúe afectando a la misma.

3.14.1 REDUCCIÓN ACÚSTICA EN LA DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN

La primera medida administrativa, fue disminuir el tiempo de exposición de todos los trabajadores de 12 horas a 8 horas por jornada de trabajo, para lo cual se calculó la exposición a ruido real.

El tiempo de exposición real de todos los trabajadores inicialmente era 10 horas descontando las 2 horas en total de recesos y para disminuir la exposición a ruido se llegó a obtener 7 horas de exposición por jornada.

Se calculó el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LEX, 8h, como se detalló a continuación para un mayor detalle.

- ✓ **Exposición inicial antes de gestión técnica**

La exposición inicial a ruido era de 12 horas de trabajo y un tiempo de exposición de 10 horas a ruido al descontar las dos horas de descanso.

Al sumar logarítmicamente el nivel de exposición a ruido de cada equipo proporcionó como resultado un valor de 101,8 dBA, para calcular el nivel de exposición, se empleó la ecuación 1.14, como lo muestra la siguiente información.

L_{EX}, 8h = 101,8 dBA + 10 log $\left[\frac{10}{8}\right]$ **dB**

L_{EX}, 8h = 102,8 dBA

- ✓ **Exposición final después de la gestión técnica**

La primera gestión técnica administrativa fue la reducción del tiempo de exposición a ruido, para lo cual, se coordinó con el gerente de planta de la empresa ESP Completion Technologies S.A. (Marcelo Carvajal), para que laboren en vez de 12 horas, por cada turno; laboren dos grupos de 8 horas, es decir considerando todos los recesos y tiempo destinado para el almuerzo, se obtuvo una exposición final de 7 horas, para lo cual, se empleó la ecuación 3.14

L_{EX}, 8h = 101,8 dBA + 10 log $\left[\frac{7}{8}\right]$ **dB**

L_{EX}, 8h = 101,2 dBA

De acuerdo a los cálculos realizados anteriormente, se documentó la exposición a ruido de 10 y 7 horas respectivamente y el nivel de exposición a ruido final, como lo muestra los datos de la Tabla 3.21.

Tabla 3.21. Reducción del tiempo de exposición

EXPOSICIÓN DE 10 HORAS	EXPOSICIÓN DE 7 HORAS	NIVEL DE EXPOSICIÓN A RUIDO FINAL
102,8 dBA	101,2 Dba	101,2 dBA

- **Discusión:**

Esta gestión técnica administrativa de reducir el tiempo de exposición, nos ayudará a ir disminuyendo el nivel de exposición actual conjuntamente con el resto de gestiones administrativas y técnicas.

Se obtuvo una reducción final de 101,2 dBA, recordemos que la escala es logarítmica y no aritmética, por lo que todas las gestiones que se realizaron en el presente proyecto por las más mínimas que parezcan nos ayudarán a reducir el nivel de exposición a ruido conjuntamente con todas las gestiones planteadas. El índice de reducción de esta gestión no es muy relevante, ya que la eficiencia es mínima.

3.14.2 REDUCCIÒN ACÚSTICA EN LA LUBRICACIÓN DE LOS EQUIPOS

Para respaldar que el mantenimiento preventivo, beneficia a los equipos y a la disminución del ruido ambiental, se comprobó físicamente que completando el nivel de aceite dentro del sistema de engranajes del torno 2, existió una disminución de la exposición a ruido ya que esta acción lubricó uniformemente todos los engranajes del equipo con la finalidad de evitar el desgaste excesivo y fricción metal con metal y de esta manera disminuir el ruido ambiental.

Se escogió al torno 2, como máquina de prueba, para comprobar si completando el nivel de lubricación dentro de la caja de engranajes del equipo reduce el nivel del ruido, la caja de engranajes es donde se sitúan los diferentes manubrios de control del equipo, como se muestra en la Figura 3.13.

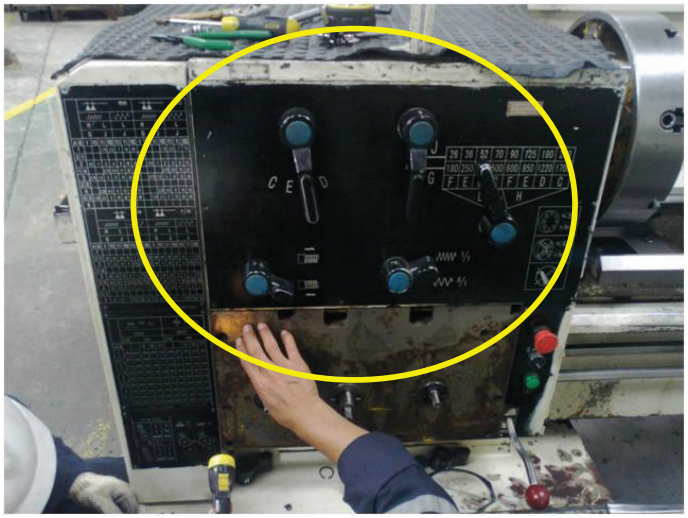


Figura 3.13. Caja de engranajes del torno 2

El nivel de ruido disminuirá mientras se mantenga lubricado constantemente dentro de la caja de engranajes y controles del equipo, ya que la fricción y desgaste entre metal y metal será mínima, como se muestra en la Figura 3.14.

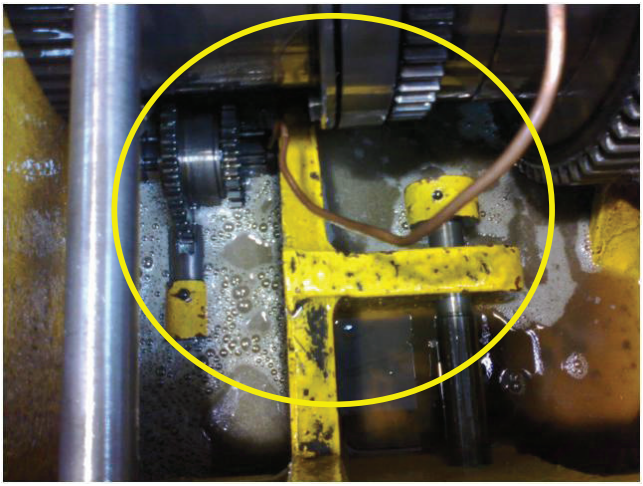


Figura 3.14. Lubricación adecuada dentro de la caja de engranajes del torno 2

Completando el nivel de aceite en la caja de engranajes el torno 2 disminuyó el nivel sonoro de 89,7 a 87,3 dBA, lo cual ayudará a disminuir el ruido ambiental actual, como lo muestran los datos presentados en la Tabla 3.22.

Tabla 3.22. Monitoreo antes y después de la lubricación al equipo

REGISTRO DE MEDICIÓN TÉCNICA DE CAMPO					
Monitoreado por : Juan Carlos Novoa Iñiguez			**Fecha monitoreo:** 26-Abr-2011 y 04-May-2011		
Puesto de trabajo: Torno 2					
Caracterización de la fuente sonora: Torno 2, Marca Birmingham, Modelo DLC-1640, Serie E0414 / 2006-04, origen China					
Características del equipo utilizado: Sonómetro integrador registrador de Marca Extech instruments, modelo 407780, serial 091003973, número certificado 010-11, caducidad calibración 15-Abr-2012, normas que cumple el equipo IEC 651/804 tipo 2 y ANSI S1.4 tipo 2					
Características del calibrador externo utilizado: Marca Extech instruments, modelo 407766, serial Z208368, número certificado 66608, caducidad calibración 12-Ene-2013					
Nº Mediciones	**PARÁMETROS DE MEDICIÓN (dBA)**				
	INICIAL	**FINAL**			
Límite Max.					
Límite Min.					
L eq	89,7	87,3			
Estrategia de Medición					
Tarea		Trabajo			Jornada
		X			
Tipo de Ruido generado por la fuente					
Estable (< ± 5 dBA)		Fluctuante (> ± 5 dBA)			Impacto o Impulso
X					
Ponderación del Equipo					
Ponderación A		Ponderación B			Ponderación C
X					
Velocidad de Respuesta del Equipo					
Impulso (35ms)		Rápida (125ms)			Lenta (1s)
					X

- **Discusión:**

Para comprobar si completando el nivel de la lubricación en la caja de engranajes del torno 2 aportan al nivel de exposición a ruido actual, se realizó inicialmente un monitoreó puntual con 89,7 dBA y después de la gestión se obtuvo 87,3 dBA, comprobando de esta manera que la lubricación es muy importante se considere

en los diferentes mantenimientos preventivos de todos los tornos y de esta manera disminuir el nivel de exposición actual.

3.14.3 REDUCCIÓN ACÚSTICA POR EL CAMBIO DE RODAMIENTOS

El cambio de rodamientos, es parte del mantenimiento preventivo de los equipos. Y para comprobar si la utilización de rodamientos en mal estado o muy desgastados aportan al nivel de exposición a ruido actual, se realizó un monitoreo puntual inicial antes del cambio y otro monitoreo cuando se realizó el mantenimiento de cambio de rodamientos, obteniendo una reducción en el nivel de exposición a ruido inicial, como lo muestra los datos presentados en la Tabla 3.23.

Tabla 3.23. Monitoreo antes y después del cambio de rodamientos

REGISTRO DE MEDICIÓN TÉCNICA DE CAMPO					
Monitoreado por : Juan Carlos Novoa Iñiguez			**Fecha monitoreo:** 23-Mar-2011 y 28-Mar-2011		
Puesto de trabajo: Torno 3					
Caracterización de la fuente sonora: Torno 3, Marca Pinacho, Modelo S-90/310-155, Serie s/n, origen España					
Características del equipo utilizado: Sonómetro integrador registrador de Marca Extech instruments, modelo 407780, serial 091003973, número certificado 010-11, caducidad calibración 15-Abr-2012, normas que cumple el equipo IEC 651/804 tipo 2 y ANSI S1.4 tipo 2					
Características del calibrador externo utilizado: Marca Extech instruments, modelo 407766, serial Z208368, número certificado 66608, caducidad calibración 12-Ene-2013					
Nº Mediciones	**PARÁMETROS DE MEDICIÓN (dBA)**				
	INICIAL	**FINAL**			
Límite Max.					
Límite Min.					
L eq	89,9	87,2			
Estrategia de Medición					
Tarea		Trabajo			Jornada
		X			
Tipo de Ruido generado por la fuente					
Estable (< ± 5 dBA)		Fluctuante (> ± 5 dBA)			Impacto o Impulso
X					
Ponderación del Equipo					
Ponderación A		Ponderación B			Ponderación C
X					
Velocidad de Respuesta del Equipo					
Impulso (35ms)		Rápida (125ms)			Lenta (1s)
					X

Los rodamientos suelen confundirse comúnmente, por lo que a continuación, se detalla en la Figura 3.15.

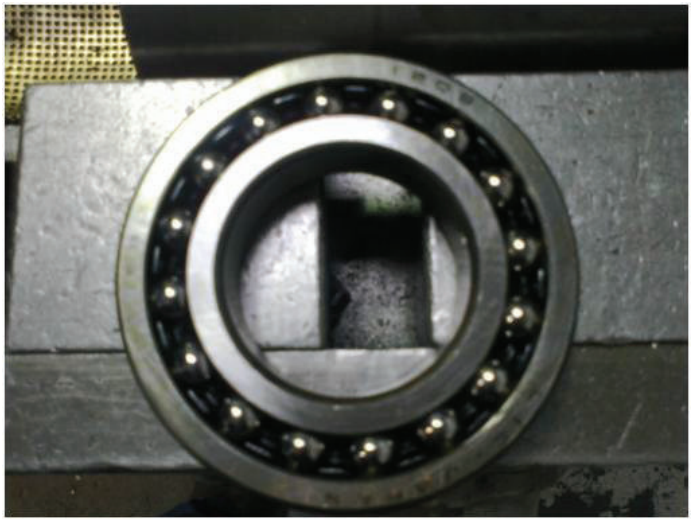


Figura 3.15. Rodamientos desgastados del torno 3

- **Discusión:**

De esta manera se gestionó de forma individual, las diferentes gestiones técnicas para la reducción de ruido, con la finalidad de comprobar experimentalmente conforme a la teoría con respecto a la reducción en el nivel de exposición a ruido e ir posteriormente gestionando el resto de equipos y áreas.

Para comprobar si el cambio de rodamientos en mal estado iba a ayudar a disminuir el nivel de exposición a ruido actual conforme a la parte teórica del presente proyecto, se realizó inicialmente un monitoreó puntual con 89,9 dBA y después de la gestión se obtuvo 87,2 dBA, comprobando que el mantenimiento preventivo de rodamientos es muy importante se considere en los diferentes cronogramas de mantenimientos de todos los tornos y de esta manera disminuir el nivel de exposición actual por esta fuente sonora.

A parte de este cambio de rodamientos en el torno 3, se realizó en varios equipos donde se verificó el mismo resultado positivo, pero solo se documentó de un equipo. Para respaldar el mantenimiento de los diferentes equipos, se detalló algunas facturas de la empresa en el Anexo IX.

3.14.4 REDUCCIÓN ACÚSTICA POR EL CAMBIO DE ENGRANAJES

Los engranajes al estar en contacto unos con otros permanentemente, existe una fricción metal con metal, esta misma acción genera niveles de ruido y si éstos se encuentran en mal estado o desgastados, ya no genera la misma fuerza por lo que el operador tiende a aumentar la velocidad del equipo, desgastando más aún los engranajes y a su vez generando un nivel de ruido ambiental, estos engranajes tienen varios dientes que ayuden a movilizarse con fuerza con el otro engranaje los mismos que tienden a desgastarse o romperse, como se muestra en la Figura 3.16.

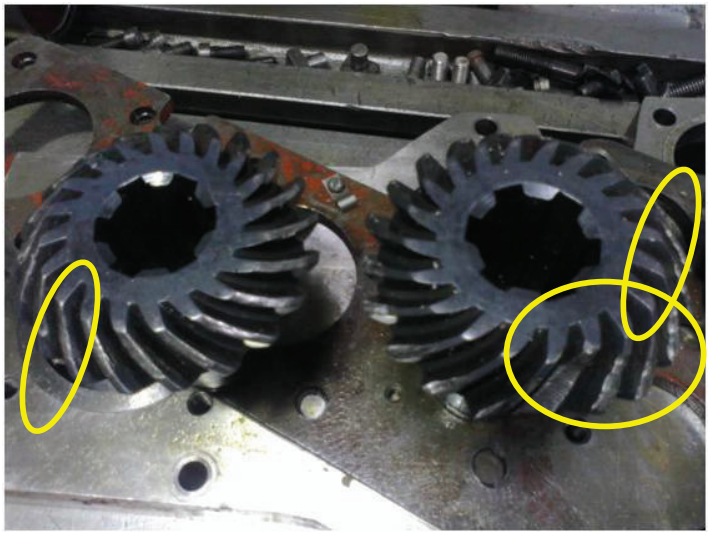


Figura 3.16. Engranajes en mal estado del torno 1

Para comprobar si el cambio de engranajes en mal estado aportan al nivel de exposición a ruido actual, se realizó un monitoreo puntual antes del cambio y un monitoreo después del cambio de los engranajes en mal estado, los mismos fueron fabricados internamente, los resultados se documentaron el registro de medición técnica de campo, como lo muestra los datos presentados en la Tabla 3.24.

Tabla 3.24. Monitoreo antes y después del cambio de engranajes

REGISTRO DE MEDICIÓN TÉCNICA DE CAMPO					
Monitoreado por : Juan Carlos Novoa Iñiguez			**Fecha monitoreo:** 26-Ago-2011 y 29-Ago-2011		
Puesto de trabajo: Torno 1					
Caracterización de la fuente sonora: Torno 1, Marca Birmingham, Modelo YCL-1660, Serie 611076 /2006-09, origen China					
Características del equipo utilizado: Sonómetro integrador registrador de Marca Extech instruments, modelo 407780, serial 091003973, número certificado 010-11, caducidad calibración 15-Abr-2012, normas que cumple el equipo IEC 651/804 tipo 2 y ANSI S1.4 tipo 2					
Características del calibrador externo utilizado: Marca Extech instruments, modelo 407766, serial Z208368, número certificado 66608, caducidad calibración 12-Ene-2013					
Nº Mediciones	**PARÁMETROS DE MEDICIÓN (dBA)**				
	INICIAL	**FINAL**			
Límite Max.					
Límite Min.					
L eq	96,6	89,6			
Estrategia de Medición					
Tarea		Trabajo			Jornada
		X			
Tipo de Ruido generado por la fuente					
Estable (< ± 5 dBA)		Fluctuante (> ± 5 dBA)			Impacto o Impulso
X					
Ponderación del Equipo					
Ponderación A		Ponderación B			Ponderación C
X					
Velocidad de Respuesta del Equipo					
Impulso (35ms)		Rápida (125ms)			Lenta (1s)
					X

- **Discusión:**

Al comprobar la disminución del nivel de exposición a ruido por el cambio de engranajes o piñones en mal estado conforme a la parte teórica del presente proyecto; se realizó inicialmente un monitoreo puntual con un resultado de 96,6 dBA y después de la gestión se obtuvo una reducción en el nivel de exposición a ruido a 89,6 dBA, por lo que el mantenimiento preventivo de engranajes debe ser considerado en todos los tornos y de esta manera disminuir el nivel de exposición actual.

A parte de este cambio de engranajes en el torno 1, se realizó en varios equipos donde se verificó el mismo resultado positivo, pero solo se documentó de un equipo.

Para reducir el nivel de ruido se recomendó realizar una inspección periódica de todos los engranajes de los diferentes equipos y mantener dentro del programa de mantenimiento de los equipos establecidos por la empresa y de esta manera obtener un tiempo promedio de vida útil de los mismos, para su posterior cambio.

3.14.5 REDUCCIÓN ACÚSTICA EN EL USO DE AIRE COMPRIMIDO

Otro aporte al incremento de la exposición a ruido, es el uso de mangueras de aire comprimido con una sola boquilla de salida, este recurso lo utilizan los operadores para la limpieza constante del equipo de forma esporádica por lapsos de tiempo muy corto (menor a 2 min) y también lo utilizan al finalizar la jornada de trabajo por un lapso de 10 minutos aproximadamente.

La boquilla en la manguera de aire comprimido utilizada para la limpieza de los equipos, debe tener varios orificios para generar menor nivel sonoro, como lo muestra la Figura 3.17.

Figura 3.17. Boquilla para reducir el nivel sonoro

Dentro del mercado internacional existen dos empresas Exair y Silvent de procedencia americana y sueca respectivamente los mismos que fabrican boquillas

de aire para reducir el nivel sonoro de forma patentada. En las fichas técnicas reflejan una reducción en el nivel sonoro de 71,0 y 78,0 dBA respectivamente.

Se calculó el nivel de reducción sonoro final debido al cambio de la boquilla utilizada en las mangueras de aire comprimido, para lo cual se consideró el valor del monitoreo inicial documentado en la Tabla 3.15 esta gestión prevé la reducción del nivel de exposición de acuerdo a las especificaciones técnicas de dos comerciantes internacionales que manifiestan una reducción del nivel sonoro de entre 71,0 a 78,0 dBA. Para el presente trabajo, se utilizó el valor inferior del nivel de reducción sonoro de 78,0 dBA, como lo muestran los datos presentados en la Tabla 3.25.

Tabla 3.25. Monitoreo antes y después de cambiar las boquillas

MONITOREO INICIAL	MONITOREO DESPUÉS DE LA ACCION CORRECTIVA	NIVEL DE EXPOSICIÓN A RUIDO FINAL
106,7 dBA	78,0 dBA	78,0 dBA

- **Discusión:**

El cálculo para el cambio de las boquillas patentadas para reducir el nivel de exposición a ruido, ayudó a disminuir el nivel de exposición a ruido actual, ya que con base en los resultados mencionados anteriormente reflejan que aporta al ruido ambiental.

Los niveles de reducción de ruido de las boquillas patentadas son estudiados minuciosamente en laboratorios especializados y acreditados en la materia, donde se realizan un sin número de ensayos y pruebas de laboratorio para luego venderlos en el mercado de la acústica ambiental de acuerdo a las necesidades de cada cliente, es por eso que existen varios accesorios con diferentes niveles de reducción de ruido.

En el mercado nacional no se encontró boquillas de estas características para comprobar experimentalmente, pero todo lo mencionado anteriormente se puede

asegurar que la reducción del nivel sonoro es algo real y confiable por ser empresas internacionales con altos estándares de calidad y sobre todo la reputación de las mismas.
Se prevé obtener un nivel sonoro de 78 dBA si se cambiarían las boquillas de cada manguera de aire comprimido de cada equipo.

3.14.6 REDUCCIÓN ACÚSTICA EN EL USO DE MOTORES ELÉCTRICOS

Inicialmente se monitoreó por separado el motor eléctrico del sistema de funcionamiento del equipo, donde se demostró que el motor también aporta al nivel de exposición a ruido.

Para disminuir el nivel sonoro dentro de la cavidad del motor eléctrico y cavidad de los engranajes de cada torno, se seleccionó un material acústico denominado fonac composite liso debido a que tiene doble función (aislación y absorción sonora,) para lo cual se prevé una absorción sonora de 37,0 dBA y un coeficiente de absorción sonora de 0,91 sabines/m^2) con una frecuencia de 1 kHz., se calculó que al instalar este material acústico se prevé obtener un índice de reducción de 18,5 dBA que es la mitad del valor real de 37,0 dBA, como lo muestra los datos presentados en la Tabla 3.26.

Tabla 3.26. Monitoreo antes y después de implementado material acústico en la cavidad del motor eléctrico

EQUIPO	MONITOREO INICIAL (dBA)	ÍNDICE DE ABSORCIÓN (dBA)	NIVEL DE EXPOSICIÓN A RUIDO FINAL (dBA)
Torno 1	63,9	18,5	45,4
Torno 2	72,1	18,5	53,6
Torno 3	76,9	18,5	58,4
Torno 4	71,1	18,5	52,6
Torno 5	69,8	18,5	51,3
TOTAL SUMA LOGARÍTMICA	**79,5**	**18,5**	**61,0**

- **Discusión:**

Se consideró la mitad del índice de reducción estipulado por el fabricante, por lo que se prevé una reducción acústica de 18,5 dB si se instalara material acústico en las paredes de la cavidad del motor eléctrico o de la cavidad de los engranajes de cada equipo. Se prevé que el monitoreo inicial que se realizó a cada motor eléctrico se obtuvo un valor inicial de 79,5 dBA y con esta acción se prevé un valor final de 61,0 dBA.

Para que no exista ningún recalentamiento del motor o equipo se deberán dejar rejillas de ventilación con la finalidad de no obstruir ninguna ventilación normal y el resto de paredes deberá ser cubierto con el material acústico, como lo muestra la Figura 3.18.

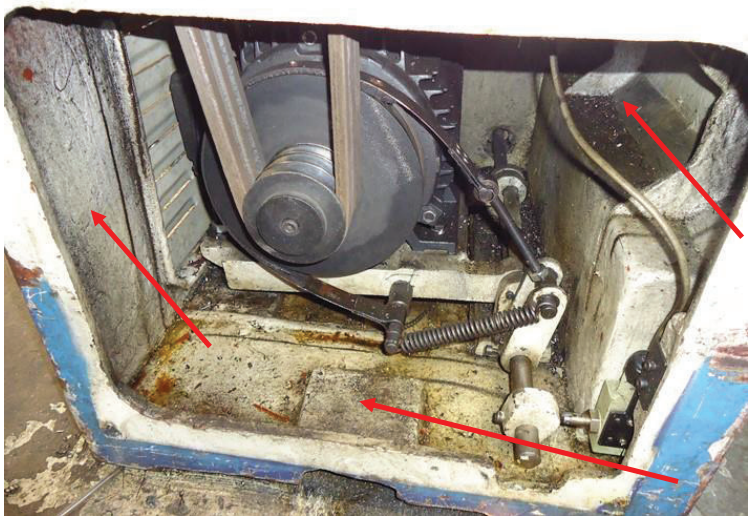


Figura 3.18. Paredes internas de la cavidad del motor eléctrico

Se calculó físicamente de forma individual el volumen de cada cavidad que ocupa el motor eléctrico del torno y sus costos individuales, como lo muestran los datos presentados en la Tabla 3.27.

Tabla 3.27. Costos por implementar material acústico en la cavidad de cada motor eléctrico

EQUIPO	VOLUMEN CAVIDAD MOTOR (m^3)	COSTO MATERIAL ACÚSTICO (USD.)
Torno 1	1,7	102,4
Torno 2	2,0	120,5
Torno 3	1,9	114,5
Torno 4	1,7	102,4
TOTAL	**7,3**	**439,8**

- **Discusión:**

Se calculó el volumen total de cada cavidad de los motores eléctricos de los cuatro

tornos, ya que el torno cinco tiene una cabina insonora de fábrica. Se calculó un costo total de 439,8 USD., para adquirir el material acústico que sería instalado en cada motor eléctrico sin obstaculizar las entradas y salidas de aire utilizadas para la ventilación normal del motor y de esta manera evitar el recalentamiento del mismo.

3.14.7 REDUCCIÓN ACÚSTICA AMBIENTAL

En el caso de que no sea suficiente una reducción del nivel de exposición a ruido al implementar material acústico en las paredes de la cavidad del motor eléctrico y engranajes, se deberá analizar la colocación de pared o material colgante absorbente y posteriormente de ser necesario el encapsulamiento acústico parcial o total del equipo, como lo tiene los tornos CNC (control numérico computarizado), los mismos tienen un encapsulamiento de todo la parte superior del equipo con dos compuertas centrales que permiten ingresar el material a ser maquinado y cuando inicia la programación se vuelve a cerrar las compuertas conformando un encapsulamiento parcial de la parte superior, como lo muestra la Figura 3.19.

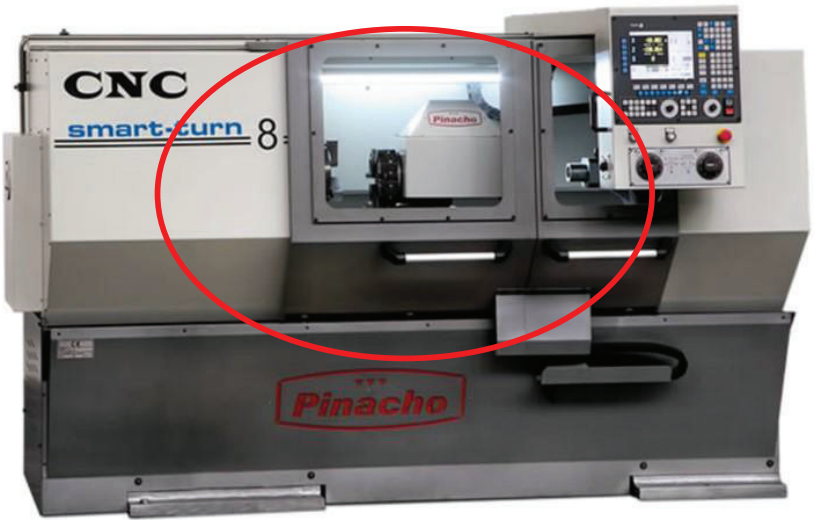


Figura 3.19. Torno control numérico computarizado (CNC)

3.14.8 RESULTADOS DEL DISEÑO ACÚSTICO AMBIENTAL

Se diseñó varias alternativas para la reducción de ruido ambiental que a continuación se detallan:

3.14.8.1 Encapsulamiento parcial del equipo

Para minimizar más aún el nivel de exposición a ruido actual, se diseñó un encapsulamiento parcial del equipo.

Los tornos convencionales no tienen ninguna protección para el maquinado de las piezas metálicas, el maquinado también aporte al nivel de exposición a ruido, estos tornos no tienen ninguna protección en la parte superior, como lo muestra la Figura 3.20.

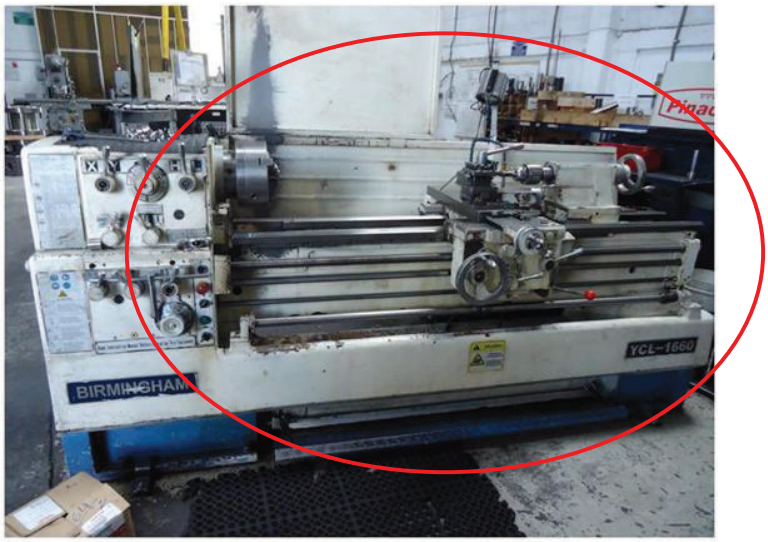


Figura 3.20. Torno convencional sin protección acústica

Se diseñó un encapsulamiento parcial con material metálico (perfil metálico) en los marcos o estructuras de la cabina y la carcasa de planchas de acero combinado con material acústico, ventanas de vidrio, las mismas que deberán ser corredizas, como se muestra en la Figura 3.21.

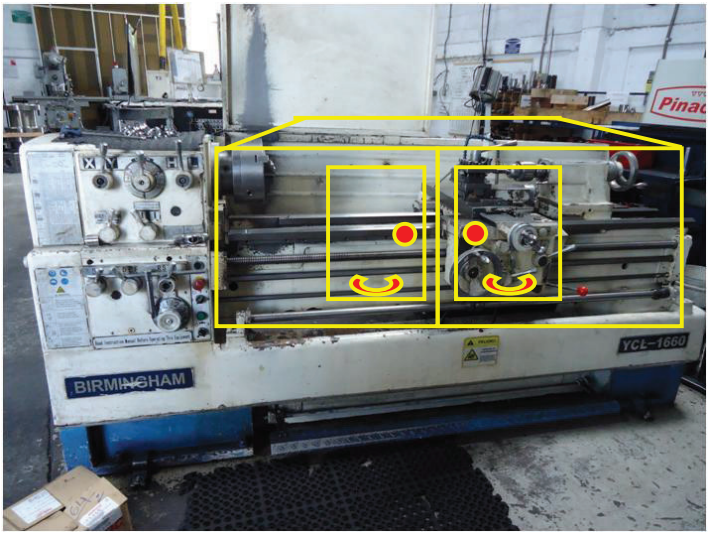


Figura 3.21. Torno convencional con protección acústica

El análisis técnico determinó que el material acústico para este diseño, será el composite liso (marca Fonac), las mismas que tienen doble función aislación y absorción sonora, que prevé un rango de aislación sonora de 37 dBA a 1 kHz y 53 dBA a 2 kHz. Y un coeficiente de absorción sonora de 0,91 sabines/m^2 a 1 kHz. y 0,87 sabines/m^2 a 2 kHz, para el presente trabajo se consideró la mitad del índice de reducción de ruido, como lo muestra las curvas de absorción sonora de la Figura 3.22.

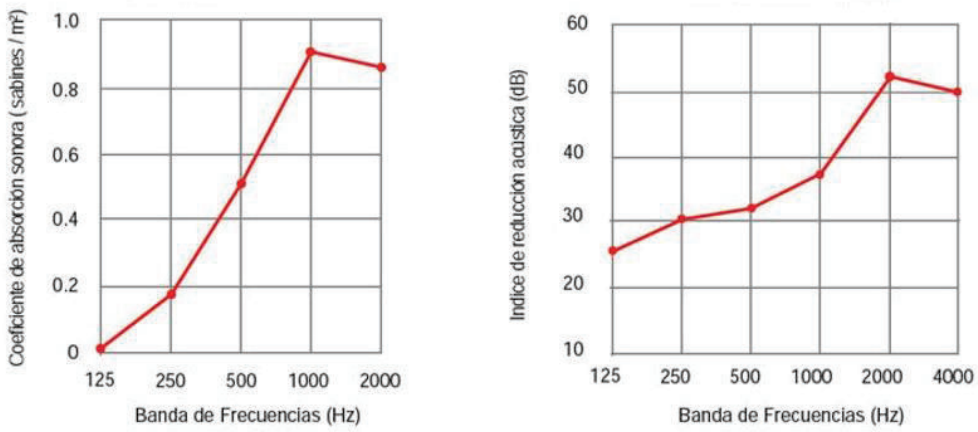


Figura 3.22. Curvas de absorción y aislación sonora

El índice de reducción acústica en el peor escenario, se prevé una reducción de la

exposición a ruido de 34 dBA y una absorción del 91%, para el presente trabajo se consideró el 80% del índice de reducción de ruido donde se prevé un valor de 27,2 dBA, como lo muestran los datos de la Tabla 3.28.

Tabla 3.28. Índice de reducción acústica por encapsulamiento de cada equipo

EQUIPO	MEDICIÓN INICIAL (dBA)	ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA (dBA)	NIVEL DE EXPOSICIÓN A RUIDO FINAL (dBA)
Torno 1	92,6	27,2	65,4
Torno 2	94,8	27,2	67,6
Torno 3	96,3	27,2	69,1
Torno 4	96,9	27,2	69,7
Torno 5	90,3	27,2	63,1
SUMA LOGARÍTMICA	**101,8**	**27,2**	**74,6**

- ✓ **Características físicas del material acústico**

Las características de este material acústico está compuesta por espuma de poliuretano poliéster, una barrera aislante de vinilo de alta densidad y una tercera capa de desacople en espuma de poliretano poliéter, como lo muestra la Figura 3.23.

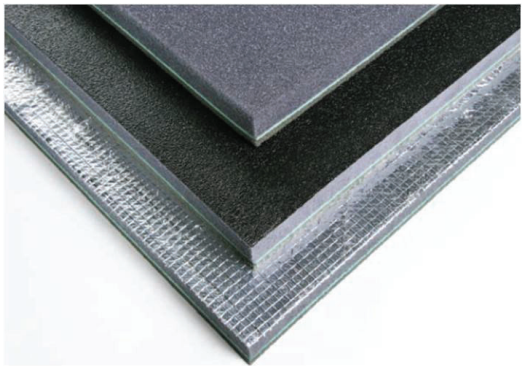


Figura 3.23. Material acústico composite liso (marca Fonac)

Se calculó físicamente de forma individual el volumen de cada cavidad que ocupa el sistema mecanizado de cada torno (cabina) y sus costos individuales, como lo muestran los datos presentados en la Tabla 3.29.

Tabla 3.29. Costos por implementar encapsulamiento parcial

EQUIPO	VOLUMEN CABINA (m^3)	COSTO MATERIAL ACUSTICO (dólares)	ÁREA CABINA (m^2)	COSTO ESTRUCTURA METÁLICA (USD.)	COSTOS DE INSUMOS Y MANO DE OBRA (USD.)
Torno 1	1,6	96,4	0,7	4 planchas de tol liso espesor 3 1/16 pulgadas de 1,2 x 2,4 m + 2 platinas de ½ x 1/8 pulgadas	Mano de obra, insumos de corte y soldadura, alquiler de soldadora entre otros
Torno 2	1,7	102,4	1,8		
Torno 3	2,6	156,7	3,2		
Torno 4	7,7	464,0	5,0		
TOTAL	**13,6**	**819,5**	**10,7**	**1 043,8**	**1 600**

- **Discusión:**

El costo total calculado para instalar cuatro cabinas en el área de mecanizado de cada torno, sería de 3 463,3 USD. Este valor comprende el material acústico, estructura metálica para la cabina, insumos y mano de obra; con esta gestión se prevé una reducción en el nivel de exposición a ruido actual.

3.14.8.2 Paneles acústicos colgados

Adicionalmente al encapsulamiento parcial del equipo, se diseñó una pantalla acústica, con la finalidad de absorber parte de la onda sonora, para que ésta a su vez sea absorbida por paneles colgantes y de esta manera minimizar la exposición a ruido, como lo muestra la Figura 3.24.

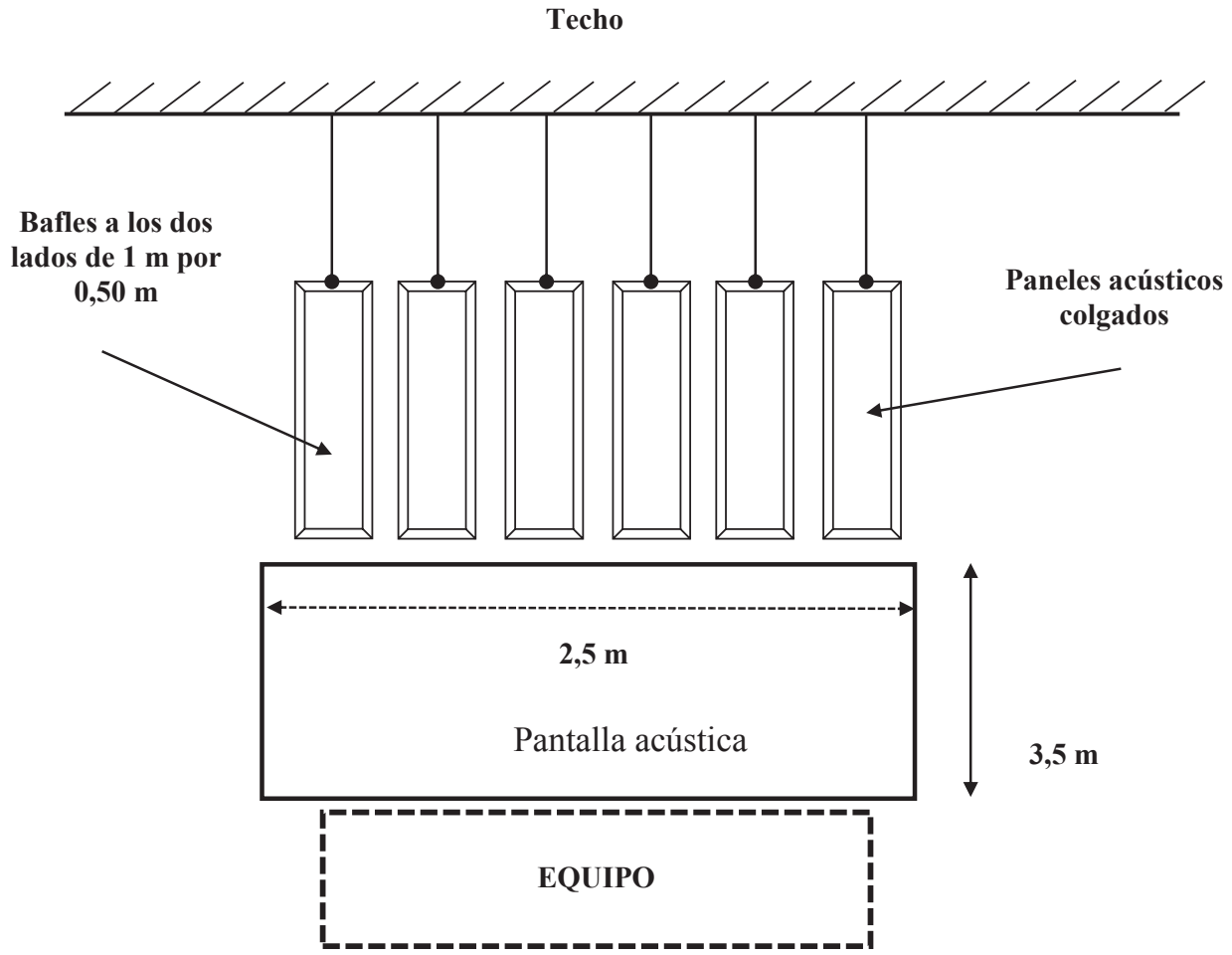


Figura 3.24. Diseño de pantalla acústica y paneles acústicos colgantes

El material que debe ser colgado en el techo del taller de fabricación, es el material acústico denominado Baffles de marca Fonac, los mismos que deberán ser instalados en la parte superior del techo, como lo muestra la Figura 3.25.

Figura 3.25. Baffles acústicos fonac

Este tipo de material acústico, tiene un coeficiente de absorción sonora de 1 sabines/m^2 a 1 kHz. y 0,85 sabines/m^2 a 2 kHz, como lo muestra los datos la Figura 3.26.

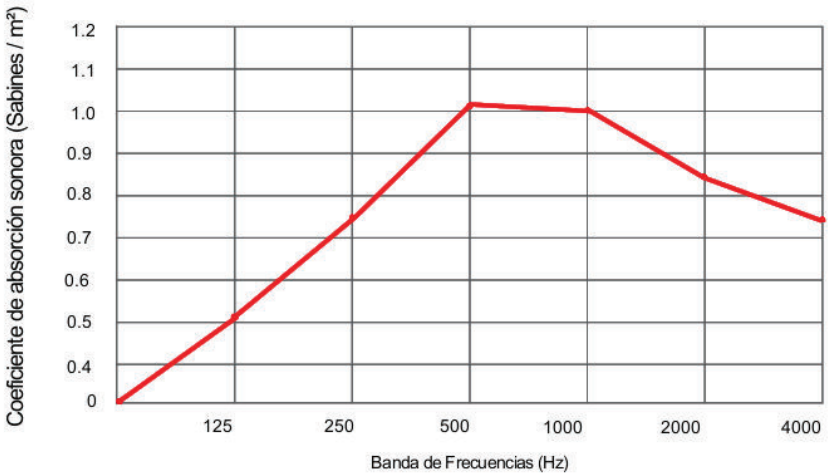


Figura 3.26. Curva de atenuación sonora del material baffles

Según la ficha técnica del material acústico denominado Baffles de marca Fonac, se prevé una reducción acústica de entre 3 a 6 dBA, para el presente trabajo es escogió el menor nivel de reducción de 3 dBA, como lo muestra los datos de la tabla 3.30.

Tabla 3.30. Índice de reducción acústica en el uso de panales acústicos colgantes

EQUIPO	MEDICIÓN INICIAL (dBA)	ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA (dBA)	NIVEL DE EXPOSICIÓN A RUIDO FINAL (dBA)
Torno 1	92,6	3,0	89,6
Torno 2	94,8	3,0	91,8
Torno 3	96,3	3,0	93,3
Torno 4	96,9	3,0	93,9
Torno 5	90,3	3,0	87,3
SUMA LOGARÍTMICA	**101,8**	**3,0**	**98,8**

- **Discusión:**

Se prevé una reducción acústica de 3 dBA al implementar paneles acústicos colgantes, el valor inicial del monitoreo fue de 101,8 dBA y con esta acción se calcula un nivel de exposición ruido de 98,8 dBA.

Se calculó la cantidad de 10 planchas acústicas para que cubra cada torno, la instalación de estos paneles acústicos colgantes deberán ser instalados encima de los equipos, esta acción tiene un costo elevado, como lo muestra los datos de la tabla 3.31.

Tabla 3.31. Costos por implementar paneles acústicos colgados en el techo

EQUIPO	CANTIDAD DE PLANCHAS (unidades)	COSTO PLANCHA ACÚSTICA (USD.)
Torno 1	10,0	286,0
Torno 2	10,0	286,0
Torno 3	10,0	286,0
Torno 4	10,0	286,0
TOTAL	**40,0**	**1 144,0**

- **Discusión:**

Se calculó un costo de 1 144,0 USD., para instalar 40 paneles acústicos colgados del techo con la finalidad de absorber el ruido ambiental de cada torno dentro del taller de fabricación.

3.14.8.3 Pantalla acústica

En cuanto a las pantallas acústicas, se diseñó con estructuras de madera (alfajías), tabla triplex y con la selección del material acústico denominado composite conformado de marca Fonac este material tiene la forma de pirámides pequeñas en toda la superficie del material, como lo muestra la Figura 3.27.

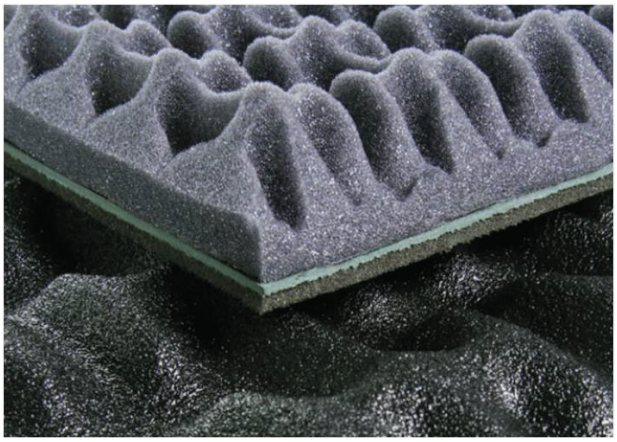


Figura 3.27. Material composite conformado

Este material tiene diferentes atenuaciones sonoras como por ejemplo de 37 dB a 1 kHz o 39 dB a 2 kHz, como lo muestran los datos representados en la Figura 3.28.

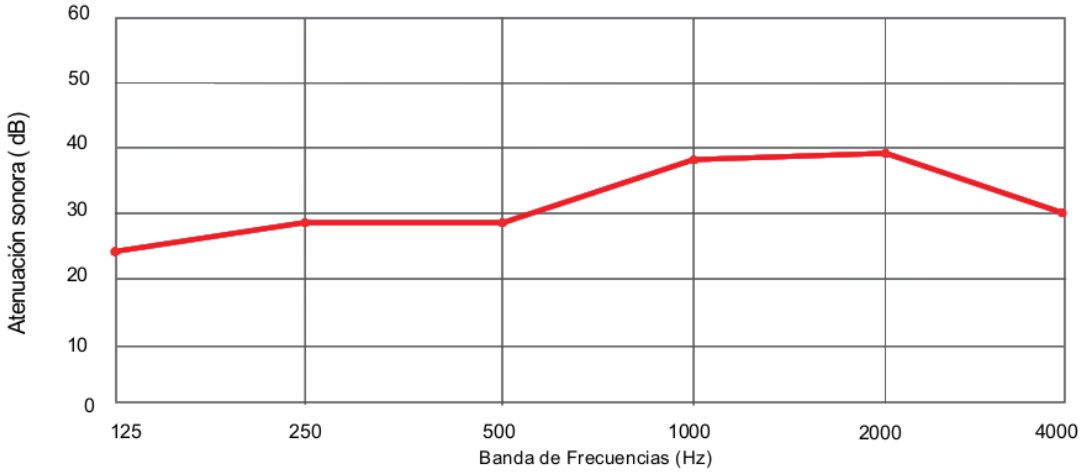


Figura 3.28. Curva de atenuación sonora

Al implementar una pared acústica cerca del equipo con el material composite conformado de marca Fonac, se prevé una atenuación sonora en el peor escenario de 37 dBA a 1 kHz para el presente trabajo se consideró la mitad del índice de reducción de ruido, la misma que calcula una atenuación, como lo muestra los datos presentados en la Tabla 3.32.

Tabla 3.32. Índice de reducción acústica por implementar pared acústica

EQUIPO	MEDICIÓN INICIAL (dBA)	ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA (dBA)	NIVEL DE EXPOSICIÓN A RUIDO FINAL (dBA)	COSTO MATERIAL ACUSTICO PARA PARED (USD.)	COSTO DE MATERIAL PARA SOPORTE DE LA PARED (USD.)
Torno 1	92,6	18,5	74,1	221,8	300
Torno 2	94,8	18,5	76,3	221,8	300
Torno 3	96,3	18,5	77,8	221,8	300
Torno 4	96,9	18,5	78,4	221,8	300
Torno 5	90,3	18,5	71,8	221,8	300
SUMA LOGARÍTMICA	**101,8**	**18,5**	**83,3**	**1109,0**	**1 500**

- **Discusión:**

Se calculó un costo de 2 609 USD., para la construcción de una pared acústica cerca a cada torno. Esta acción se podrá llevar a cabo siempre y cuando no se instale el encapsulamiento parcial de cada torno. Esta pared debe conjuntamente ser instalada con los paneles acústicos colgantes para una mayor eficiencia de absorción acústica, por lo que esta acción resulta la más costosa de implementar (3 753,0 USD.).

3.15 RESULTADOS CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES RELACIONADOS A LA EXPOSICIÓN A RUIDO

La capacitación es muy importante ya que los trabajadores tendrán un mayor conocimiento de los riesgos a la salud por la exposición a ruido, la misma que deberá ser difundida periódicamente, con la finalidad de generar una cultura preventiva en cada uno de los trabajadores.

Dentro de las capacitaciones relacionadas a la exposición a ruido y sus consecuencias a la salud, en lo posible se deberán presentar casos reales, ejercicios entre los participantes y sobre todo presentar videos con la finalidad de generar de entre los participantes una mayor conciencia y responsabilidad en cuidarse por la exposición a ruido.

Adicionalmente la empresa, deberá implementar un examen final escrito al finalizar el curso y si no aprueba el mismo deberá asistir nuevamente al curso y de esta manera crear una mayor responsabilidad en los trabajadores.

Estas capacitaciones en lo posible deberán realizarse fuera de las instalaciones de la empresa, en lugares alejados del ruido de la ciudad como una hostería, para generar un mayor interés en los participantes, al demostrar la preocupación de la empresa con respecto a la salud de los trabajadores.

Se recomienda que cada dos horas exista un receso de al menos unos 30 minutos con refrigerio a media mañana y a media tarde, medio día el almuerzo, con la finalidad de incentivar al participante y sobre todo el nivel de alerta de cada participante no decaiga durante el curso.

Se desarrolló varios temas relacionados a la exposición a ruido y sus consecuencias a la salud, como lo muestra los datos presentados en la Tabla 3.33.

Tabla 3.33. Implementación de un cronograma de capacitaciones relacionadas a la exposición a ruido

TEMA DE CAPACITACIÓN	DURACIÓN DE LA CAPACITACIÓN	MES
Higiene industrial (Básico)	8 horas	Enero
Teoría del Ruido (Básico)	8 horas	Febrero
Higiene industrial (Intermedio)	8 horas	Marzo
Teoría del Ruido (Intermedio)	8 horas	Abril
Teoría del Ruido (Avanzado)	8 horas	Mayo
Higiene industrial (Avanzado)	8 horas	Junio
Efectos del Ruido en la salud (Básico)	8 horas	Julio
Selección de Equipos de Protección Personal	8 horas	Agosto
Mediciones de la Exposición al Ruido	8 horas	Septiembre
Control Técnico para la Reducción de Ruido	8 horas	Octubre
Efectos del Ruido en la salud (Intermedio)	8 horas	Noviembre
Efectos del Ruido en la salud (Avanzado)	8 horas	Diciembre

3.16 RESUMEN DE TODAS LAS MEDIDAS ADMINISTRATIVAS Y TÉCNICAS IMPLEMENTADAS

Se documentó todas las medidas administrativas y técnicas implementadas ya sea

por medio de cálculos, previendo o de forma experimental, se comparó la eficacia en la reducción de la exposición a ruido, como se presentan los datos de la Tabla 3.34.

Tabla 3.34. Resumen de todas las medidas administrativas y técnicas implementadas

GESTIÓN TÉCNICA (Administrativa o técnica)	MONITOREO INICIAL (dBA)	MONITOREO DESPUÉS DE LA GESTIÓN TÉCNICA (dBA)	ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA (dBA)	EFICIENCIA (%)
Cambio de boquilla en mangueras aire comprimido	106,7	78,0	28,7	26,9
Encapsulamiento parcial	101,8	74,6	27,3	26,7
Colocación de material acústico en el motor eléctrico	79,5	61,0	18,5	23,3
Pared acústica	101,8	83,3	18,5	18,2
Cambio de engranajes	96,6	89,6	7,0	7,3
Cambio de rodamientos	89,9	87,2	2,7	3,0
Paneles acústicos colgantes	101,8	98,8	3,0	2,9
Mejorar la lubricación	89,7	87,3	2,4	2,7
Disminuir el tiempo de exposición	102,8	101,2	1,6	1,6

- **Discusión:**

Para verificar la eficacia de las medidas administrativas y técnicas implementadas se utilizaron los resultados de la Tabla 3.34, se debe considerar que la escala es logarítmica y no aritmética.

En la tabla 3.34, se documentó toda la gestión técnica implementada en el presente trabajo de forma descendente para una mayor visualización. La mayor eficiencia en el nivel de reducción, se prevé en el cambio de las boquillas en mangueras aire

comprimido de cada equipo con una eficiencia del 26,9%, seguido de la acción del encapsulamiento parcial de la parte superior de cada equipo.

Se documentó el índice de control técnico (gestión administrativa o técnica) el mismo que se relacionó con la eficiencia dependiendo del nivel de reducción acústica de cada gestión de forma ascendente, como se presentan los datos de la Figura 3.29.

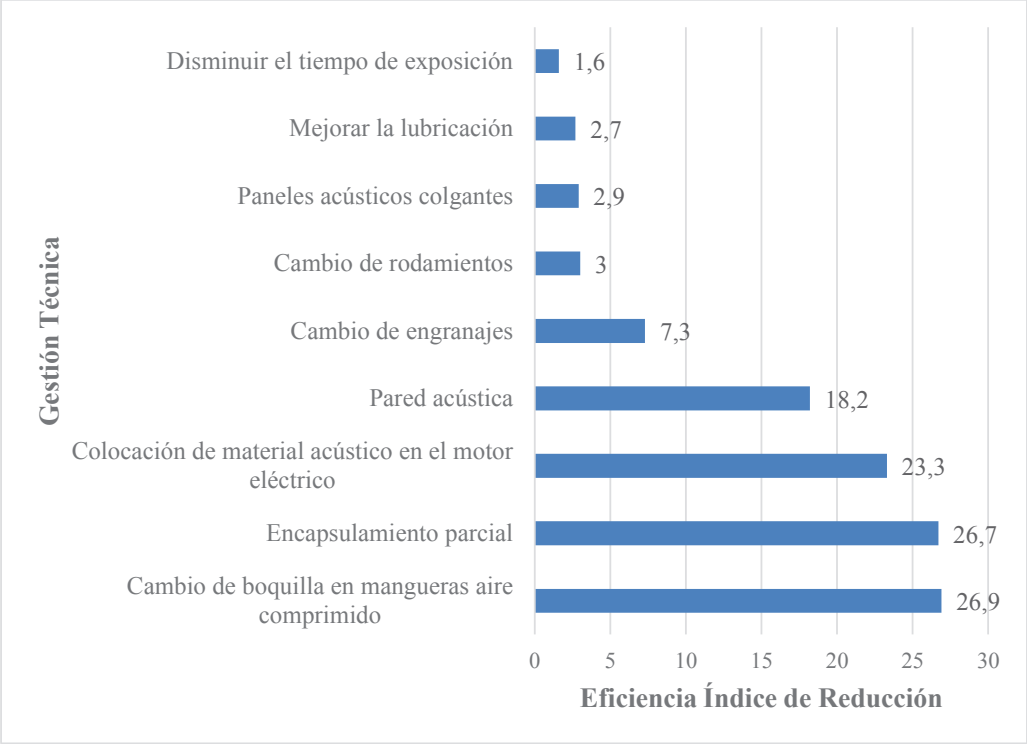


Figura 3.29. Gestión técnica con índices de control técnico

Se relacionó el costo de implementación de cada gestión con la eficiencia en el índice de control técnico (gestión administrativa o técnica) de forma descendente, como se presentan los datos de la Tabla 3.35.

Tabla 3.35. Índice de control técnico relacionado con el costo de implementación

GESTIÓN TÉCNICA (Administrativa o técnica)	EFICIENCIA (%)	COSTO TOTAL (USD.)
Cambio de boquilla en mangueras aire comprimido	26,9	500,0
Encapsulamiento parcial	26,7	3 463,3
Colocación de material acústico en el motor eléctrico	23,3	439,8
Pared acústica	18,2	3 753,0
Cambio de engranajes	7,3	200,0
Cambio de rodamientos	3,0	100,0
Paneles acústicos colgantes	2,9	1 144,0
Mejorar la lubricación	2,7	60,0
Disminuir el tiempo de exposición	1,6	0,0

- **Discusión:**

La mayor eficiencia y a un menor costo de implementación fue el cambio de boquillas en mangueras de aire comprimido ya que se prevé un índice de reducción del 26,9%. Seguido de la gestión del encapsulamiento parcial del equipo que prevé un índice de reducción del 26,7% pero a un costo elevado de 3 463,3 USD. Reducir el tiempo de exposición, no representó una eficiencia aceptable.

La implementación de la pared acústica, representa un costo muy elevado y con un índice de reducción del 18,2%.

Con respecto a la gestión técnica del cambio de engranajes, rodamientos y lubricación no representan un costo elevado, estas acciones deben ser contempladas en el mantenimiento preventivo de los equipos, sumando la eficiencia de cada índice de reducción se logró obtener un total de 12% de eficiencia.
Al índice de control técnico (gestión administrativa o técnica) se le relacionó con el costo de implementación de la misma con la finalidad de observar los diferentes

costos comparados con la eficiencia en el índice de reducción acústica, como se presentan los datos de la Figura 3.30.

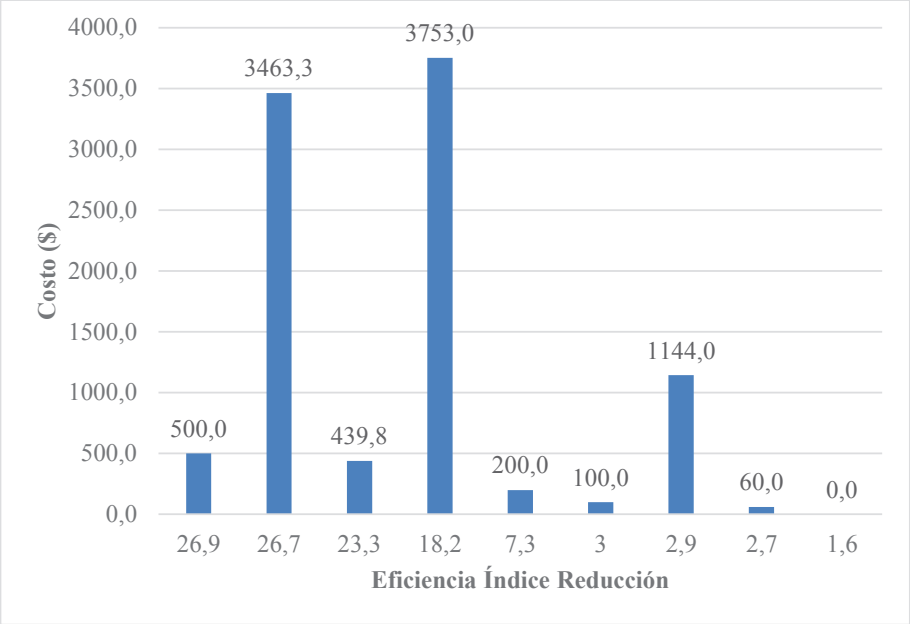


Figura 3.30. Comparación entre costos y eficiencia en el índice de reducción

- **Discusión:**

La mayor eficiencia del índice de reducción fue de 26,9% con un costo de inversión de 500 USD., que será la primera acción para la reducción de ruido en el área de fabricación. Se comparó el índice de reducción entre la pared acústica y el encapsulamiento parcial del equipo siendo el segundo más eficiente con 26,7% y a un costo menor. Otro índice de reducción eficiente es la colocación de material acústico en la cavidad de cada motor eléctrico que prevé una eficiencia del 23,3%.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Todas las áreas y puestos de trabajo en el monitoreo inicial no cumplen con el límite permisible de acuerdo a la legislación que rige en el Ecuador.
- Con base en los resultados puntuales en los ambientes de trabajo, el área de mayor exposición a ruido fue el área de fabricación con 107,7 dBA.
- Dentro del análisis VIN (vital, importante, normal), fueron clasificados los cinco tornos del área de fabricación como equipos vitales para la producción y tienen una categoría de riesgo importante.
- El tiempo de exposición máximo permisible de acuerdo a la legislación que rige en el Ecuador, es menor del 10% comparado al tiempo de exposición inicial de 10 horas.
- El 57,2% de los trabajadores del área de estudio, presentan problemas de audición de acuerdo a los resultados de las audiometrías realizadas por el médico especialista dentro de los exámenes periódicos de empresa.
- No fue eficiente el disminuir el tiempo de exposición a ruido de 10 horas a 7 horas, ya que se logró obtener una reducción de 1,6 dBA al nivel de exposición inicial.
- La lubricación adecuada dentro de la caja de engranajes del torno 2, se logró una reducción 2,4 dBA al nivel de exposición inicial.
- El cambio de rodamientos en mal estado del torno 3 se logró una reducción 2,7 dBA el nivel de exposición a ruido inicial.
- El cambio de engranajes en mal estado del torno 1, se logró una reducción 7,0 dBA el nivel de exposición a ruido inicial del equipo.
- El uso del aire comprimido en mangueras individuales para la limpieza de las diferentes máquinas, aporta considerablemente al nivel de exposición a ruido, con 106,7 dBA.
- Al cambiar las boquillas de las mangueras de aire comprimido utilizadas para la limpieza de los equipos se prevé una reducción de 28,7 dBA, que es un valor muy considerable.

- Se prevé un índice de reducción acústica de 26,9% con la gestión de cambiar las boquillas de las mangueras de aire comprimido utilizadas para la limpieza del equipo, siendo ésta la mayor eficiencia comparada con el resto de gestiones.
- Se calcula un nivel de exposición a ruido final de 78,0 dBA al cambiar las boquillas de aire comprimido, que es un valor muy interesante para la reducción de ruido.
- Se prevé que al instalar el encapsulamiento parcial del equipo se obtendría un índice de reducción de 27,3 dBA que corresponde a una eficiencia 26,7%.
- El material acústico para ser instalado en el motor eléctrico y en el encapsulamiento parcial del torno, es el composite liso marca fonac, ya que abarca el rango de frecuencia de estudio.
- Se prevé una reducción de ruido de 18,5 dBA al instalar material acústico en la cavidad del motor eléctrico de cada torno o a su vez en el encapsulamiento parcial del mismo.
- Se prevé disminuir de 79,5 a 61,0 dBA al instalar material acústico en la cavidad donde se almacena el motor eléctrico de cada torno.
- Al instalar una pared acústica se calcula disminuir de 101,8 a 83,3 dBA pero esta acción es muy costosa (3 753,0 USD.), ya que se debe implementar varias paredes acústicas y paneles acústicos colgados para una mayor eficiencia de absorción acústica.
- Con todas las gestiones técnicas para la reducción de ruido en la sección tornos del área de fabricación, se prevé obtener un ruido equivalente diario de 85,0 dBA, cumpliendo de esta manera con el límite máximo permisible de ruido ambiental.

4.2 RECOMENDACIONES

- Emplear la misma metodología utilizada en el presente trabajo, para el resto de áreas de la empresa.

- Cumplir estrictamente el plan de mantenimiento de los diferentes equipos establecidos por el fabricante y basados en la experiencia.
- Implementar dentro del programa de mantenimiento de los diferentes equipos, la inspección adicional con respecto a los engranajes y rodamientos, ya que éstos son un aporte considerable al ruido ambiental.
- Implementar un cronograma basado en registros de mantenimiento de cambios de engranajes o rodamientos con la finalidad de establecer una vida útil de los mismos, dependiendo de las horas de uso, con el objetivo de realizar un mantenimiento preventivo.
- Implementar un encapsulamiento parcial de los 4 tornos convencionales con material absorbente al ruido, como está construido de fábrica en el torno 5.
- Colocar material acústico en todos los motores eléctricos de los tornos y en la caja de engranajes, con la finalidad de absorber el ruido, el mismo que ayudará notablemente en la reducción de ruido ambiental.
- Implementar un encapsulamiento del motor eléctrico del torno 4, debido a que este se encuentra desprotegido y adicionalmente colocar material acústico sin tapar las entradas y salidas de aire natural, para evitar recalentamiento del motor.
- Cambiar lo antes posible todas las boquillas de las mangueras de aire comprimido utilizadas para la limpieza de las máquinas, ya que aporta considerablemente al ruido ambiental.
- Instalar la estructura metálica para el encapsulamiento parcial del equipo de forma parcial en cada equipo, con la finalidad de que la inversión no sea elevada para la empresa.
- Colocar una pantalla acústica cerca a cada torno, con la finalidad de reflejar el ruido en esta pared, para que tienda a subir el ruido y aparte que exista en el techo absorbente de ruido colgados y de esta manera disminuir el ruido ambiental de cada máquina.
- Colocar paneles de material absorbente los mismos que deberán estar colgados desde el techo y tener la opción para abrirlos y cerrarlos al momento del ingreso de la pieza metálica para montarle en cada torno.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asamblea Nacional Constituyente. 2008. *Constitución Política de la República del Ecuador*. Quito, Ecuador.

2. Behar A. y Giménez J. 2011. *El ruido industrial y su control. Teoría y práctica profesional*. (1era Edición). Lexington, Estados Unidos.

3. Berland, T. 1973. *Ecología y Ruido*. (1era Edición). Ediciones Marymar. Buenos Aires, Argentina.

4. Burneo, C. 2003. *Contaminación ambiental por ruido y estrés en el Ecuador*. Quito, Ecuador.

5. Carpio, F. 2001. *Prevención de los factores de riesgos físicos en los lugares de trabajo y la salud de los trabajadores*. (1ra. Edición). Quito, Ecuador.

6. Congreso Nacional. 2004. *Ley de Gestión Ambiental: Ley N° 37, Registro Oficial Suplemento 418.* Quito, Ecuador.

7. Congreso Nacional. 2005. *Código del Trabajo: Registro oficial suplemento N° 167*. Quito, Ecuador.

8. Congreso Nacional. 2006. *Ley Orgánica de Salud: Ley N° 67, Registro Oficial Suplemento N° 423*. Quito, Ecuador.

9. Consejo Andino de Ministros de Relaciones Exteriores. 2004. *Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo: Decisión 584 del Acuerdo de Cartagena*. Guayaquil, Ecuador.

10. Consejo del Distrito Metropolitano de Quito. 2005. *La ordenanza sustitutiva del Título V, Del Medio Ambiente, Libro II del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito*. Quito, Ecuador.

11. Consejo Interamericano de Seguridad. 1993. *Control del Ruido. Guía para Trabajadores y empleadores*. Edición Consejo Interamericano de Seguridad 33 Park Place. Englewood, N.J. 07631, EUA.

12. Creus A. y Mangosio J. 2011. *Seguridad e Higiene en el Trabajo. Un enfoque integral.* (1era Edición). Editorial Alfaomega Grupo Editor Argentino S.A. Buenos Aires, Argentina.

13. Falagán, M. 2005. *Higiene Industrial Aplicada. Ampliada*. (1ra. Edición). Editorial Fundación Luís Fernández Velasco. España.

14. Dirección Metropolitana Ambiental. 2008. *Normas Técnicas para la aplicación de la codificación del título V, de la prevención y control del medio ambiente, Resolución Nº 0002-DMA-2008*. Quito, Ecuador.

15. Dirección Metropolitana Ambiental. 2014. *Normas Técnicas para la aplicación de las Ordenanzas Metropolitanas sustitutiva del título V, de medio ambiente, del libro segundo del Código Municipal, Resolución Nº 0002-SA-2014*. Quito, Ecuador.

16. Grupo Internacional de Expertos de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 1983. *Publicación Científica N° 454, El Ruido. Criterios de Salud Ambiental 12*. Editorial Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. Washington D.C, Estados Unidos.

17. Harris, C. 1977. *Manual para el Control del Ruido Tomo I y Tomo II*. Edición Instituto de Estudios de Administración Local Joaquín García Morato. Madrid, España.

18. Henao, F. 2009. *Condiciones de trabajo y salud*. (1ra. Edición). Editorial Ecoe. Bogotá, Colombia.

19. Henao, F. 2011. *Riesgos Físicos I. Ruido, Vibraciones y Presiones anormales.* (2da. Edición). Editorial Ecoe. Bogotá, Colombia.

20. Instituto Nacional de Defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual (Indecopi). 2007. *Norma Técnica Peruana. NTP-ISO 1996-1:2007. Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 1: Índices básicos y procedimiento de evaluación*. (1ra. Edición). Lima, Perú.

21. Instituto Nacional de Defensa de la competencia y de la protección de la propiedad intelectual (Indecopi). 2008. *Norma Técnica Peruana. NTP-ISO 1996-2:2008. Acústica. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental*. (1ra. Edición). Lima, Perú.

22. Indecopi. 2010. *Norma Técnica Peruana. NTP-ISO 9612:2010. Acústica. Determinación de la exposición al ruido laboral. Método de ingeniería*. (1ra. Edición). Lima, Perú.

23. Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). 1975. *Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo. Resolución No. 172*. Quito, Ecuador.

24. Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). Dirección del Seguro General de Riesgos del Trabajo. 2005. *Sistema de Administración de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SASST)*. Quito, Ecuador.

25. Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). 2011. *Resolución N° C.C. 390*. Quito, Ecuador.

26. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). 2006 a. *Guía Técnica Evaluación de Riesgos Laborales*. Madrid, España.

27. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). 2006 b. *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.* Madrid, España.

28. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). 2006 c. *NTP 193 Ruido: Vigilancia epidemiológica de los trabajadores expuestos.* Madrid, España.

29. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). 2006 d. *NTP 270 Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos.* Madrid, España.

30. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). 2006 e. *NTP 287 Hipoacusia laboral por exposición a ruido: Evaluación clínica y diagnóstico.* Madrid, España.

31. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (INSHT). 2006 f. *NTP 683 Estimación de la atenuación efectiva de los protectores auditivos.* Madrid, España.

32. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2010. *NTC 5792. Acústica. Ruido emitido por máquinas y equipos. Medición de los niveles de presión acústica de emisión en el puesto de trabajo y en otras posiciones especificadas. Método de control in situ*. Edición Icontec. Bogotá, Colombia.

33. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2010. *NTC 5793. Acústica. Ruido emitido por máquinas y equipos. Medición de los niveles de presión acústica de emisión en el puesto de trabajo y en otras posiciones especificadas. Método que necesita correcciones de entorno*. Edición Icontec. Bogotá, Colombia.

34. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2003. *NTC 3321. Acústica. Determinación de la exposición al ruido ocupacional y estimación del deterioro de la audición inducida por ruido.* Edición Icontec. Bogotá, Colombia.

35. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 1992. *NTC 3437. Acústica. Ruido emitido por maquinaria y equipo. Pautas para la preparación de códigos de ensayo de ingeniería que requieren del operador o del espectador*. Edición Icontec. Bogotá, Colombia.

36. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). 2009. *NTC 5692-2. Acústica. Protectores auditivos contra el ruido. Parte 2: Estimación de los niveles efectivos de presión sonora ponderados "A", cuando se utilizan protectores auditivos.* Edición Icontec. Bogotá, Colombia.

37. Jerovi, E. 2011. *Reporte de Audiometría*. Consorcio Biodilab, Quito, Ecuador.

38. Ministerio del Ambiente del Ecuador. 2003. *Texto Unificado de Legislación Secundaria TULAS*: *Libro VI, Anexo 5.* (2da. Edición).

39. Ochoa, J. y Bolaños, F. 1990. *Medida y Control del Ruido*. (1ra. Edición). Editorial Marcombo Boixareu. Barcelona, España.

40. República del Ecuador. 1986. *Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo: Decreto Ejecutivo 2393, Registro Oficial 565*. Quito, Ecuador.

41. República del Ecuador. 2001. *Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador: Decreto 1215, Registro Oficial N° 265*. Quito, Ecuador.

ANEXOS

ANEXO I

NORMA TÉCNICA PERUANA. NTP-ISO 9612:2010. ACÚSTICA. DETERMINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO LABORAL. MÉTODO DE INGENIERÍA

A continuación se detalla a manera de resumen la norma NTP-ISO 9612:2010

Dentro de la metodología de la evaluación de ruido existen las siguientes etapas cronológicas, como se muestran en la Tabla AI.1. (Indecopi, 2010, p. 10):

Tabla AI.1. Etapas cronológicas de la metodología de evaluación del ruido

ETAPA	DESCRIPCIÓN
Etapa 1	Análisis de la labor
Etapa 2	Selección de la estrategia de medición
Etapa 3	Estrategias de Mediciones
Etapa 4	Tratamiento de errores e incertidumbres
Etapa 5	Cálculos y presentación de los resultados y de la incertidumbre

(Indecopi, 2010, p. 10-11)

- **ETAPA 1: ANÁLISIS DE LA LABOR**

Para seleccionar la estrategia más idónea y poder planificar las mediciones, se debe analizar minuciosamente la labor del trabajador con la finalidad de obtener información sobre el trabajo y los trabajadores bajo estudio (Indecopi, 2010, p. 10)

Se debe realizar un análisis de la labor en todas las situaciones, con la finalidad de obtener la siguiente información (Indecopi, 2010, p. 11-12).

- Descripción de las actividades de la empresa,

- Definir las actividades de los trabajos de los trabajadores bajo estudio y establecer grupos de exposición homogénea o grupos de exposición similar al ruido,
- Si fuese relevante, definir una o varias jornadas laborales para cada grupo o cada trabajador,
- Identificar las tareas que constituyen los trabajos, en caso de ser relevante,
- Identificar los posibles eventos de ruido significantes y
- Finalmente establecer el plan y estrategia de medición

Se tienen que analizar las labores del trabajo, considerando la producción, proceso, organización, trabajadores y actividades (Indecopi, 2010, p. 12).

Es muy importante identificar todos los eventos relevantes con relación a la exposición al ruido independiente de la estrategia utilizada para las mediciones de la exposición al ruido (Indecopi, 2010, p. 12).

Existen varias estrategias de medición de la exposición al ruido, como la estrategia basada en la tarea, en el trabajo o la estrategia de una jornada completa (Indecopi, 2010, p. 12).

- ✓ **Definiendo los grupos de exposición homogénea al ruido**

Para reducir los esfuerzos en la medición, se pueden establecer grupos de exposición homogénea o similar al ruido. Al realizar la misma labor se tiene la misma exposición a ruido. Estos grupos pueden estar constituidos por uno o más trabajadores. Estos grupos deben estar claramente identificados (Indecopi, 2010, p. 12)

Para definir, estos grupos se pueden considerar en función del nombre de su puesto, de su función, de su profesión, de su área de trabajo, de su actividad laboral, de criterios de producción o de procesos (Indecopi, 2010, p. 12).

Independientemente de la manera de definir los grupos homogéneos, es recomendable analizar conjuntamente con los trabajadores y supervisor los grupos homogéneos de exposición al ruido (Indecopi, 2010, p. 13).

Por último se tendría que verificar mediante una evaluación de los resultados de medición en el caso de no tener definido los grupos homogéneos. Para lo cual se tendría que aplicar la ecuación para calcular el nivel diario de exposición al ruido ponderado A (Indecopi, 2010, p. 13)

- ✓ **Determinación de una jornada laboral**

Una jornada laboral comprende todos los períodos de trabajo y todas las pausas. Para obtener una visión global, el trabajo se debe someter a estudio y comprensión de todos los factores que pueden influir en la exposición al ruido (Indecopi, 2010, p. 13).

Los temas que se deben considerar en una jornada laboral, son los siguientes (Indecopi, 2010, p. 13):

- Tareas (contenido y duración) y variación dentro de las mismas.
- Áreas ruidosas de trabajo y principales fuentes de ruido.
- Cualquier evento o pautas de trabajo significativas de ruido que tenga como resultado en un cambio representativo en el nivel de ruido.
- Duración y número de las pautas o reuniones, las mismas que deben definirse y entrarán en la jornada laboral o no.

Todas las mediciones de evaluación a la exposición a ruido deben (Indecopi, 2010, p. 13):

- Ser planificadas de tal manera que cubran todos los eventos significativos de ruido.

- Para cada uno de los eventos, se tiene que registrar cuando se produzca, su naturaleza, frecuencia y duración diaria.
- Para garantizar que los eventos significativos de ruido se detecten durante el análisis de trabajo, se emplearán listas de comprobación.
- En algunos casos la labor cambia de un día a otro, ya que cada día trabajan en distintas laborales o sitios distintos. Para lo cual se deberá partir de las situaciones de trabajo durante varios días (una semana).
- Cualquier medición, debe ser identificadas, cuantificada y registrada. Por ejemplo, tipo de producción en proceso, los materiales, espesor de la pieza trabajada, las cantidades, velocidad y el número de trabajadores involucrados.
- Para estimar el riesgo a largo plazo con la finalidad de proyectar la pérdida auditiva de los trabajadores, debe deber realizar mediciones en una jornada laboral representativa de la exposición media sobre el periodo considerado.

➢ ETAPA 2: SELECCION DE LA ESTRATEGIA DE MEDICIÓN

Está influenciada en los siguientes factores (Indecopi, 2010, p. 14):

- Detalle de la cantidad y análisis de información requerida.
- Propósito de las mediciones.
- Número de trabajadores involucrados
- Duración efectiva de la jornada laboral.
- Tiempo disponible para la medición.
- Complejidad de la situación del trabajo.

➢ ETAPA 3: ESTRATEGIAS DE MEDICIÓN

Existen tres estrategias de medición, para la determinación de la exposición al ruido en el lugar de trabajo las mismas que se detallan a continuación (Indecopi, 2010, p. 14).

- Medición basada en la tarea. Se analiza el trabajo efectuado durante la jornada y se subdivide en tareas representativas. Para cada tarea se realizan mediciones por separado del nivel de presión sonora.
- Medición basada en el trabajo. Se seleccionan varias mediciones aleatorias del nivel de presión sonora en trabajos representativos y con cierta particularidad.
- Medición de una jornada completa. Estas mediciones continuas del nivel de presión sonora, se realizan a toda la jornada laboral completa.

Para seleccionar cualquiera de las tres estrategias de medición, dependerá del tipo o pauta de trabajo, como se muestra la información presentada en la Tabla AI.2. (Indecopi, 2010, p. 40).

Tabla AI.2. Estrategia de medición

TIPO O PAUTA DE TRABAJO	ESTRATEGIA DE MEDICION BASADA EN		
	LA TAREA	EL TRABAJO	JORNADA COMPLETA
Puesto de trabajo fijo, tarea simple o única	Muy Recomendable	No recomendable	No recomendable
Puesto de trabajo fijo, tareas múltiples o complejas	Muy Recomendable	Recomendable	Recomendable
Trabajador móvil, patrón previsible, número de tareas pequeñas	Muy Recomendable	Recomendable	Recomendable
Trabajador móvil, patrón previsible, gran número de tareas o patrones de trabajo complejos	Recomendable	Recomendable	Muy Recomendable
Trabajo móvil, patrón de trabajo imprevisible	No recomendable	Recomendable	Muy Recomendable
Trabajador fijo o móvil, tareas múltiples con duración no especificada de las tareas	No recomendable	Muy Recomendable	Recomendable
Trabajador fijo o móvil, sin tareas asignadas	No recomendable	Muy Recomendable	Recomendable

(Indecopi, 2010, p. 40)

- **ESTRATEGIA DE MEDICIÓN BASADA EN LA TAREA**

La estrategia se basa en dividir la jornada laboral en diferentes tareas y se requiere la validación constante en todas las mediciones de las tareas (Indecopi, 2010, p. 14).
Este método facilita información sobre las contribuciones de las diferentes tareas a la exposición diaria a ruido durante la jornada laboral (Indecopi, 2010, p. 14).

Esta información pudiera servir para determinar las prioridades para un programa de control de ruido, calcular la exposición al ruido para jornadas laborales diferentes de la jornada de medición, acotar los tiempos de medición cuando grupos importantes de trabajadores están efectuando similares actividades en ambientes acústicos similares (Indecopi, 2010, p. 14).

La medición basada en la tarea es aconsejable cuando el trabajo tiene las siguientes características (Indecopi, 2010, p. 15):

- Si el trabajo se puede dividir en tareas bien definidas,
- Labores con condiciones de ruido claramente definibles,
- Tareas en las cuales se permite la medición de ruido,
- Que todas las contribuciones de ruido importantes se encuentren en las mediciones por tareas,
- Se requiere previamente conocer los eventos acústicos de fuerte intensidad y de corta duración durante toda la jornada laboral (Indecopi, 2010, p. 15).

Se debe dividir la jornada laboral por tareas, del grupo o trabajadores de exposición homogénea dependiendo el caso y la selección (Indecopi, 2010, p. 15).

Cada tarea debe (Indecopi, 2010, p. 15):

- Definir de tal manera que el Lp,A,eqT (nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para un periodo T), sea con probabilidad repetible.
- Garantizar que estén incluidas todas las contribuciones relevantes del ruido.

- Establecer la duración de las tareas, especialmente los de altos niveles de ruido.

➢ DURACIÓN DE LAS TAREAS

Se tienen que determinar el tiempo Tm de las duraciones de las tareas, esto se puede realizar mediante (Indecopi, 2010, p. 15):

- Entrevistas con los trabajadores, supervisores e ingenieros, para establecer un tiempo prudencial representativo.
- Duración y observación del tiempo durante las mediciones de ruido.
- Conseguir información con respecto al funcionamiento de las fuentes típicas de ruido como por ejemplo los procesos de trabajo, las máquinas, las actividades en el lugar de trabajo y finalmente en el entorno del trabajo.
- La duración puede ser variable, dependiendo de la tarea que se esté desarrollando y el tiempo representativo para cada tarea.
- Para escoger posibles variaciones en la duración de las mediciones por tareas, se pueden registrar varias veces dependiente el tiempo de duración escogida.
- Con la finalidad de obtener un tiempo representativo para cada medición por tareas, se debe preguntar a varios trabajadores y supervisores, sobre el tiempo razonable de monitoreo que sea realmente representativo.

En el caso, en el que estén disponibles las observaciones J de la duración de la tarea Tmj, la media aritmética $\overline{Tm}$ de la duración de la tarea, la misma que se calcula con la siguiente ecuación AI.1 (Indecopi, 2010, p. 16):

$$\overline{\mathbf{Tm}} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{J}} \sum_{\mathbf{j=1}}^{\mathbf{J}} \mathbf{Tm, j}, \qquad \text{[AI.1]}$$

La duración efectiva de la jornada laboral, debe coincidir con las duraciones y

sumas individuales Tm de las tareas. La duración efectiva, Te de la jornada laboral, se expresa en la siguiente ecuación AI.2 (Indecopi, 2010, p. 16):

$$Te = \sum_{m=1}^{M} \overline{Tm} \qquad [AI.2]$$

Donde:

$\overline{Tm}$, es La media aritmética de la duración de la tarea m.

m, es el número de tarea.

M, es el número total de tareas

Con la finalidad de incluir todas las fuentes sonoras importantes, estas mediciones basadas en la tarea, pueden ser combinadas con las mediciones de una jornada completa y de esta manera comprobar que todas las fuentes, están incluidas (Indecopi, 2010, p. 16):

- ✓ **Medición del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea m (Lp, A, eqT,m)**

Las mediciones deben cubrir las variaciones del nivel de ruido presente en cada tarea de manera representativa, en el tiempo, en las condiciones laborales y en el espacio (Indecopi, 2010, p. 16).

El técnico responsable de las mediciones, debe asegurarse que la situación de trabajo sea representativa. En el caso que las condiciones de operación o de trabajo se desvían de la situación normal, se tiene que registrar en el informe técnico, para lo cual el trabajador o grupos homogéneos de estudio tienen que ser observados (Indecopi, 2010, p. 16).

- ➢ **DURACIÓN DE LAS MEDICIONES**

La duración de las mediciones, tendrán las siguientes características (Indecopi,

2010, p. 17):

- La duración de cada medición debe ser lo suficientemente larga como para que represente el promedio del nivel de presión sonora continuo equivalente para cada tarea real.
- Si la tarea dura menos de 5 min, la duración de cada medición debe ser igual a la duración de la tarea.
- Si las tareas son largas, la duración de cada medición deber de ser al menos de 5 min.
- La duración de cada medición se puede reducir siempre y cuando el nivel de ruido es constante, repetitivo o el nivel producido por la tarea es un contribuyente menor al total de la exposición al ruido.
- Si durante la tarea, el ruido es cíclico, cada medición debe cubrir de al menos tres ciclos bien definidos. Si la duración de los tres ciclos es inferior a 5 min. Cada medición debe ser al menos de 5 min. La duración de cada medición debe ser igual a la duración de un número de ciclos enteros.
- Si durante la tarea, el ruido fluctúa en forma aleatoria, la duración de cada medición debe ser lo suficientemente representativa con la finalidad de garantizar que el valor medido sea representativo en toda la tarea completa. Para cada tarea se debe realizar al menos tres mediciones. Se recomienda que para cubrir la variación real del nivel de ruido, se deben realizar mediciones en diferentes momentos representativos durante la tarea o también se puede realizar mediciones en diferentes trabajadores del mismo grupo homogéneo.
- Si los resultados de las tres mediciones de ruido de una tarea difieren en 3 dBA o más, se debe realizar al menos tres mediciones adicionales de la tarea, subdividir la tarea en otras menores para lo cual se deberá establecer nuevamente la duración de la tarea y la medición de ruido por tareas o sub tareas o prolongar la duración de cada medición.
- Se puede reducir la incertidumbre parcial, cuando se realizan mediciones adicionales, las mismas que no reducen el rango de los valores medidos.

Para la tarea m, calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, a partir de "I" mediciones separadas, Lp, A, eqT, mi, como sigue en la ecuación AI.3 (Indecopi, 2010, p. 18):

$$Lp, A, eqT = 10 \log \left[\frac{1}{I} \sum_{i=1}^{I} 10^{\,0,1 x Lp,A,eqT,mi}\right] dBA \qquad [AI.3]$$

Dónde:

Lp, A, eqT, mi, es el nivel de presión sonora continuo equivalente pondera A, durante una tarea de duración Tm

"i", es el número de una medición de la tarea m

"I", es el número total de mediciones de la tarea m

- ✓ **Calculo de la contribución de cada tarea al nivel diario de exposición al ruido**

Este cálculo es opcional, en el caso que se requiera un valor para la contribución relativa de cada tarea al nivel diario de exposición al ruido.

La contribución al ruido de la tarea m al nivel diario de exposición al ruido ponderado A, L_{EX}, 8h, m, se puede calcular como sigue en la ecuación AI.4 (Indecopi, 2010, p. 19):

$$L_{EX}, 8h, m = Lp,A,eqT,m + 10 \log \left[\frac{\overline{Tm}}{To}\right] dB \qquad [AI.4]$$

Donde:

Lp,A,eqT,m es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, para la tarea m.

$\overline{Tm}$ es la media aritmética de la duración de la tarea m,

To es la duración de referencia, To = 8 h.

- ✓ **Cálculo de nivel diario de exposición al ruido ponderado A**

A partir del cálculo Lp,A,eqT,m y la duración de cada uno de las tareas. Utiliza el nivel calculado por Lp, A, eqT y la duración de la tarea, como sigue en la ecuación AI.5 (Indecopi, 2010, p. 19)

$$L_{EX,\,8h} = 10 \log \left[\sum_{m=I}^{M} \frac{\overline{Tm}}{To}\, 10^{\,0{,}1 \times Lp,A,eqT,m}\right] dB \qquad \text{[AI.5]}$$

Donde:

Lp,A,eqT,m, es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A para la tarea m

$\overline{Tm}$ es la media aritmética de la duración de la tarea m

To es la duración de referencia, To = 8 h.

"m" es el número de tarea;

"M" es el número total de tareas m que contribuyen al nivel diario de exposición al ruido.

- ✓ **Cálculo el nivel de exposición al ruido ponderado A, a partir de la contribución al ruido de cada uno de las tareas**

Se puede emplear este ecuación, si la contribución relativa de cada tarea m, como sigue en la ecuación AI.6 (Indecopi, 2010, p. 20)

$$L_{EX,\,8h} = 10 \log \left[\sum_{m=I}^{M} 10^{\,0{,}1 x\, L_{EX,8h,m}}\right] dB \qquad \text{[AI.6]}$$

Donde:

$L_{EX,\,8h,\,m}$ es el nivel de exposición sonora ponderado A de la tarea m, que contribuye al nivel diario de exposición al ruido

"m" es el número de la tarea

"M" es el número total de tareas que contribuyen al nivel diario de exposición al ruido.

- **ESTRATEGIA DE MEDICIÓN BASADA EN EL TRABAJO**

Las mediciones basadas en el trabajo no requieren una descomposición detallada de las diferentes tareas y se utilizan cuando el contenido del trabajo es difícil de describir y no es práctico dividir el trabajo por tareas (Indecopi, 2010, p. 38).
Se deben definir adecuadamente los trabajos significativos de contribución a la exposición a ruido de cualquier trabajador con una función dada (Indecopi, 2010, p. 38).

Esta estrategia puede llevar mucho tiempo, debido a lo extenso que son las mediciones, pero es ventajoso ya que disminuye la incertidumbre en el resultado obtenido. Lo que se tiene que garantizar que durante las mediciones exista durante el período de medición todas las contribuciones significativas de exposición a ruido (Indecopi, 2010, p. 38).

Se deben efectuar mediciones aleatorias de la exposición al ruido. El Lp,A,eqT, se debe ir midiendo durante la realización de los trabajos identificados cuando se realizó el análisis de las labores de trabajo (Indecopi, 2010, p. 20).

- **PLAN DE MEDICIÓN**

A partir de los trabajadores identificados y se tienen que establecer grupos de exposición homogénea al ruido (Indecopi, 2010, p. 21).
Para cada grupo de exposición homogénea al ruido, el plan de medición, se debe establecer de la siguiente manera (Indecopi, 2010, p. 21):

- Determinar la duración mínima de tiempo de la medición acumulativa para el número de trabajadores "n_G" del grupo de exposición homogéneo, la Tabla de especificaciones para la duración mínima total de mediciones a aplicar a un grupo de exposición homogéneo de tamaño n_G, como se muestra en los datos presentados en la Tabla AI.3.

Tabla AI.3. Especificaciones para la duración mínima total de mediciones a aplicar a un grupo de exposición homogéneo de tamaño n_G

Número de trabajadores en el grupo de exposición homogénea n_G	**Duración mínima acumulativa de medición a repartir entre el grupo de exposición homogéneo**
$n_G \leq 5$	5,0 horas
$5 < n_G \leq 15$	5,0 horas + (n_G – 5,0) x 0,5 horas
$15 < n_G \leq 40$	10,0 horas + (n_G – 15,0) x 0,25 horas
$n_G > 40$	17,0 horas o fraccionar el grupo

(Indecopi, 2010, p. 21)

- Seleccionar el número y duración de las mediciones, al menos deben ser 5 mediciones, con la finalidad de que la duración acumulativa sea superior o igual a la mínima determinada en las especificaciones para la duración mínima total de mediciones a aplicar a un grupo de exposición homogéneo de tamaño n_G
- Para planificar la toma de mediciones, las mismas que estarán distribuidas de forma aleatoria a lo largo de la jornada laboral entre los miembros de grupo.
- Para reducir la incertidumbre de las mediciones, se podría aumentar algunas mediciones, para garantizar que se incluyan los eventos representativos de ruido.

✓ **Determinación de los niveles diario de exposición al ruido para trabajadores de un grupo de exposición homogéneo**

Calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, Lp,AeqTe, para la duración efectiva de la jornada laboral Te, mediante la siguiente ecuación AI.7 (Indecopi, 2010, p. 22).

$$Lp,_{A},eqTe = 10 \log \left[\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} 10^{\ 0,1xLp,A,eqT,n}\right] dBA \qquad [AI.7]$$

Donde:

Lp,A,eqT,n es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n.

"n" es el número de la medición de la labor de trabajo,

"N" es el número total de mediciones de la labor de trabajo.

- ✓ **Calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, L_{EX}, 8h, de los trabajadores de un grupo dado de exposición homogéneo, mediante la siguiente ecuación AI.8 (Indecopi, 2010, p. 22).**

$$L_{EX}, 8h = Lp,_{A},eqTe + 10 \log \left[\frac{Te}{To}\right] \mathbf{dB} \qquad [AI.8]$$

Donde:

$Lp,_{A}$,eqTe es el nivel presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral

"Te" es la duración efectiva de la jornada laboral

"To" es la duración de referencia, To = 8 h

Se debe calcular la incertidumbre. Si la contribución a la incertidumbre c_1u_1 debido a las mediciones (obtenidas de acuerdo a la Tabla Contribución a la incertidumbre c_1u_1, de las mediciones del nivel de ruido de una labor-trabajo y de una jornada completa en decibelios, aplicable a un conjunto de N valores medidos, $Lp,_{A}$,eqT,n de la incertidumbre estándar u_1) es mayor a 3,5 dBA, se deberían modificar al grupo de exposición homogéneo o a su vez aumentar el número de mediciones con la finalidad de disminuir la incertidumbre (Indecopi, 2010, p. 23).

- ➢ **ESTRATEGIA DE MEDICIÓN DE UNA JORNADA COMPLETA**

Se utiliza cuando es más difícil el describir las tareas típicas y el tipo de trabajo. Se

recomienda cuando el modelo de exposición al ruido de los trabajadores se desconoce, es demasiado complejo o es impredecible (Indecopi, 2010, p. 23).
Se tiene que garantizar que los días escogidos sean representativos y la situación de trabajo sea relevante, con la finalidad de que todas las contribuciones principales de ruido estén incluidas en todas las mediciones (Indecopi, 2010, p. 23).

Es altamente recomendable para eliminar las contribuciones sonoras irrelevantes de los resultados de las mediciones, para lo cual se debe emplear un instrumento registrador cuando se realizan mediciones por jornada completa (Indecopi, 2010, p. 39).

Esta estrategia debe cubrir todas las contribuciones de ruido que debe incluir (Indecopi, 2010, p. 23):

- Ruido relativo a las labores.
- Períodos tranquilos.
- Ruidos relacionados con el trabajo durante la jornada laboral.

En el caso, en que no sea posible realizar las mediciones durante el total de la jornada laboral completa, se deben realizar mediciones las más largas posibles durante una parte del día, garantizando que los periodos de medición sean representativos en la exposición a ruido (Indecopi, 2010, p. 23-24).

Esta estrategia al reunir todas las contribuciones de ruido, existe un riesgo de incluir contribuciones falsas (fuentes de incertidumbres, como impactos mecánicos sobre el micrófono, viento y corrientes de aire o contribuciones sonoras) (Indecopi, 2010, p. 24, 29-32).

Durante las mediciones, se pueden reducir las incertidumbres, con mediciones puntales y observando o preguntando cuidadosamente a los trabajadores durante las diferentes mediciones, se debe consultar a los trabajadores acerca de las tareas que se están ejecutando al momento de las mediciones (Indecopi, 2010, p. 24).

Para obtener información sobre las fluctuaciones en el nivel de ruido durante la jornada laboral y las diferentes contribuciones de las diferentes tareas, se debe emplear un instrumento de medición, que pueda medir y registrar varias lecturas (instrumento registrador) (Indecopi, 2010, p. 39)

Todas las mediciones, se recomienda que el técnico responsable observe al trabajador para evitar eventos no relacionados con la exposición a ruido del trabajador, como gritos de los compañeros, impactos accidentales del micrófono o la intención del trabajador de generar más ruido de lo habitual, con la finalidad de identificar y registrar estos eventos (Indecopi, 2010, p. 39).

- ✓ **Observación de las laborales del trabajo y monitoreo de las mediciones**

Durante las mediciones, se debe observar al trabajador, solo en el caso que no se pueda observar al trabajador, se deben realizar las siguientes gestiones (Indecopi, 2010, p. 24):

- Para verificar los niveles medidos, se deben realizar mediciones puntuales, utilizando dosímetro sonoros personales.
- Entrevistas con el trabajador y supervisores.
- Con las mediciones basadas en la tarea, se pueden comparar con la exposición de los trabajadores seleccionados.
- Es recomendable el uso de dosímetros sonoros personales con capacidad de almacenamiento de datos.
- Registrar diariamente un histórico al final del período de trabajo, con la finalidad de registrar los diferentes eventos y tareas, para lo cual el técnico responsable de las mediciones, debe consultar con el trabajador.

- ➢ **MEDICIONES**

Para representar la exposición al ruido de los trabajadores, se tienen que realizar

mediciones del $L_{p,A,eqT}$ de tres jornadas completas (Indecopi, 2010, p. 24).

En el caso que el resultado de las tres mediciones difieran en menos de 3 dBA, se debe calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante la jornada laboral con la finalidad de obtener la media energética de las tres mediciones, como se muestra en la ecuación AI.9 (Indecopi, 2010, p. 24).

$$L_{p,A,eqTe} = 10 \log \left[\frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} 10^{\,0,1 x L_{p,A,eqT,n}}\right] dBA \qquad [AI.9]$$

Donde:
$L_{p,A,eqT,n}$ es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, de la medición n.
"n" es el número de la medición de la labor de trabajo,
"N" es el número total de mediciones de la labor de trabajo.

En el caso que el resultado de las tres mediciones difieran en más de 3 dBA, para este caso, se deben realizar al menos dos mediciones adicionales a la jornada completa y adicional se debe calcular el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante la jornada laboral con la finalidad de obtener la media energética de todas las mediciones (Indecopi, 2010, p. 25)

- ✓ **Determinación del nivel diario de exposición al ruido**

Calcular el nivel diario de exposición al ruido ponderado A, L_{EX}, 8h, confirme a la siguiente ecuación AI.10 (Indecopi, 2010, p. 25)

$$L_{EX,\ 8h} = L_{p,A,eq_{Te}} + 10 \log \left[\frac{Te}{To}\right] dB \qquad [AI.10]$$

Donde:
$L_{p,A,eqTe}$ es el nivel presión sonora continuo equivalente ponderado A para la duración efectiva de la jornada laboral

"Te" es la duración efectiva de la jornada laboral
"To" es la duración de referencia, To = 8 h

- **EQUIPOS PARA EL MONITOREO DE RUIDO**

Para un monitoreo técnico y confiable para la evaluación del ruido del presente trabajo, se deben emplear los siguientes equipos certificados y calibrados (Indecopi, 2010, p. 25).

- ✓ **Sonómetro integrador-promediador**

Se pueden realizar mediciones con este equipo sosteniendo en la mano para seguir a un trabajador que se mueve o en posiciones discretas (Indecopi, 2010, p. 25)

El Sonómetro integrador-promediador, se utiliza para (Indecopi, 2010, p. 26):

- Tareas únicas en puestos de trabajo fijos.
- Tareas múltiples en puestos de trabajo fijos.
- Se pueden utilizar sonómetros fijos o portátiles.

- ✓ **Dosímetro sonoro personal**

Este equipo debe llevar consigo el trabajador, para poder determinar la exposición de ruido. Estos equipos se pueden utilizar para todas las mediciones en todos los tipos de situaciones de trabajo (Indecopi, 2010, p. 26)

El dosímetro sonoro personal, se utiliza para (Indecopi, 2010, p. 26):

- Mediciones de larga duración.
- Para trabajadores que demanda movilidad a otro sitio de trabajo.
- Para tareas complejas o imprevisibles.

- Para trabajos que demanda tareas discretas con un gran número de tareas distintas y complejas.

✓ **Calibración de Campo**

La calibración de campo consta de lo siguiente (Indecopi, 2010, p. 26):

- Una verificación de la calibración acústica del sistema de medición completo (incluye el equipo incluyendo el micrófono).
- Constituye un procedimiento de verificación distinto al de la calibración en laboratorio.
- La calibración de campo, consiste en utilizar un calibrador sonoro.
- El calibrador sonoro, utilizado en campo, debe ser de clase 1, que cumpla la norma IEC 60942:2003 a cada micrófono.
- Todas las calibraciones de campo, deben registrar el nivel medido a una o más frecuencias dentro del rango de frecuencias de interés.
- Para las diferentes calibraciones de campo, se tienen que realizar en ambientes silenciosos.
- Al inicio diario de cada medición o serie de mediciones, debe realizarse la calibración de campo con las correcciones adecuadas.
- Al final diario de cada medición o serie de mediciones, debe realizarse la calibración de campo pero sin corrección.
- Si al final de cada medición o serie de mediciones, la calibración de campo inicial difiere de la calibración final en más de 0,5 dBA, los resultados de las mediciones, deben ser descartados.

✓ **Instrumento colocado en el cuerpo del trabajador o dosímetro sonoro personal**

El micrófono del dosímetro sonoro personal, debe ser instalado de la siguiente manera (Indecopi, 2010, p. 26-27):

- El micrófono debe ubicarse a 10 cm de distancia entre el canal auditivo externo más expuesto a la altura del hombro a 4 cm de por encima del hombro.
- Para evitar falsos resultados por la influencia mecánica o por la vestimenta que utiliza el trabajador, el equipo debe estar debidamente sujetado.
- No perturbar la realización del trabajo.
- No crear riesgos para la seguridad.
- Evitar falsas contribuciones a la medición.
- Las mediciones con dosímetro son afectados por los efectos pantalla y de las reflexiones en el cuerpo, esto es válido para el ruido de alta frecuencia y para las pequeñas fuentes de ruido a una distancia corta del oído.
- Para el resto de casos, el micrófono debe estar instalado en los dos oídos del trabajador y establecer le oído más expuesto.
- La ventaja del dosímetro sonoro personal, es que el trabajador bajo estudio, no hay que seguirlo de cerca y varios trabajadores pueden ser sometidos simultáneamente a este estudio.
- El trabajador debe estar informado sobre el objetivo de la medición.
- Recomendar a los trabajadores, que el equipo de medición no puede ser retirado durante toda la jornada laboral completa y que realice el trabajo de manera natural y habitual.
- El dosímetro debe iniciarse desde cero o como indique el fabricante. Esta operación debe realizarse después de la calibración pertinente.
- La correcta instalación y fijación del instrumento de medición, desde un inicio, garantizará que no se ha introducido ningún ruido de fondo, especialmente en la fijación del equipo.
- Registrar la hora de inicio y finalización de las mediciones.
- Seguir las instrucciones del fabricante del equipo de medición al momento de finalizar las mediciones al apagar y retirar el equipo conjuntamente con el micrófono.
- El momento que exista un registro en el equipo, de un valor del nivel sonoro pico elevado y que no se encuentre validado durante la observación, se tiene

que investigar con el trabajador y supervisor y sobre todo comentar en el informe.

- ✓ **Sonómetro integrador-promediador**

Para estos equipos los niveles de ruido medidos deben ser representativos comparados con el nivel de ruido a la altura del oído del trabajador. Al ser menos crítica una posición de precisión, siempre y cuando el campo sonoro sea uniforme (Indecopi, 2010, p. 27)

Ubicación del equipo debe ser de la siguiente manera (Indecopi, 2010, p. 27-28):

- El micrófono del equipo, debe ser instalado al nivel de la posición que ocupa la cabeza en las distintas ubicaciones del trabajador durante la realización normal de la tarea o trabajo.
- El micrófono debe colocarse en el plano central de la cabeza del trabajador, y sin estar el trabajador presente.
- Se debe tener en cuenta varias posiciones en el espacio de la cabeza del trabajador.
- Para determinar el nivel de presión sonora promedio en un puesto de trabajo, se puede mover el equipo alrededor mediante un barrido en la zona de interés. Para realizar el barrido, se debe mover el micrófono a una velocidad constante a lo largo de una trayectoria con la forma del símbolo de infinito (∞)
- En el caso que no sea posible que el trabajador esté ausente en las mediciones, el micrófono debe instalarse a una distancia de 10 cm y 40 cm de la entrada del canal auditivo externo y sobre todo en el lado del oído más expuesto.
- En el caso que no sea posible los parámetros mencionados en el anterior punto, se recomienda el uso de un instrumento que sea llevado por el trabajador.

- Si la fuente de ruido está próxima a la ubicación del trabajador, el campo sonoro se debería analizar detenidamente. La posición y dirección del micrófono seleccionado, debe indicar en el informe respectivo.
- En el caso que no esté definida la posición de la cabeza en el puesto de trabajo, se puede usar las siguientes alturas: El trabajador de pie debe estar a 1,55 m ± 0,075 m (7,5cm), por encima del suelo sobre el que el trabajador está de pie. El trabajador sentado a 0,8m ± 0,05 m por encima de la mitad del plano de la silla y debe estar ajustada lo más cerca posible al punto medio de su ajuste horizontal o vertical.
- Se debe considerar la estatura promedio de los trabajadores dependiendo el país.
- En el caso que el trabajador, se mueva alrededor de la máquina, se deberá utilizar un dosímetro sonoro personal.
- Si el micrófono se encuentra fijo al monitorear a un trabajador con puesto fijo puede resultar en una sobreestimación o subestimación de la exposición real.
- El simple hecho de realizar pequeños cambios en la localización del micrófono, puede significar variaciones significativas del nivel de presión sonora.
- Si los tonos son claramente audibles en el puesto de trabajo, se pueden generar ondas estacionarias.
- Al mover la ubicación del micrófono a través de la zona de ocupación de interés próxima a la fuente, se puede determinar la variación total del nivel de presión sonora. Estos movimientos deben ser tratados como niveles variables en el tiempo y promediadas.
- Para estudiar las variaciones en una zona, se utilizan los barridos, para estudiar el nivel de ruido en función del tiempo, para lo cual se deberá medir con una resolución temporal adecuada.
- Para las evaluaciones de la incertidumbre, se deben dividir los datos de ruido que se obtienen dividiendo el conjunto de mediciones en tres o preferible en seis períodos con la misma duración y nivel para cada uno de estos cálculos.

- Al utilizar un dosímetro sonoro personal, se reducen las incertidumbres asociadas con la exposición al ruido, para lo cual se deberán realizar mediciones adicionales o suplementarias con el equipo fijado al trabajador.

➢ ETAPA 4: FUENTES DE INCERTIDUMBRE

Por la variación natural de la situación de trabajo y los errores, pueden generar fuentes de incertidumbre. En todo lo posible, las incertidumbres deben tomarse en muy cuenta con la finalidad de reducir su influencia. (Indecopi, 2010, p. 29)

Se deben evitar las fuentes de incertidumbre, como medida de prevención para impedir que las contribuciones erróneas alteren el nivel de exposición de ruido medido y de esta manera garantizar que no existan errores sistemáticos en el resultado final (Indecopi, 2010, p. 41).

En el resultado de las mediciones, las principales fuentes de incertidumbre, son las siguientes (Indecopi, 2010, p. 29-30):

- Análisis inadecuado
- Calibración e instrumentos. Depende del lugar en donde se ha instalado el micrófono y de la clase del instrumento y calibrador sonoro que se esté utilizando para las diferentes mediciones.
- Posición del micrófono
- Incertidumbre en la selección del lugar, condiciones de operación o simplemente las variaciones en el trabajo diario. Esto depende la complejidad de la situación de trabajo. Estas variaciones son las más elevadas para un trabajo que no está fijo en un solo sitio de trabajo comparado con las fuentes de ruido no constantes
- Contribuciones falsas a las mediciones (por ejemplo el viento, corriente de aire, impactos o roces del micrófono.

- Contribuciones como la música, diálogo, señales de alarma, son consideradas contribuciones atípicas de fuentes de ruido.
- Se tienen que identificar durante el análisis de trabajo y durante las mediciones, las contribuciones representativas al ruido.
- Si se detectan contribuciones representativas de las fuentes de error, las mediciones se tienen que corregir o rechazar.
- La incertidumbre asociada al resultado y el nivel de exposición al ruido medido, depende del método de medición utilizado.
- El equipo que puede aumentar el nivel de exposición al ruido medido, es el dosímetro sonoro personal, ya que incluye las contribuciones de la música, radio, palabra, etc.
- El uso de sonómetro portátil, garantiza la exclusión de las fuentes de incertidumbre, por ejemplo interrumpiendo la medición.
- Lo que puede llevar a una baja estimación de la exposición al ruido del trabajador, son las mediciones efectuadas en posiciones fijas, ya que la dificultad en tratar las contribuciones al ruido de fuentes sonoras próximas al oído, por ejemplo el uso de una herramienta de mano.

✓ **Impactos mecánicos sobre el micrófono**

Para disminuir incertidumbres, se debe evitar que la pantalla anti viento o el micrófono, no golpee ni entre en contacto con nada, para evitar errores. Este tipo de error es difícil de detectar cuando se utiliza un dosímetro sonoro personal (Indecopi, 2010, p. 30).

El momento que el micrófono o los dispositivos de conexión, entran en contacto con objetos, se manipulan o se froten, pueden registrar altos niveles de presión sonora muy difíciles de detectar (Indecopi, 2010, p. 30).
Es recomendable observar al trabajador al momento de las mediciones y registrar cualquier novedad, para comparar las mediciones diarias con las novedades registradas a lo largo de las mediciones (Indecopi, 2010, p. 30)

En el caso que no se pueda observar todo el tiempo al trabajador y si existen niveles de ruido elevado inexplicables, se tiene que verificar la influencia en el resultado final. Si existe una alteración significativa y niveles altos inexplicables, se debe realizar una nueva medición y peor aún si se utilizan instrumentos no registradores (Indecopi, 2010, p. 30-31).

- ✓ **Viento y corrientes de aire**

Se debe evitar al máximo las mediciones con presencia de viento o corrientes de aire de gran velocidad (Indecopi, 2010, p. 31)

En caso de no ser posible la medición sin presencia de corrientes de aire de gran velocidad o viento, se sugiere lo siguiente (Indecopi, 2010, p. 31):

- Evaluar la contribución al ruido de las corrientes de aire efectuando mediciones en situaciones de trabajo similares sin corrientes de aire o se puede evaluar las mediciones en lugares sin el ruido ocupacional con flujo de aire similar con la finalidad de evaluar el ruido inducido por las corrientes de aire.
- Se deben utilizar pantallas anti viento en el micrófono.
- En el sonómetro portátil se puede utilizar pantalla anti viento de gran tamaño, pero en el dosímetro sonoro personal se vuelve muy limitado el utilizar pantalla de gran diámetro.
- Las pantallas anti viento, deben tener un diámetro mínimo de 6 cm con la finalidad de minimizar el efecto de la corriente de aire o viento.
- Ruidos alrededor de 80 dBA, no están muy influenciados por las velocidades del aire de hasta 10m/s, siempre y cuando se utilicen pantalla anti viento con diámetro mayor de 6 cm.

- ✓ **Importancia de las contribuciones sonoras**

Se debe definir que ruidos son relevantes al momento del análisis de exposición a ruido (Indecopi, 2010, p. 31).

Si el técnico responsable de las mediciones considera que el ruido procedente de fuentes de ruido como la palabra, radio o señales de alarma es considerados parte del trabajo normal no debe ser excluido estas contribuciones de fuentes sonoras o si sucede todo lo contrario, el técnico puede descartar estas mediciones (Indecopi, 2010, p. 31).

En el caso que el técnico considere que las contribuciones sonoras son relevantes y que afecta a la medición global, se debe descartar toda la medición. Todas estas novedades deben ser registradas en el informe correspondiente (Indecopi, 2010, p. 31).

- ✓ **Cálculo de las incertidumbres de la medición y presentación de los resultados finales**

Se deben determinar y evaluar las incertidumbres asociadas a la medición de la exposición al ruido laboral. En el reporte se debe indicar el valor medido y el valor de la incertidumbre.

La incertidumbre expandida debe la medición, debe ir acompañada de su respectivo factor de cobertura, el mismo que debe tener un intervalo de confianza unilateral del 95% (Indecopi, 2010, p. 32).

ANEXO II

CARACTERIZACIÓN INDUSTRIAL

ESP Completion Technologies S.A., es una empresa privada que se dedica al diseño y fabricación de accesorios para la industria petrolera. Esta actividad está considerada del área metalmecánica, ya que utilizan máquinas herramientas de corte como fresadoras, tornos o taladros para el maquinado de piezas metálicas, adicional a esta actividad existe un área de corte y soldadura, así como también un área de control de calidad del producto final.

La empresa ESP Completion Technologies S.A, tiene una fiel denominada Black Gold, la misma que se encarga de la instalación de los cabezales y accesorios para la industria petrolera que fabrica ESP Completion Technologies S.A.

➢ UBICACIÓN DE LA EMPRESA

La planta industrial ESP Completion Technologies S.A., se encuentra ubicada al norte de la ciudad de Quito, en el Sector Cochapamba Norte, Calle La Industrial 0E8-163 y Calle Eucaliptos detrás del Colegio Intisana ubicado en la Av. Occidental, como se muestra en la Figura AII.1.

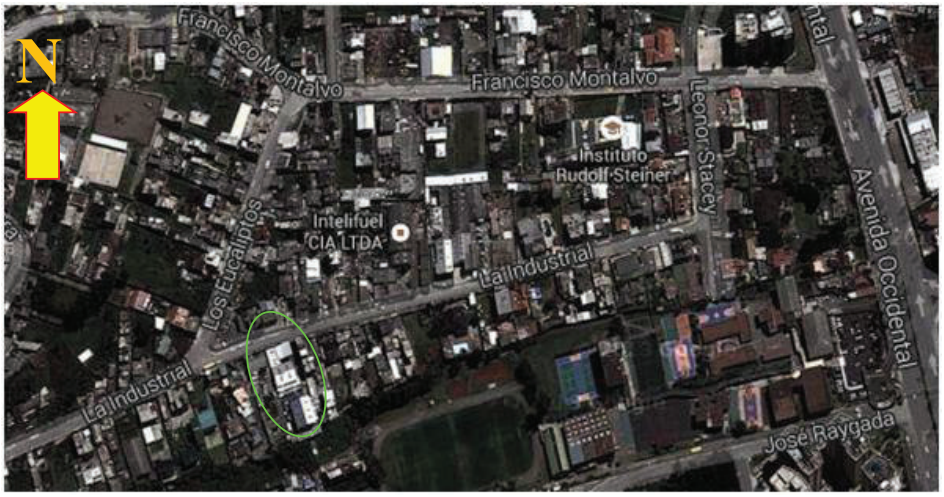


Figura AII.1 Ubicación geográfica de la empresa
(Google Maps, 2013)

- **CLIENTES DE LA EMPRESA**

Existen varios clientes de la empresa ESP Completion Technologies S.A., que en su mayoría son de servicios petroleros, los mismos que se detallaron a continuación (http://espctllc.com/client-list/)

- AGIP
- Andespetroleum
- Baker Hughes Centrilft
- Baker Hughes Internacional
- CNNPC
- Encana
- GE Oil&Gas
- Halliburton
- HP (Helmerich & Payne)
- Noble Energy
- Occidental Petroleum
- Perenco
- PESA
- Petgas

- Petroamazonas
- Petroecuador
- Petroriental
- PFT Systems
- Schlumberger
- Sipec
- ZEiTECS

➢ PRODUCTOS Y SERVICIOS

El principal producto de ESP Completion Techonologies S.A, es la fabricación de cabezales para pozos de producción de petróleo, accesorios de completación, sistemas duales electro sumergible de completación y protectores de cables. También fabrican los siguientes equipos y/o accesorios para la industria petrolera, muchos de los siguientes nombres se encuentran en inglés, debido a que se los conoce así en el medio petrolero (http://espctllc.com/products/):

- BOP cans
- Cable Protection Devices
- Cable protectors
- Centralizers
- Completion Systems
- Completion tools
- Connector Systems
- Destructive testing
- Dual completions
- Electrical Connectors
- ESP Installation and Service Equipment
- ESP pods
- ESP Specialty Packers
- ESP Specialty Wellheads

- Pakers
- Pup joints
- Re-Li ESP Downhole Sensors
- Special Wellheads
- Wellhead adapters
- Y-tool

➢ ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

La empresa ESP Completion Technologies S.A, está liderada por un presidente dueño de la compañía, debajo del Presidente se encuentra el Gerente General y el Gerente Financiero, debajo de ellos se encuentra todo el personal operativo de la planta industrial, donde se fabrica el producto, como se muestra en la Figura AII.2

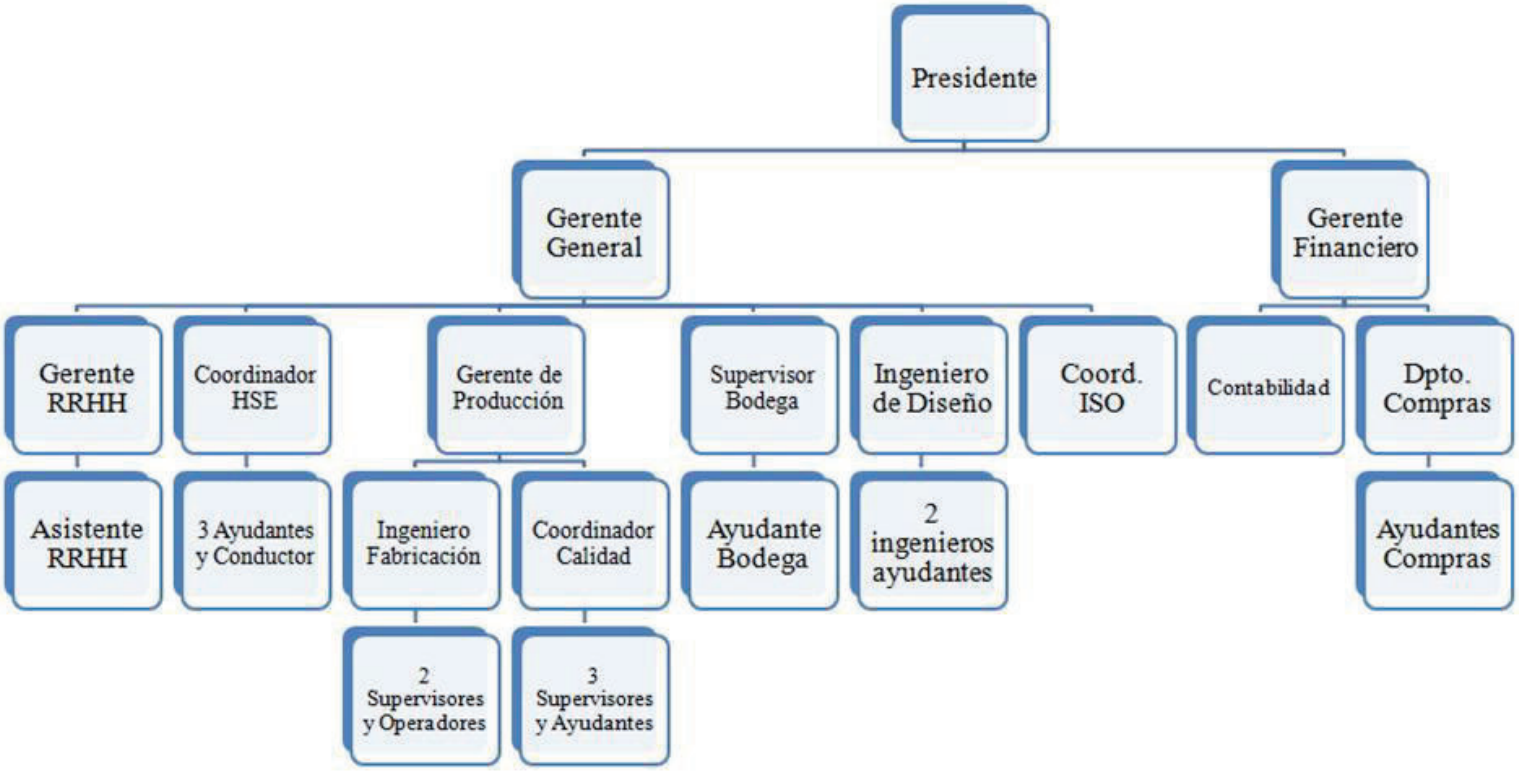


Figura AII.2. Organigrama de la empresa

- **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO**

La empresa ESP Completion Technologies S.A, es considerada una empresa del área metalmecánica. A continuación se detallaron los diferentes procesos principales de la empresa:

- ✓ **Área de Ventas**

Este departamento técnico, laboran ingenieros con experiencia en la explotación petrolero, por lo que pueden solventar cualquier inquietud o necesidad del cualquier cliente. Dentro de este departamento surgen las necesidades del cliente, por lo que a su vez, este requerimiento a su vez es comunicado a Gerencia General, Presidencia, Compras y Gerente de Planta Industrial para iniciar el proceso de fabricación de los equipos o accesorios para la industria petrolera.

- ✓ **Área de Compras**

Dentro de este departamento, se actualizan los inventarios de bodega, con la finalidad de conocer la materia prima e insumos necesarios para la fabricación de equipos o accesorios para la industria petrolera, este departamento interactúa constantemente con la Gerencia de producción, para suplir toda necesidad operacional de la planta industrial para su normal funcionamiento.

- ✓ **Gerencia de Producción**

Dentro de este departamento, se decide el inicio de la fabricación de equipos o accesorios para la industria petrolera de acuerdo al requerimiento del cliente, en este departamento, se conoce el tiempo de producción y la materia prima como también los recursos necesarios para poder fabricar el producto final.

- ✓ **Área de Diseño**

Dentro de este departamento, se procesan todos los requerimientos del cliente y se los plasman en un plano previamente analizado todo la parte mecánica de su funcionamiento y resistencia de materiales entre las principales características. Todos los planos diseñados salen aprobados de este departamento, para que se inicie el proceso de fabricación. Estos planos son utilizados por los diferentes operadores para el maquinado de equipos o accesorios para la industria petrolera de acuerdo al requerimiento y necesidad de cada cliente.

- ✓ **Área de Fabricación**

Dentro de esta área se procesan toda la materia prima (piezas metálicas) que ingresa al sistema, por medio de operaciones mecanizadas con máquinas de corte (torno, taladradora y fresadora) que utilizan energía eléctrica.

Para minimizar los errores humanos, se utilizan planos autorizados emitidos dentro del área de Diseño y dentro del área de fabricación se utilizan curso gramas o rutas de proceso de fabricación, paso a paso, para que el operador tenga una secuencia lógica del maquinado del equipo o accesorio que se vaya a fabricar con todos los requerimientos del cliente.

Dentro del área de fabricación existen diferentes máquinas y equipos, el presente trabajo, se desarrollará el estudio en las máquinas denominados tornos convencionales, ya que estos equipos laboran las 24 horas del día los 365 días del año y el resto de equipos son complementarios a los tornos convencionales (Entrevista con ingeniero de fabricación Marco Rodríguez).

El presente trabajo, se desarrolló en la sección tornos del área de fabricación, ya que la mayor parte de los trabajadores se encuentran en esta área y son los que mayormente están expuestos al ruido por la presencia de fuentes emisoras de ruido como lo son los tornos convencionales que laboran las 24 horas del día.

- ✓ **Área de Corte y Soldadura**

Dentro de esta área se realizan actividades de soldadura, corte y acabados a piezas metálicas en proceso de fabricación. En esta área laboran 2 personas operativas con un supervisor de soldadura.
Para lo cual utilizan soldadora eléctrica o soldadura por arco (electrodos), equipo oxi-Corte y herramientas eléctricas como amoladora (Entrevista con ingeniero de soldadura Fausto Arellano).

- ✓ **Área de Control de Calidad**

Dentro de ésta área llegan todas las piezas procesadas del área de fabricación, para el respectivo control de la calidad del producto. En esta área se realizan ensambles de todas las partes que conforman el equipo final que se entrega al cliente, para lo cual se realizan pruebas hidrostáticas para comprobar su efectividad de funcionamiento como si estuvieran laborando en el campo, una vez superada la prueba hidrostática, se procede al pintado del equipo, embalaje en cajas de madera, para su posterior envío al cliente (Entrevista con Coordinador de Calidad Emerson Estrella).

- ➢ **FLUJOGRAMA DE PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA**

Para un mayor entendimiento de los diferentes procesos, se desarrolló un flujograma, en donde se detalla de forma gráfica todos los procesos que intervienen para la elaboración del producto final, como se muestra en la Figura AII.3

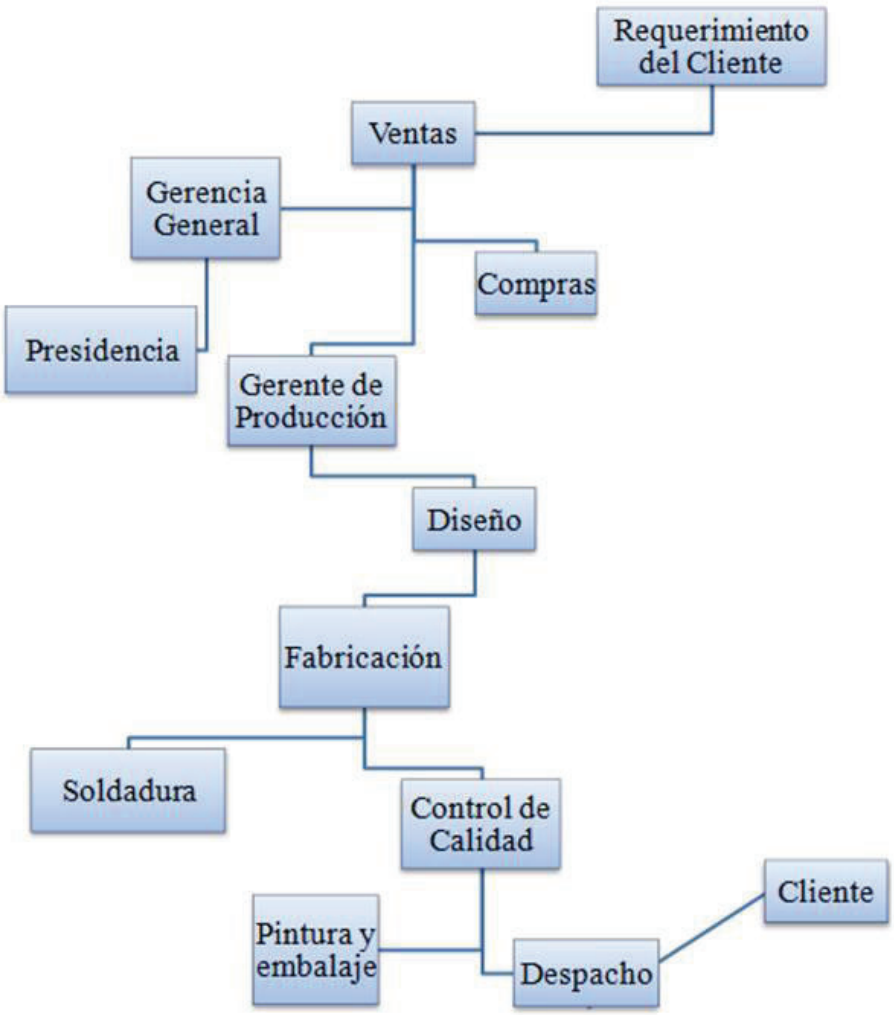


Figura AII.3. Flujograma de Procesos

- **ESQUEMA GRÁFICO DE LA EMPRESA**

Para una mayor visualización de la planta industrial, se detallaron de forma gráfica las diferentes áreas, como se muestra en la Figura AII.4

Figura AII.4. Esquema gráfico de la empresa

ANEXO III

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN

Dependiendo del objetivo de la medición y característica del sonido, se podría definir el equipo o los equipos necesarios para las mediciones técnicas, como lo muestran los datos presentados en la Tabla AIII.1 (Henao, 2011, p. 43).

Tabla AIII.1 Equipos de medición de ruido

INSTRUMENTO	TIPO DE MEDIDA	USO
Sonómetro	Evalúa el nivel de presión sonora de diferentes tipos de ruido, en cualquier escala de atenuación requerida	Valoración de ruidos continuos, de impacto e intermitentes estables durante la jornada de trabajo. Valoración del nivel de exposición al ruido
Sonómetro y analizador de frecuencia integrados	Nivel de presión sonora en cualquier escala de atenuación requerida Análisis en el espectro de frecuencias	Igual que el sonómetro, análisis de espectrogramas de cualquier fuente sonora, determinación para establecer y definir métodos de control
Dosímetro	Nivel de presión sonora equivalente para la jornada de trabajo o fracción de ella	Valorar exposiciones de los trabajadores a ruido variable durante la jornada de trabajo

(Henao, 2011, p. 43).

- **SONÓMETRO**

Los sonómetros, son instrumentos electrónicos básicos para la medición acústica e indispensables para los higienistas industriales al momento de estimar el riesgo de la exposición a ruido, los mismos que poseen un micrófono que es el más costoso y delicado del equipo, el mismo que capta la señal sonora, estas señales acústicas recibidas las transforma en tensiones eléctricas y luego son registradas dentro del sistema del equipo (Behar y Giménez, 2011, p. 71-72).

Los sonómetros están provistos de filtros (A, B, C) correctores para distintas frecuencias, ya que el oído humano tiene variación en la percepción del nivel sonoro con la frecuencia, es decir si la persona escucha dos sonidos de igual nivel pero con diferente frecuencia, el ser humano los percibe como si fueran iguales (Ochoa y Bolaños, 1990, p .27-28).

La mayoría de los sonómetros tienen un control que permite la lectura en diferentes modos. En el modo rápido (125 milisegundos) cuando se trata de fenómenos variables en un tiempo muy corto como por ejemplo la medición del nivel sonoro máximo durante la salida de un automóvil que viaja a altas velocidades frente al observador. En el modo lento (1 segundo) es decir que el equipo de medición de ruido da el resultado de la integración durante la constante de tiempo de 1 segundo como por ejemplo la palabra humana o el ruido de máquinas (Behar y Giménez, 2011, p. 75).

En el modo impulso o pico (< 100 microsegundos), se utilizan para medir picos o impulsos máximos de ruido, es decir mide y retiene el valor casi instantáneamente debido a que sigue con mayor velocidad las fluctuaciones del nivel del ruido y tiene una retención de escala que guarda en pantalla el nivel de presión acústica máximo registrado (Ochoa y Bolaños, 1990, p .45).

Existe varios tipos de sonómetro, de acuerdo a las necesidades del técnico en cuanto a presión, comenzando con los sonómetros de tipo 3 con una presión baja de 1,5 dBA estos sonómetros se utilizan únicamente para inspección rutinaria, los tipo 2 tienen una precisión de 1 dBA y estos son de uso general, los tipo 1 tienen una precisión de 0,7 dBA y estos sonómetros son de precisión y finalmente los sonómetros tipo 0, tiene una máxima precisión de 0,4 dBA, siendo éstos de laboratorio tipo patrón (Falagán, 2005, p. 599).

- **SONÓMETRO INTEGRADOR**

En muchas situaciones se requiere que la lectura del nivel sonoro sea instantáneo e integrada durante tiempos más prolongados por eso estos equipos registran el valor medio de todos los niveles desde el momento que inicia la medición hasta la medición final, es decir registra las señales instantáneas y miden el valor continuo equivalente L_{eq} (Behar y Giménez, 2011, p. 76).

Con el sonómetro integrador se puede obtener el promedio de los valores instantáneos de los niveles sonoros durante el tiempo de medición y también permite determinar el valor del nivel de presión acústico continuo equivalente ponderado A, el mismo que es necesario para poder evaluar el riesgo de exposición al ruido (Falagán, 2005, p. 599).

Los sonómetros integradores se utilizan en situaciones donde la señal acústica es variable y cuando se requiere la medición del valor continuo equivalente L_{eq} para la evaluación de protección de la audición en el ámbito industrial y molestias en el ambiente (Behar y Giménez, 2011, p. 76).

- **DOSÍMETRO**

Los dosímetros o medidores de dosis de ruido, se emplean cuando el trabajador está expuesto a niveles de ruido distintos, esto es debido a las características de las tareas, por el traslado que se efectúe a otros sitios de trabajo o áreas o también por el empleo de distintos equipos o herramientas durante la jornada de trabajo (Henao, 2011, p. 37).

El dosímetro es un equipo portátil, muy similar a un sonómetro integrador, ya que integra de forma automática el nivel de presión acústica, el tiempo de exposición y la acumulación de energía acústica expresado en porcentajes de la dosis máxima permitida legalmente durante 8 horas diarias de exposición al riesgo y también proporcionan la cantidad o dosis de ruido que soporta un trabajador en su respectiva jornada normal de trabajo con un valor máximo admisible del 100 % para lo cual tienen incorporado un micrófono en el equipo o los equipos que permiten colocar el micrófono junto al oído del trabajador por medio de cables (Falagán, 2005, p. 599).

También llamado medidor de dosis de ruido el cual permite la agrupación del ruido de manera constante en un condensador, esto sucede cuando la señal recibida ha sido convertida en energía eléctrica y expresan sus resultados directamente en

nivel sonoro equivalente en dBA, en un tiempo (T) o la extrapolación diaria, la cual no debe ser mayor que 1 (Henao, 2011, p. 37).

- **ANALIZADOR DE FRECUENCIA**

Estos equipos de medición, nos muestran la distribución o análisis espectral del sonido monitoreado pero en función exclusiva del rango de frecuencia de interés en banda de octava o de un tercio de octava del sonido, lo que permite el análisis de las características de un ruido (Henao, 2011, p. 37).

La medición de los analizadores de frecuencia, lo realiza en tiempo real y casi siempre puede funcionar como integrador pudiendo también medir el nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq}) por bandas de frecuencia (octava (1/1) o tercio de octava (1/3)). Cada banda de octava contiene 3 bandas de tercio de octava, ya que en la mayoría de los analizadores de frecuencia los filtros de una octava tienen un rango entre 16 Hz y 16 k Hz y los 1/3 de octava abarcan el rango entre 12,5 Hz y 20 k Hz (Behar y Giménez, 2011, p. 80).

Los dos tipos de filtros de los analizadores de frecuencia, se los asemeja a una lupa, los filtros de una octava son de menor aumento comparado con los filtros de 1/3 de octava cuando se requiere mayor detalle de análisis (Ochoa y Bolaños, 1990, p .48).

- **CALIBRADOR EXTERNO**

Todos los equipos deben calibrarse antes y después de cada medición con el objetivo de obtener mediciones precisas (Falagán, 2005, p. 599).

El calibrador externo es un instrumento indispensable en cualquier equipo de medición de ruido y debe usarse antes de cada medición con el objetivo de que el

técnico se asegure que el equipo de medición del ruido se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento (Behar y Giménez, 2011, p. 77).

Para calibrar un equipo de medición de ruido, se utilizan los calibradores externos portátiles, los mismos que consisten en colocar este dispositivo en el micrófono del equipo de medición de ruido para la respectiva calibración de campo antes de su uso (Falagán, 2005, p. 599-600).

Los calibradores externos son considerados seguidores de la calibración que debe realizarse periódicamente cada uno o dos años en laboratorio, los mismos que consisten en un generador de tono puro, un amplificador y un parlante que son capaces de generar mediante un altavoz el mismo que emite una señal acústica uniforme de nivel conocido, como por ejemplo 94 dBA y una frecuencia fija de 1 kHz (Behar y Giménez, 2011, p. 77).

- **DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN**

Se desarrolló una breve descripción de los diferentes equipos certificados y calibrados que fueron utilizados para el presente trabajo y al ser equipos no habituales o poco comunes, se detallaron de forma fotográfica para un mayor entendimiento.

- **JUSTIFICACIÓN USO DE EQUIPOS DE MEDICIÓN**

Se utilizaron los equipos denominados sonómetros, descartando el uso de dosímetros personales, debido a que en el área de estudio los trabajadores, desarrollan sus actividades en un solo lugar, no emplean herramientas distintas, no se trasladan a otros sitios o áreas, es decir su trabajo es fijo no es móvil.

Para el presente trabajo, únicamente se utilizaron sonómetros, debido a las características desarrolladas por los diferentes operadores dentro de la sección tornos del área de fabricación mencionados anteriormente.

- **SONÓMETRO INTEGRADOR REGISTRADOR**

Se utilizaron dos sonómetros integrador registrador de marca Extech Instruments con serie 091003973 y 090510173 respectivamente perteneciente a la empresa ESP Completion Technologies S.A., los dos equipos al ser de la misma marca y modelo, tienen algunas características, como se muestra en la Tabla AIII.2

Tabla AIII.2. Datos de los sonómetros integradores registradores

DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA MEDICIÓN:				
Equipo utilizado para la medición:				
Nombre :	Sonómetro Integrador Registrador		**Marca:** Extech Instruments	
Fabricante: Extech Instruments			**Serie:** 091003973 / 090510173	
Fecha de Calibración del Equipo: 30-Mar-10 y 15-Abr-2011			**Fecha de Compra:** 30-Mar-2010	
Normas que cumple el equipo: IEC 651 / 804 Tipo 2 y ANSI S1.4 Tipo 2				
Clase: Tipo 2	**Precisión : ± 1.5 dBA**	**Normas que cumple el micrófono:** IEC 651 / 804 Tipo 2 y ANSI S1.4 Tipo 2		
Características del Calibrador Sonoro para la calibración de campo del micrófono:				
Nombre del Calibrador: Extech Instruments			**Marca:** Extech Instruments	**Serie:** Z208368
Fabricante: Extech Instruments			**Clase:** Tipo 1	
Normas que cumple el calibrador sonoro externo: ANSI S1.40-2006, IEC 60942-2003, IEC 61010-1:2001, IEC 61326-1:2005				
Fecha de Calibración del Calibrador: 12-Ene-2012			**Próxima calibración:** 12-Ene-2013	

A continuación se detalla de forma fotográfica el equipo denominado sonómetro integrador registrador perteneciente a la empresa ESP Completion Technologies S.A., como lo muestran las Figura AIII.1 Y AIII.2

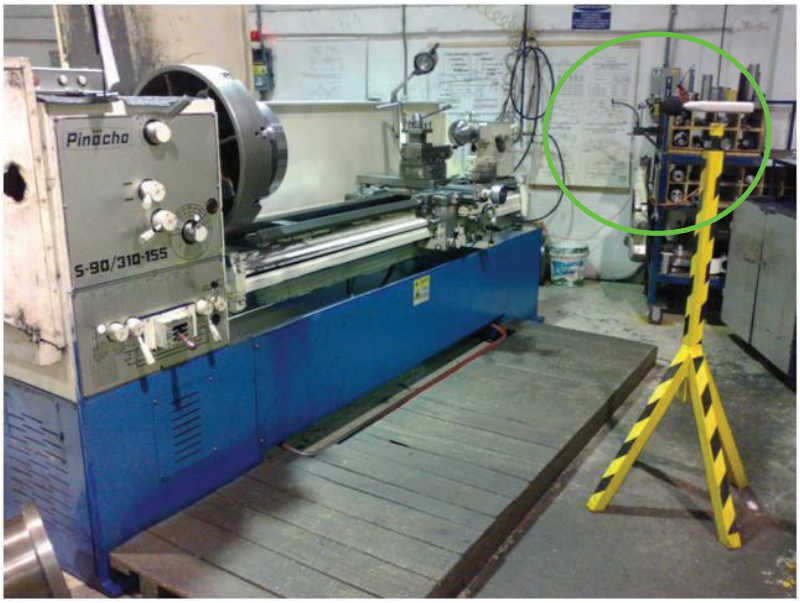


Figura AIII.1. Sonómetro integrador registrador sobre trípode

Figura AIII.2. Sonómetro integrador registrador

- **SONÓMETRO INTEGRADOR REGISTRADOR Y ANALIZADOR DE FRECUENCIA**

Adicionalmente se utilizó otro Sonómetro Integrador Registrador y analizador de frecuencia en el mismo equipo, como se muestra en la Tabla AIII.3.

Tabla AIII.3 Datos del sonómetro integrador registrador y analizador de frecuencia

DATOS TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA MEDICIÓN:			
Equipo utilizado para la medición:			
Nombre:	XL2 Handheld audio and acoustic analyzer		**Marca:** NTi Audio
Fabricante: NTi Audio AG con certificación ISO 9001:2008			**Serie:** AZA-04653-D2
Fecha de Calibración del Equipo: 14-Mar-2012			**Fecha de Compra:** 16-Mar-2012
Normas que cumple el equipo: IEC 61672, IEC 60651, IEC 60804, ANSI S1.4, US (ANSI S1.43, ANSI S1.11-2004), China (GB/T 3785:2010, GB/T 3241, GB3096-2008, GB 50526, GB-T_4959-1995), Alemania (DIN 15905-5, DIN 45645-2, DIN 45645-1), Japón (JIS C1509, JIS C 1513), Suiza (SLV 2007), IEC=EN			
Características del Micrófono del equipo de medición:			
Nombre del micrófono: M2210	**Marca:** NTi Audio		**Serie:** 1866
Fecha de Calibración del Micrófono: 14-Mar-2012			**Fecha de Compra:** 16-Mar-2012
Clase: Tipo 1		**Normas que cumple el micrófono:** IEC 61672, ANSI S1.4	
Características del Calibrador Sonoro para la calibración de campo del micrófono:			
Nombre del Calibrador: Larson Davis CAL200	**Marca:** Larson Davis		**Serie:** 8852
Fabricante: PCB Piezotronies, Inc.	**Clase:** Tipo 1		
Normas que cumple el calibrador sonoro externo: ANSI S1.40-2006, IEC 60942-2003, IEC 61010-1:2001, IEC 61326-1:2005			
Fecha de Calibración del Calibrador: 13-Oct-2011			**Fecha de Compra:** 16-Mar-2012

A continuación se detalla de forma fotográfica el equipo denominado sonómetro integrador y analizador de frecuencia perteneciente al estudiante, el mismo que fue importado desde Alemania, como lo muestran la Figura AIII.3 Y AIII.4:

Figura AIII.3. Sonómetro integrador registrador y analizador de frecuencia sobre trípode

Figura AIII.4. Sonómetro integrador registrador y analizador de frecuencia

- **CALIBRADOR EXTERNO**

Para garantizar, mediciones confiables, se utilizó un calibrador externo de marca Larson Davis, de clase 1 (de alta precisión), como se muestra en la Tabla AIII.4

Tabla AIII.4. Datos de calibrador externo de campo

Características del Calibrador Sonoro para la calibración de campo del micrófono:		
Nombre del Calibrador: Larson Davis CAL200	**Marca:** Larson Davis	**Serie:** 8852
Fabricante: PCB Piezotronies, Inc.	**Clase:** Tipo 1	
Normas que cumple el calibrador sonoro externo: ANSI S1.40-2006, IEC 60942-2003, IEC 61010-1:2001, IEC 61326-1:2005		
Fecha de Calibración del Calibrador: 13-Oct-2011	**Fecha de Compra:** 16-Mar-2012	

Para garantizar mediciones confiables, en cada medición se realizó una calibración del equipo en campo, como se muestra en la Figura AIII.5

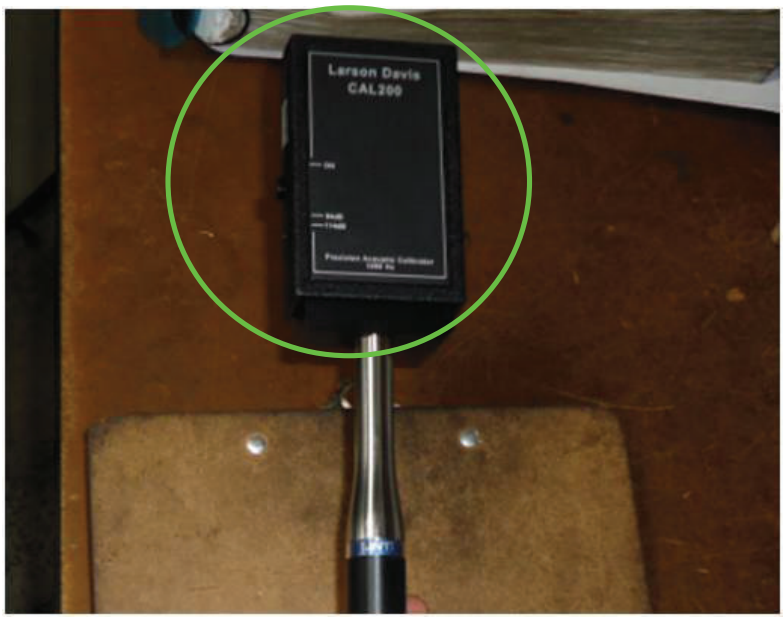


Figura AIII.5. Calibrador externo de campo

- **PANTALLA ANTIVIENTO**

Para garantizar mediciones confiables, se utilizó pantallas antiviento de protección para el micrófono para evitar corrientes de viento y de esta manera minimizar al máximo el ruido inducido por posibles corrientes de aire que para el presente trabajo son despreciables ya que los diferentes monitoreos se los realizó dentro de un taller.

El micrófono de cada equipo, se utilizó adicionalmente un accesorio denominado pantalla antiviento, con la finalidad de minimizar el efecto de la corriente de aire o viento que pudiera afectar y ser un aporte a las diferentes mediciones, como se puede apreciar en la Figura AIII.6 Y AIII.7

Figura AIII.6. Pantalla antiviento, para el sonómetro integrador registrador

Figura AIII.7. Pantalla antiviento, para el sonómetro integrador registrador

- **TRÍPODE**

Para garantizar mediciones confiables, se utilizó adicionalmente al equipo de medición, un trípode para las diferentes mediciones con la finalidad de evitar apantallamiento del técnico.

Para evitar incertidumbre durante las diferentes mediciones, por apantallamiento del técnico que realiza las mediciones, se utilizaron dos trípodes, como se observa en la Figuras AIII.8 Y AIII.9

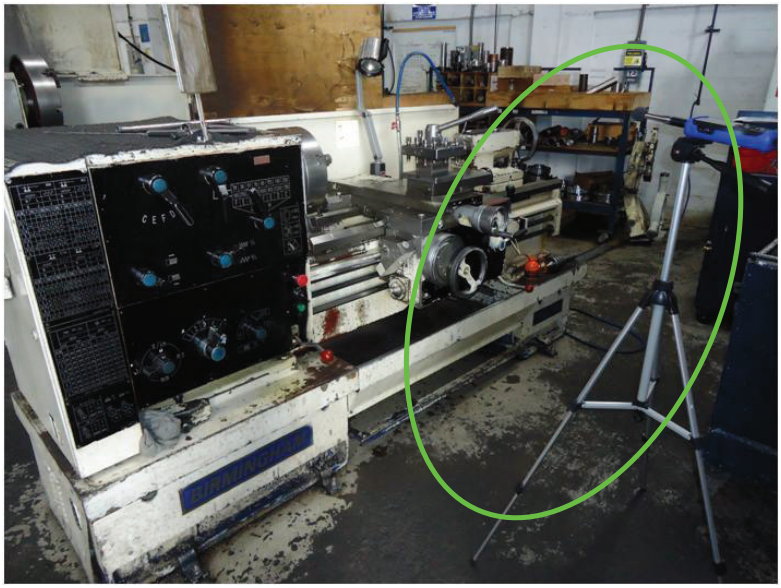


Figura AIII.8. Trípode sonómetro integrador y analizador de frecuencia

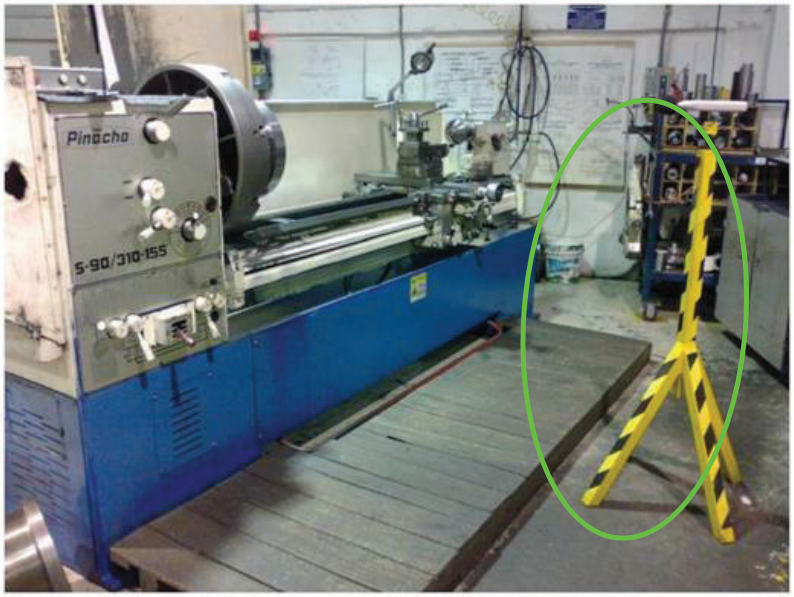


Figura AIII.9. Trípode del sonómetro integrador

ANEXO IV

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN

EXTECH INSTRUMENTS
A FLIR COMPANY

EXcellence in TECHnology Since 1971

ISO 9001 Certified

Extech Instruments Corporation • 9 Townsend West • Nashua, NH 03061

Certificate of Calibration

Certificate Number: 66608
Document Number: 31817

Customer Details:

Customer Name: CALPE

Instrument Details:

Manufacturer:	EXTECH INSTRUMENTS	Calibration Date:	January 12, 2012
Description:	SOUND LEVEL CALIBRATOR	Calibration Due:	January 12, 2013
Model Number:	407766	Cal. Interval:	12 MONTHS
Serial Number:	Z208368	As Received:	IN TOLERANCE
Equip. ID Number:	N/A		

Environmental Details:

Temperature: 21 Deg. +/- 5 C Relative Humidity: 40 %+/- 15 %

Procedures Used:

Calibration Procedure: EICM407766-CP

Certification

Extech Instruments certifies that the instrument listed above meets the specifications of the manufacturer at the completion of its calibration. Standards used are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), or have been derived from accepted values, natural physical constants, or through the use of the ratio method of self-calibration techniques. Methods used are in accordance with ISO 10012-1 and ANSI/NCSL Z540-1-1994. This certificate is not to be reproduced other than in full, except with prior written approval of Extech Instruments Corporation. All the calibration standards used have an accuracy ratio of 4:1 or better, unless otherwise stated.

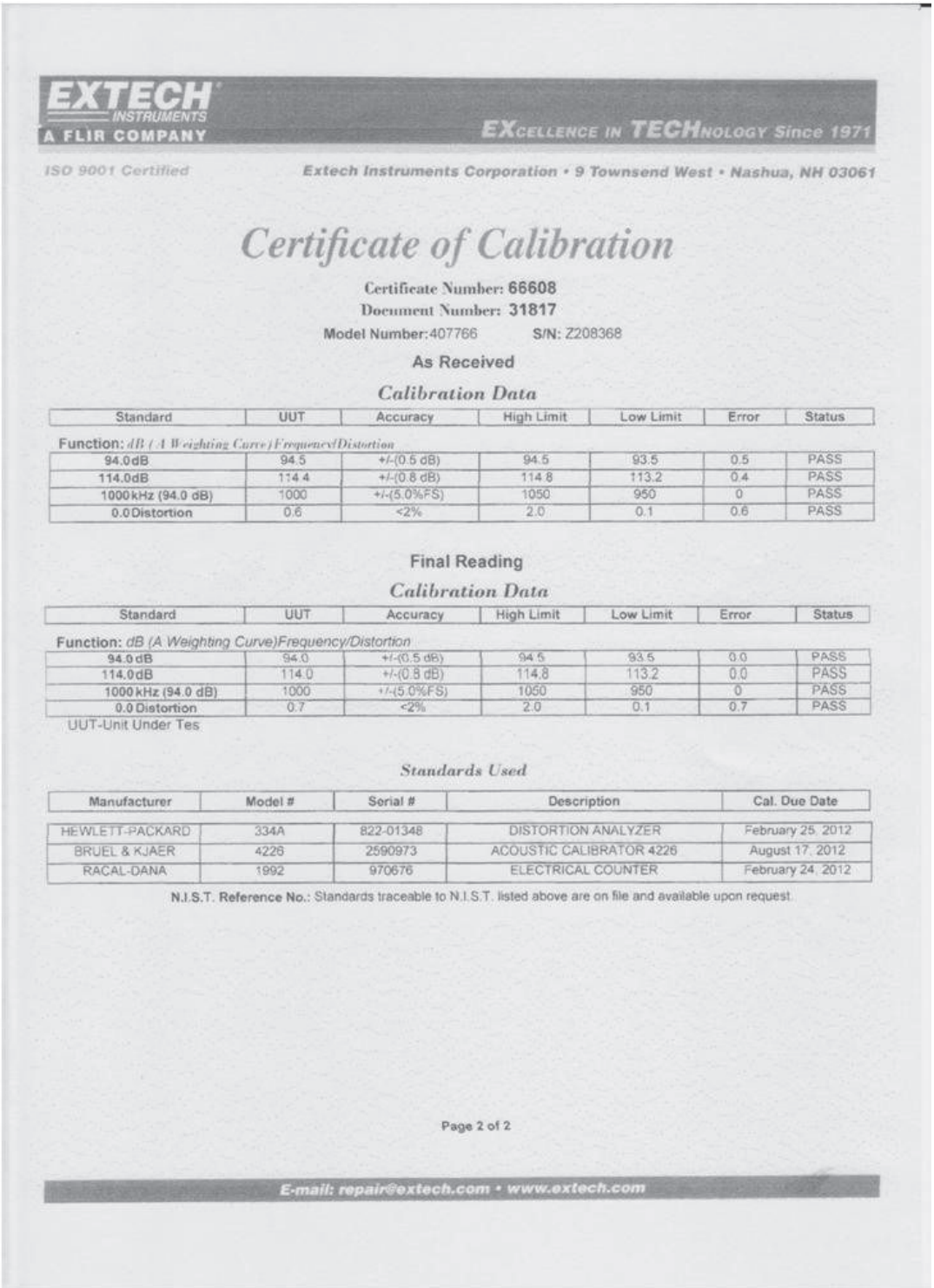
Technicians Notes:

Technician: ALAN WILSON Approved By:

Page 1 of 2

E-mail: repair@extech.com • www.extech.com

Figura AIV.1. Certificado de calibración del calibrador externo marca Extech con serie Z208368. Página 1 de 2



EXTECH INSTRUMENTS
A FLIR COMPANY

EXcellence in TECHnology Since 1971

ISO 9001 Certified

Extech Instruments Corporation • 9 Townsend West • Nashua, NH 03061

Certificate of Calibration

Certificate Number: 66608
Document Number: 31817
Model Number: 407766 S/N: Z208368

As Received

Calibration Data

Standard	UUT	Accuracy	High Limit	Low Limit	Error	Status
Function: dB (A Weighting Curve) Frequency/Distortion						
94.0 dB	94.5	+/-(0.5 dB)	94.5	93.5	0.5	PASS
114.0 dB	114.4	+/-(0.8 dB)	114.8	113.2	0.4	PASS
1000 kHz (94.0 dB)	1000	+/-(5.0%FS)	1050	950	0	PASS
0.0 Distortion	0.6	<2%	2.0	0.1	0.6	PASS

Final Reading

Calibration Data

Standard	UUT	Accuracy	High Limit	Low Limit	Error	Status
Function: dB (A Weighting Curve)Frequency/Distortion						
94.0 dB	94.0	+/-(0.5 dB)	94.5	93.5	0.0	PASS
114.0 dB	114.0	+/-(0.8 dB)	114.8	113.2	0.0	PASS
1000 kHz (94.0 dB)	1000	+/-(5.0%FS)	1050	950	0	PASS
0.0 Distortion	0.7	<2%	2.0	0.1	0.7	PASS

UUT-Unit Under Tes

Standards Used

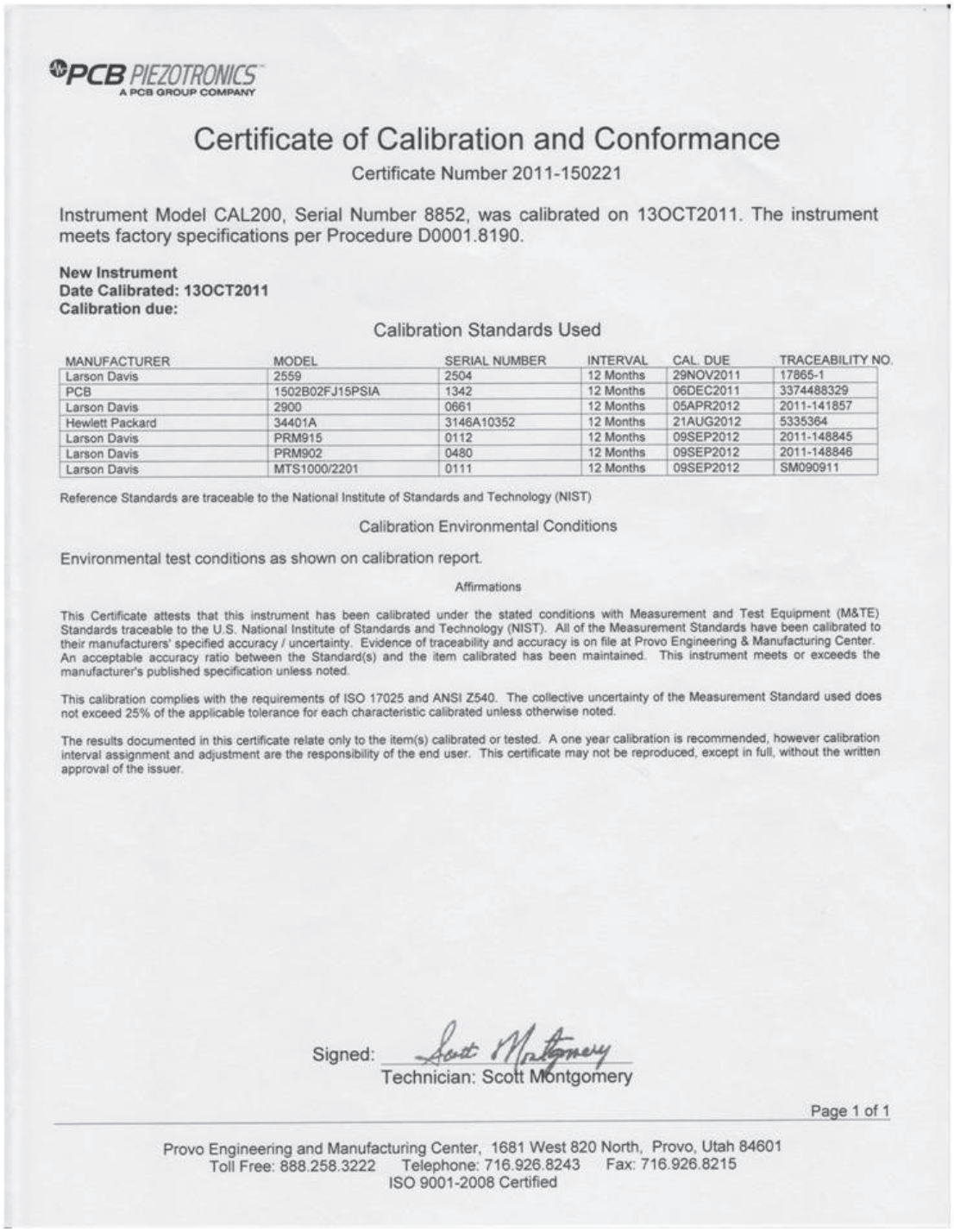
Manufacturer	Model #	Serial #	Description	Cal. Due Date
HEWLETT-PACKARD	334A	822-01348	DISTORTION ANALYZER	February 25, 2012
BRUEL & KJAER	4226	2590973	ACOUSTIC CALIBRATOR 4226	August 17, 2012
RACAL-DANA	1992	970676	ELECTRICAL COUNTER	February 24, 2012

N.I.S.T. Reference No.: Standards traceable to N.I.S.T. listed above are on file and available upon request.

Page 2 of 2

E-mail: repair@extech.com • www.extech.com

Figura AIV.2. Resultados técnicos dentro del Certificado de calibración del calibrador externo marca Extech con serie Z208368. Página 2 de 2



PCB PIEZOTRONICS
A PCB GROUP COMPANY

Certificate of Calibration and Conformance

Certificate Number 2011-150221

Instrument Model CAL200, Serial Number 8852, was calibrated on 13OCT2011. The instrument meets factory specifications per Procedure D0001.8190.

New Instrument
Date Calibrated: 13OCT2011
Calibration due:

Calibration Standards Used

MANUFACTURER	MODEL	SERIAL NUMBER	INTERVAL	CAL. DUE	TRACEABILITY NO.
Larson Davis	2559	2504	12 Months	29NOV2011	17865-1
PCB	1502B02FJ15PSIA	1342	12 Months	06DEC2011	3374488329
Larson Davis	2900	0661	12 Months	05APR2012	2011-141857
Hewlett Packard	34401A	3146A10352	12 Months	21AUG2012	5335364
Larson Davis	PRM915	0112	12 Months	09SEP2012	2011-148845
Larson Davis	PRM902	0480	12 Months	09SEP2012	2011-148846
Larson Davis	MTS1000/2201	0111	12 Months	09SEP2012	SM090911

Reference Standards are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST)

Calibration Environmental Conditions

Environmental test conditions as shown on calibration report.

Affirmations

This Certificate attests that this instrument has been calibrated under the stated conditions with Measurement and Test Equipment (M&TE) Standards traceable to the U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST). All of the Measurement Standards have been calibrated to their manufacturers' specified accuracy / uncertainty. Evidence of traceability and accuracy is on file at Provo Engineering & Manufacturing Center. An acceptable accuracy ratio between the Standard(s) and the item calibrated has been maintained. This instrument meets or exceeds the manufacturer's published specification unless noted.

This calibration complies with the requirements of ISO 17025 and ANSI Z540. The collective uncertainty of the Measurement Standard used does not exceed 25% of the applicable tolerance for each characteristic calibrated unless otherwise noted.

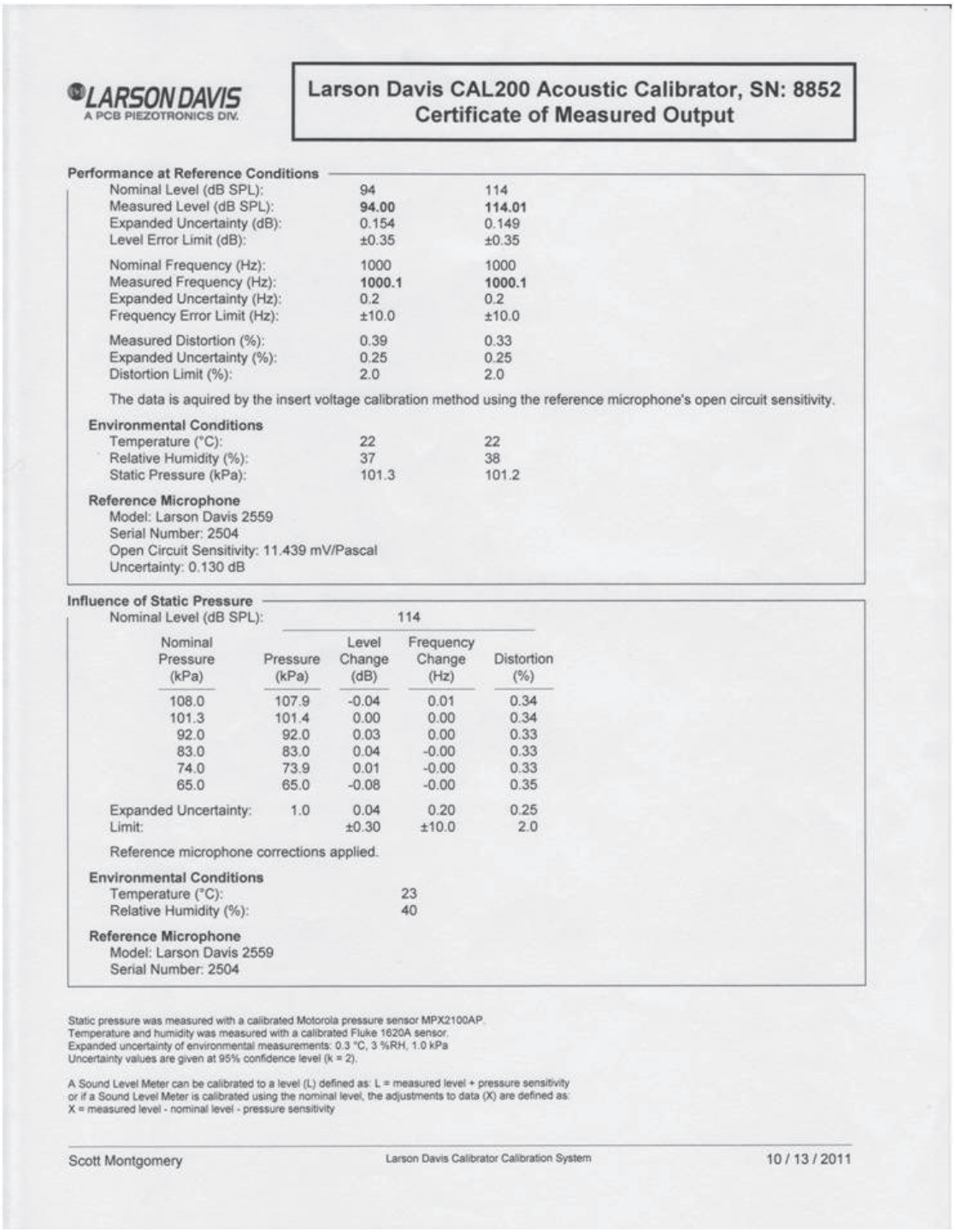
The results documented in this certificate relate only to the item(s) calibrated or tested. A one year calibration is recommended, however calibration interval assignment and adjustment are the responsibility of the end user. This certificate may not be reproduced, except in full, without the written approval of the issuer.

Signed: Scott Montgomery
Technician: Scott Montgomery

Page 1 of 1

Provo Engineering and Manufacturing Center, 1681 West 820 North, Provo, Utah 84601
Toll Free: 888.258.3222 Telephone: 716.926.8243 Fax: 716.926.8215
ISO 9001-2008 Certified

Figura AIV.3. Certificado de calibración del calibrador externo de marca Larson Davis CAL200 de serie 8852 del fabricante PCB Piezotronies, Inc. Página 1 de 8.



LARSON DAVIS
A PCB PIEZOTRONICS DIV.

Larson Davis CAL200 Acoustic Calibrator, SN: 8852
Certificate of Measured Output

Performance at Reference Conditions

Nominal Level (dB SPL):	94	114
Measured Level (dB SPL):	**94.00**	**114.01**
Expanded Uncertainty (dB):	0.154	0.149
Level Error Limit (dB):	±0.35	±0.35
Nominal Frequency (Hz):	1000	1000
Measured Frequency (Hz):	**1000.1**	**1000.1**
Expanded Uncertainty (Hz):	0.2	0.2
Frequency Error Limit (Hz):	±10.0	±10.0
Measured Distortion (%):	0.39	0.33
Expanded Uncertainty (%):	0.25	0.25
Distortion Limit (%):	2.0	2.0

The data is aquired by the insert voltage calibration method using the reference microphone's open circuit sensitivity.

Environmental Conditions

Temperature (°C):	22	22
Relative Humidity (%):	37	38
Static Pressure (kPa):	101.3	101.2

Reference Microphone
Model: Larson Davis 2559
Serial Number: 2504
Open Circuit Sensitivity: 11.439 mV/Pascal
Uncertainty: 0.130 dB

Influence of Static Pressure

Nominal Level (dB SPL): 114

Nominal Pressure (kPa)	Pressure (kPa)	Level Change (dB)	Frequency Change (Hz)	Distortion (%)
108.0	107.9	-0.04	0.01	0.34
101.3	101.4	0.00	0.00	0.34
92.0	92.0	0.03	0.00	0.33
83.0	83.0	0.04	-0.00	0.33
74.0	73.9	0.01	-0.00	0.33
65.0	65.0	-0.08	-0.00	0.35
Expanded Uncertainty:	1.0	0.04	0.20	0.25
Limit:		±0.30	±10.0	2.0

Reference microphone corrections applied.

Environmental Conditions

Temperature (°C):	23
Relative Humidity (%):	40

Reference Microphone
Model: Larson Davis 2559
Serial Number: 2504

Static pressure was measured with a calibrated Motorola pressure sensor MPX2100AP.
Temperature and humidity was measured with a calibrated Fluke 1620A sensor.
Expanded uncertainty of environmental measurements: 0.3 °C, 3 %RH, 1.0 kPa
Uncertainty values are given at 95% confidence level (k = 2).

A Sound Level Meter can be calibrated to a level (L) defined as: L = measured level + pressure sensitivity
or if a Sound Level Meter is calibrated using the nominal level, the adjustments to data (X) are defined as:
X = measured level - nominal level - pressure sensitivity

Scott Montgomery — Larson Davis Calibrator Calibration System — 10 / 13 / 2011

Figura AIV.4. Resultados técnicos dentro del Certificado de calibración del calibrador externo de marca Larson Davis CAL200 de serie 8852. Página 2 de 8.

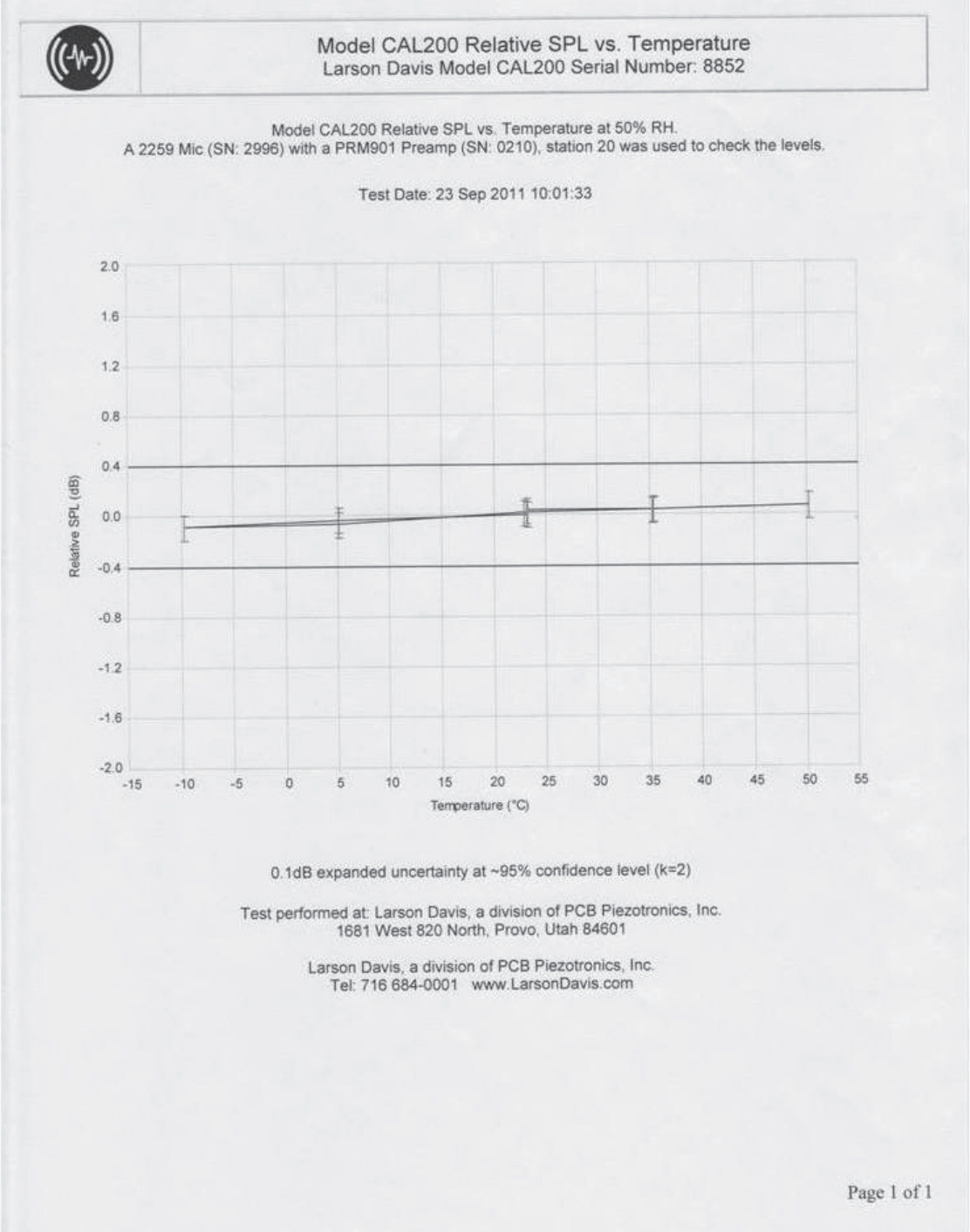


Figura AIV.5. Resultados del nivel de presión sonora versus la temperatura relativa al 50% del calibrador externo de marca Larson Davis CAL200 de serie 8852. Página 3 de 8.

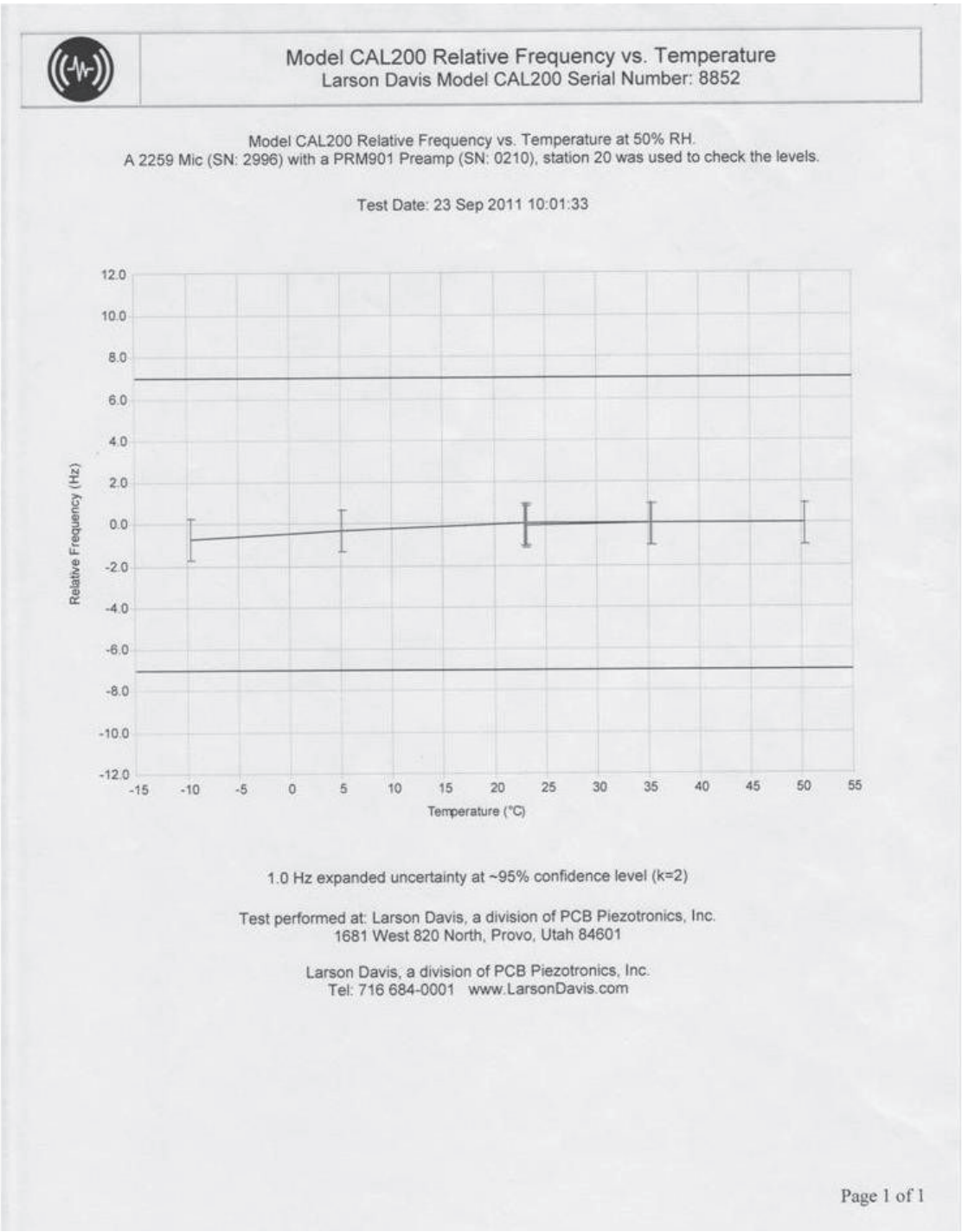
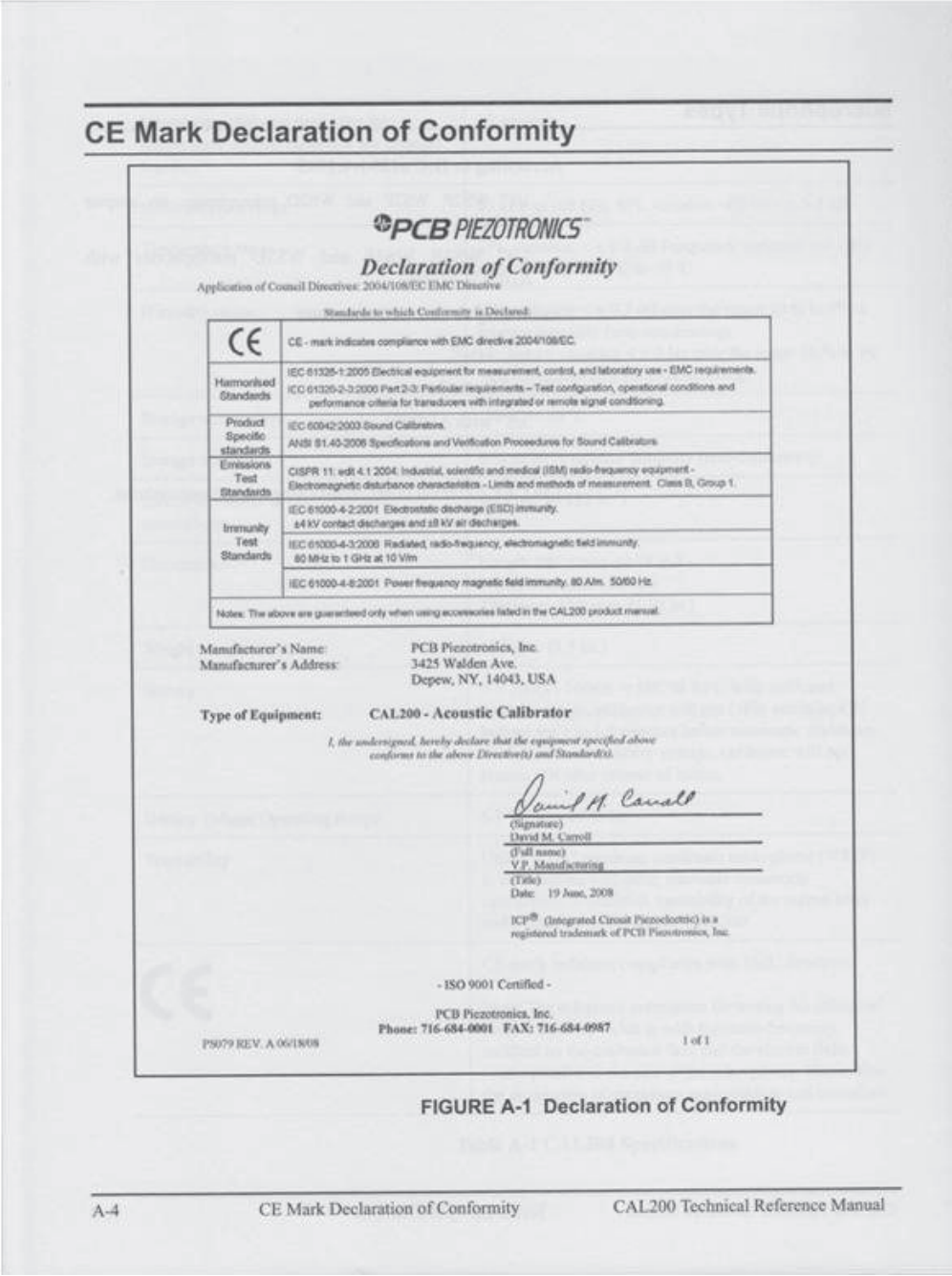


Figura AIV.6. Ampliación de resultados del nivel de presión sonora versus la temperatura relativa al 50% del calibrador externo de marca Larson Davis CAL200 de serie 8852. Página 4 de 8.

La fecha de calibración del calibrador externo estipula la calibración del 13-Oct-2011 hasta 13-Oct-2012, pero la fecha de compra del equipo fue el 16-Mar-2012 por lo que la caducidad de calibración del este accesorio sería hasta 16-Mar-2013 por no uso.



CE Mark Declaration of Conformity

PCB PIEZOTRONICS

Declaration of Conformity

Application of Council Directives: 2004/108/EC EMC Directive

Standards to which Conformity is Declared:

CE	CE - mark indicates compliance with EMC directive 2004/108/EC.
Harmonized Standards	IEC 61326-1:2005 Electrical equipment for measurement, control, and laboratory use - EMC requirements. ICO 61326-2-3:2006 Part 2-3: Particular requirements – Test configuration, operational conditions and performance criteria for transducers with integrated or remote signal conditioning.
Product Specific standards	IEC 60942:2003 Sound Calibrators. ANSI S1.40-2006 Specifications and Verification Proceedures for Sound Calibrators.
Emissions Test Standards	CISPR 11: edit 4.1 2004: Industrial, scientific and medical (ISM) radio-frequency equipment - Electromagnetic disturbance characteristics - Limits and methods of measurement. Class B, Group 1.
Immunity Test Standards	IEC 61000-4-2:2001 Electrostatic discharge (ESD) immunity. ±4 kV contact discharges and ±8 kV air discharges.
	IEC 61000-4-3:2006 Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity. 80 MHz to 1 GHz at 10 V/m
	IEC 61000-4-8:2001 Power frequency magnetic field immunity. 80 A/m. 50/60 Hz.
Notes: The above are guaranteed only when using accessories listed in the CAL200 product manual.	

Manufacturer's Name: PCB Piezotronics, Inc.
Manufacturer's Address: 3425 Walden Ave.
Depew, NY, 14043, USA

Type of Equipment: **CAL200 - Acoustic Calibrator**

I, the undersigned, hereby declare that the equipment specified above conforms to the above Directive(s) and Standard(s).

David M. Carroll
(Signature)
David M. Carroll
(Full name)
V.P. Manufacturing
(Title)
Date: 19 June, 2008

ICP® (Integrated Circuit Piezoelectric) is a registered trademark of PCB Piezotronics, Inc.

- ISO 9001 Certified -

PCB Piezotronics, Inc.
Phone: 716-684-0001 FAX: 716-684-0987

P8079 REV. A 06/18/08 1 of 1

FIGURE A-1 Declaration of Conformity

A-4 CE Mark Declaration of Conformity CAL200 Technical Reference Manual

Figura AIV.7. Certificado de calidad de la calibración del calibrador externo de marca Larson Davis CAL200 de serie 8852 del fabricante PCB Piezotronies, Inc. Página 5 de 8.

APPENDIX

A Specifications

The specifications contained in this chapter are subject to change without notice. Please refer to calibration and test results for data on a specific unit.

Standards Met

- ANSI S1.40-2006, Specifications and Verification Procedures for Sound Calibrators, Class1
- IEC 60942-2003, Class 1, Sound Calibrators
- IEC 61010-1:2001, Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use - Part 1 General Requirements
- IEC 61326-1:2005, Electrical equipment for measurement, control, and laboratory use - EMC requirements

Technical Specifications

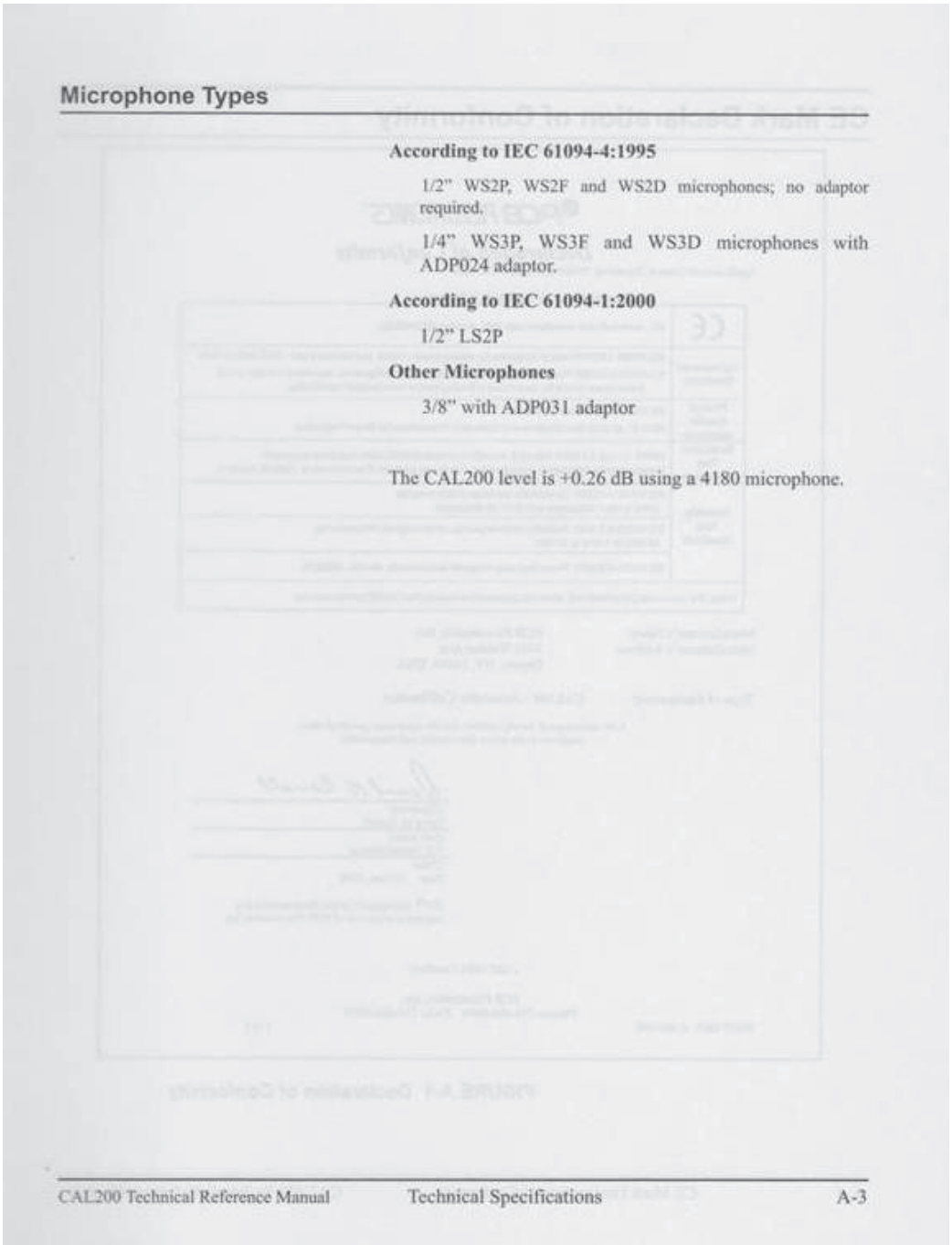
Calibration sound pressure level	94.0 dB and 114.0 dB ± 0.2 dB SPL re: 20µPa @ 101.3 kPa, 23 ºC and 50 % RH (114.0 dB is the principal sound pressure level)
Level Stability Long-Term	± 0.2 dB under same conditions as above
Equivalent free-field level	-0.12 dB for 1/2" for free-field microphones
Frequency	1 kHz ± 1%
Harmonic distortion	< 2 %
Stability after pressing On	± 0.1 dB after 2 seconds

Figura AIV.8. Normas de cumplimiento del calibrador externo de marca Larson Davis CAL200 de serie 8852 del fabricante PCB Piezotronies, Inc. Página 6 de 8.

Minimum stabilizing time after the microphone and the calibrator are coupled together	10 seconds
Static pressure range	65 kPa to 108 kPa, SPL variation will be < ± 0.3 dB
Temperature range	SPL variation < ± 0.4 dB Frequency variation < ± 2 Hz over the range -10 °C to 50 °C
Humidity range	SPL variation < ± 0.3 dB over the range 10 % to 90 % relative humidity (non-condensing) Frequency variation < ± 2 Hz over the range 10 % to 90 % relative humidity (non-condensing)
Storage temperature	-40 °C to 60 °C
Storage humidity	0 % to 90 % relative humidity (non-condensing)
Effective volume of calibrator and microphone	4.15 cm^3 (0.253 $in.^3$)
Dimensions	Length 106.1 mm (4.18 in.) Width 63.4 mm (2.5 in.) Thickness 25.9 mm (1.02 in.)
Weight	156 gm. (5.5 oz.)
Battery	9 V NEDA 1604A or IEC 6LR61. With sufficient battery voltage, calibrator will run (after releasing ON button) for 1 to 1.5 minutes before automatic shutdown. With insufficient battery voltage, calibrator will not remain ON after release of button
Battery Voltage Operating Range	6.7 Volts to 10 Volts
Traceability	Utilize a 1/2" precision condenser microphone (WS2P) in conjunction with other traceable measuring instruments to establish traceability of the output level and frequency of the Model CAL200
CE	CE-mark indicates compliance with EMC directive. Note: The reference orientation for testing the effects of radio-frequency fields is with the radio-frequency incident on the calibrator face and the electric field vector parallel to the axis of the microphone. This is also the orientation of maximum susceptibility and emissions

Table A-1 CAL200 Specifications

Figura AIV.9. Especificaciones técnicas del calibrador externo de marca Larson Davis CAL200 de serie 8852 del fabricante PCB Piezotronies, Inc. Página 7 de 8.



Microphone Types

According to IEC 61094-4:1995

1/2" WS2P, WS2F and WS2D microphones; no adaptor required.

1/4" WS3P, WS3F and WS3D microphones with ADP024 adaptor.

According to IEC 61094-1:2000

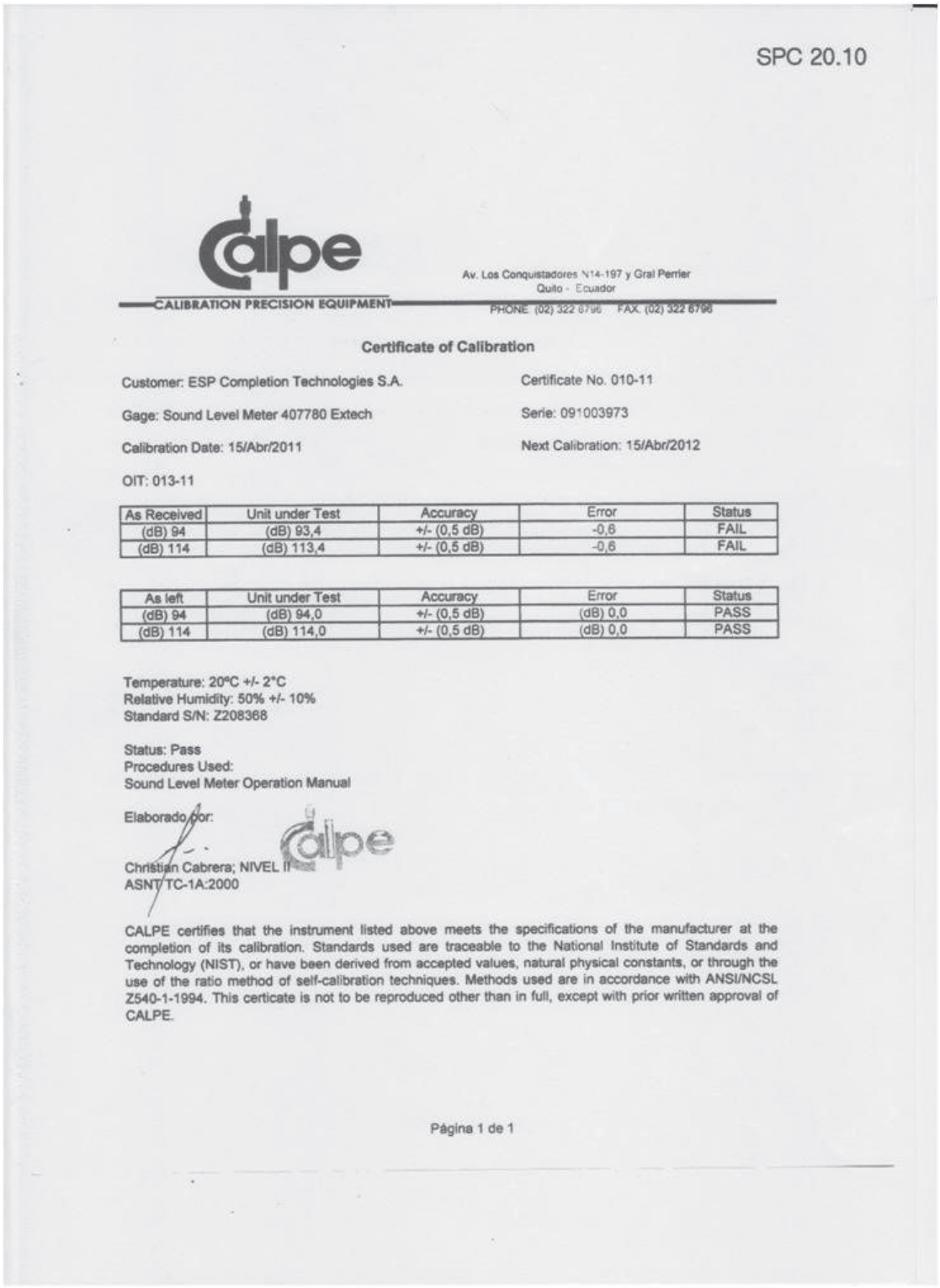
1/2" LS2P

Other Microphones

3/8" with ADP031 adaptor

The CAL200 level is +0.26 dB using a 4180 microphone.

Figura AIV.10. Especificaciones técnicas del calibrador externo de marca Larson Davis CAL200 de serie 8852 del fabricante PCB Piezotronies, Inc. Página 8 de 8.



SPC 20.10

calpe

CALIBRATION PRECISION EQUIPMENT

Av. Los Conquistadores N14-197 y Gral Perrier
Quito - Ecuador
PHONE: (02) 322 6796 FAX: (02) 322 6796

Certificate of Calibration

Customer: ESP Completion Technologies S.A.

Certificate No. 010-11

Gage: Sound Level Meter 407780 Extech

Serie: 091003973

Calibration Date: 15/Abr/2011

Next Calibration: 15/Abr/2012

OIT: 013-11

As Received	Unit under Test	Accuracy	Error	Status
(dB) 94	(dB) 93,4	+/- (0,5 dB)	-0,6	FAIL
(dB) 114	(dB) 113,4	+/- (0,5 dB)	-0,6	FAIL

As left	Unit under Test	Accuracy	Error	Status
(dB) 94	(dB) 94,0	+/- (0,5 dB)	(dB) 0,0	PASS
(dB) 114	(dB) 114,0	+/- (0,5 dB)	(dB) 0,0	PASS

Temperature: 20ºC +/- 2°C
Relative Humidity: 50% +/- 10%
Standard S/N: Z208368

Status: Pass
Procedures Used:
Sound Level Meter Operation Manual

Elaborado por:

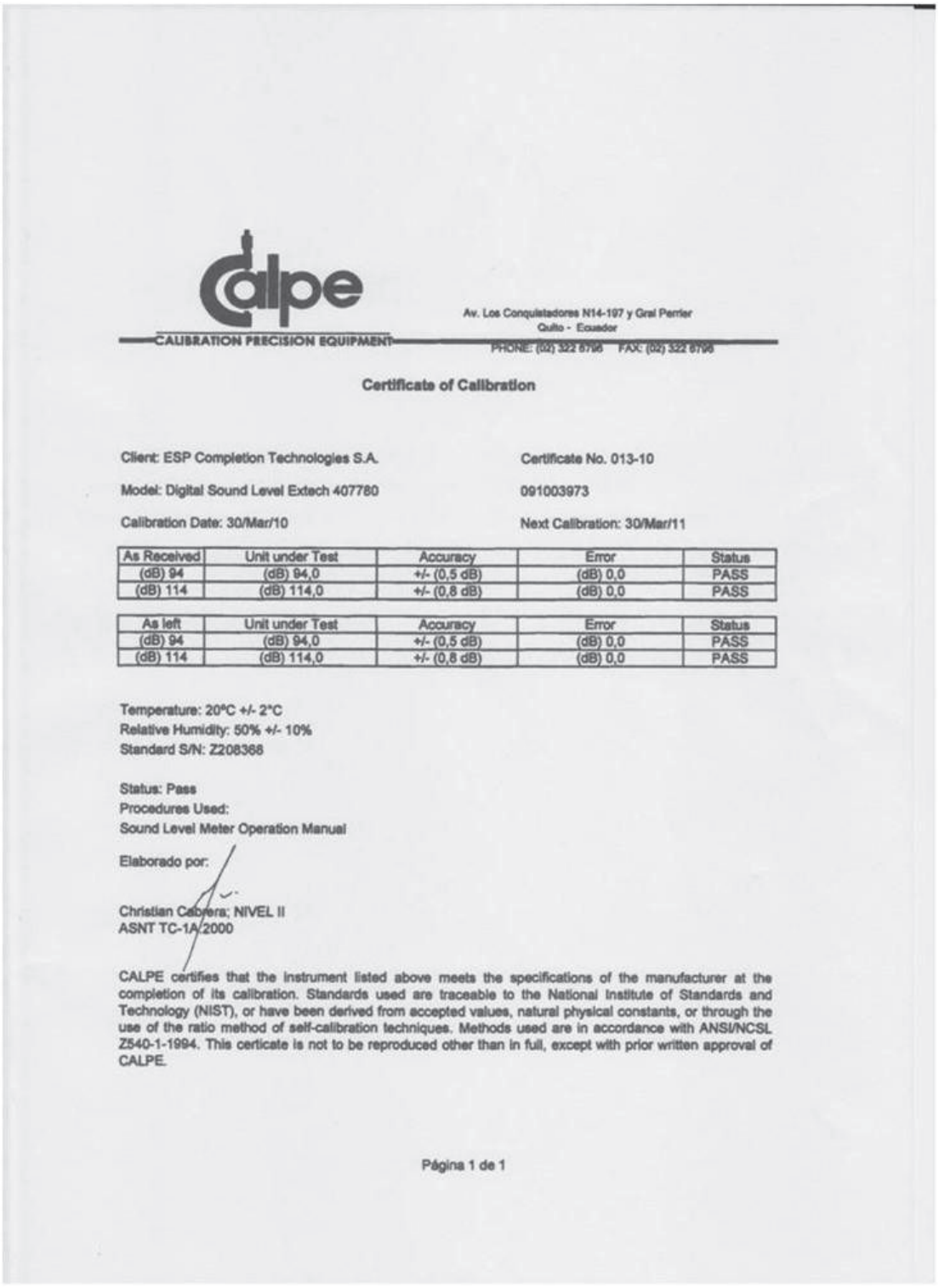
calpe

Christian Cabrera; NIVEL II
ASNT TC-1A:2000

CALPE certifies that the instrument listed above meets the specifications of the manufacturer at the completion of its calibration. Standards used are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), or have been derived from accepted values, natural physical constants, or through the use of the ratio method of self-calibration techniques. Methods used are in accordance with ANSI/NCSL Z540-1-1994. This certicate is not to be reproduced other than in full, except with prior written approval of CALPE.

Página 1 de 1

Figura AIV.11. Certificado de calibración del sonómetro integrador marca Extech Instruments modelo 407780 de serie 091003973 desde 15-Abr-2011 hasta 15-Abr-2012



calpe

CALIBRATION PRECISION EQUIPMENT

Av. Los Conquistadores N14-197 y Gral Perrier
Quito - Ecuador
PHONE: (02) 322 8796 FAX: (02) 322 8796

Certificate of Calibration

Client: ESP Completion Technologies S.A.
Certificate No. 013-10

Model: Digital Sound Level Extech 407780
091003973

Calibration Date: 30/Mar/10
Next Calibration: 30/Mar/11

As Received	Unit under Test	Accuracy	Error	Status
(dB) 94	(dB) 94,0	+/- (0,5 dB)	(dB) 0,0	PASS
(dB) 114	(dB) 114,0	+/- (0,8 dB)	(dB) 0,0	PASS

As left	Unit under Test	Accuracy	Error	Status
(dB) 94	(dB) 94,0	+/- (0,5 dB)	(dB) 0,0	PASS
(dB) 114	(dB) 114,0	+/- (0,8 dB)	(dB) 0,0	PASS

Temperature: 20ºC +/- 2°C
Relative Humidity: 50% +/- 10%
Standard S/N: Z208368

Status: Pass
Procedures Used:
Sound Level Meter Operation Manual

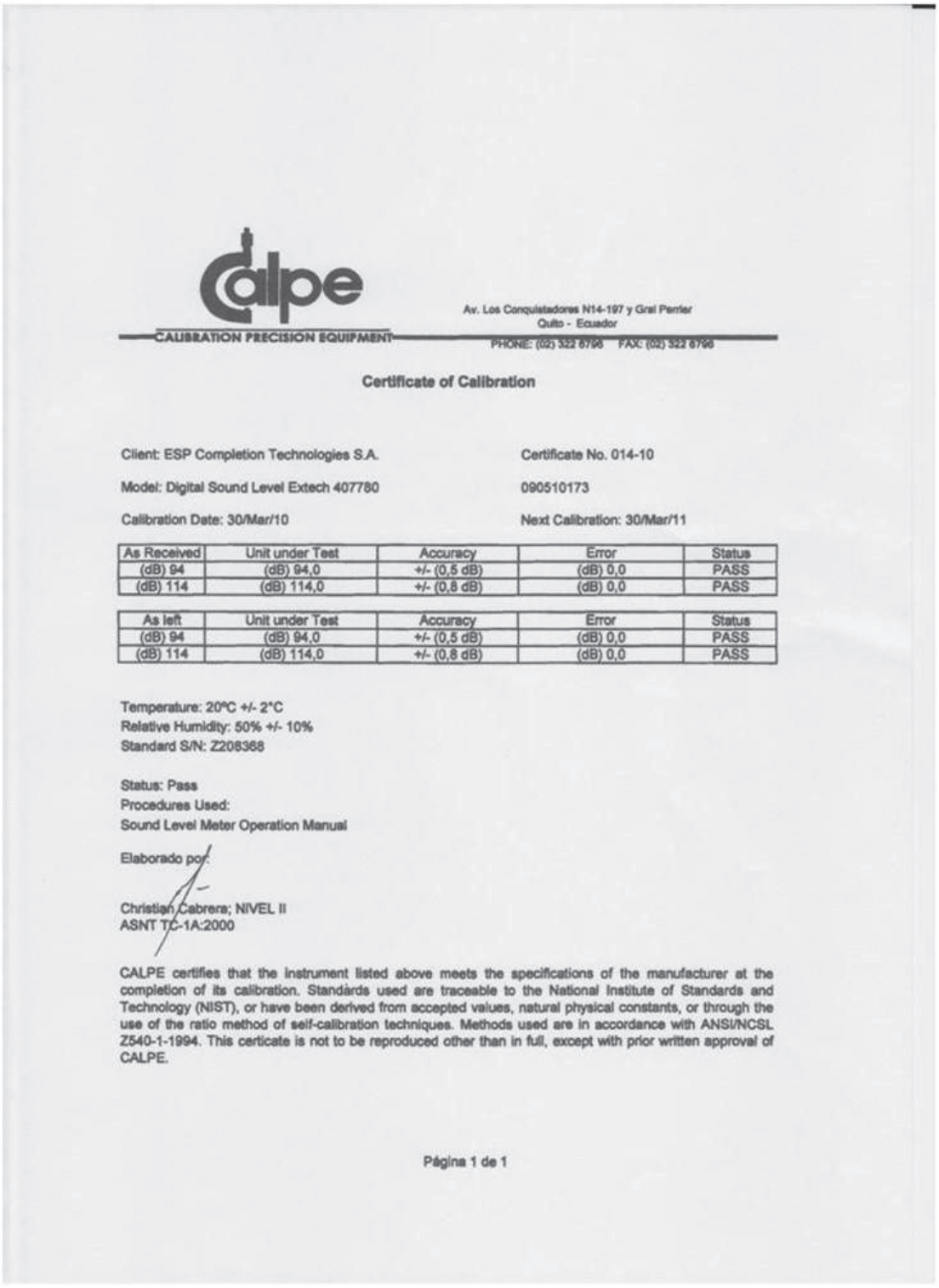
Elaborado por:

Christian Cabrera; NIVEL II
ASNT TC-1A 2000

CALPE certifies that the instrument listed above meets the specifications of the manufacturer at the completion of its calibration. Standards used are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), or have been derived from accepted values, natural physical constants, or through the use of the ratio method of self-calibration techniques. Methods used are in accordance with ANSI/NCSL Z540-1-1994. This certicate is not to be reproduced other than in full, except with prior written approval of CALPE.

Página 1 de 1

Figura AIV.12. Certificado de calibración del sonómetro integrador marca Extech Instruments modelo 407780 de serie 091003973 desde 30-Mar-2010 hasta 30-Mar-2011



calpe

CALIBRATION PRECISION EQUIPMENT

Av. Los Conquistadores N14-197 y Gral Perrier
Quito - Ecuador
PHONE: (02) 322 6796 FAX: (02) 322 6796

Certificate of Calibration

Client: ESP Completion Technologies S.A.

Certificate No. 014-10

Model: Digital Sound Level Extech 407780

090510173

Calibration Date: 30/Mar/10

Next Calibration: 30/Mar/11

As Received	Unit under Test	Accuracy	Error	Status
(dB) 94	(dB) 94,0	+/- (0,5 dB)	(dB) 0,0	PASS
(dB) 114	(dB) 114,0	+/- (0,8 dB)	(dB) 0,0	PASS

As left	Unit under Test	Accuracy	Error	Status
(dB) 94	(dB) 94,0	+/- (0,5 dB)	(dB) 0,0	PASS
(dB) 114	(dB) 114,0	+/- (0,8 dB)	(dB) 0,0	PASS

Temperature: 20ºC +/- 2°C
Relative Humidity: 50% +/- 10%
Standard S/N: Z208368

Status: Pass
Procedures Used:
Sound Level Meter Operation Manual

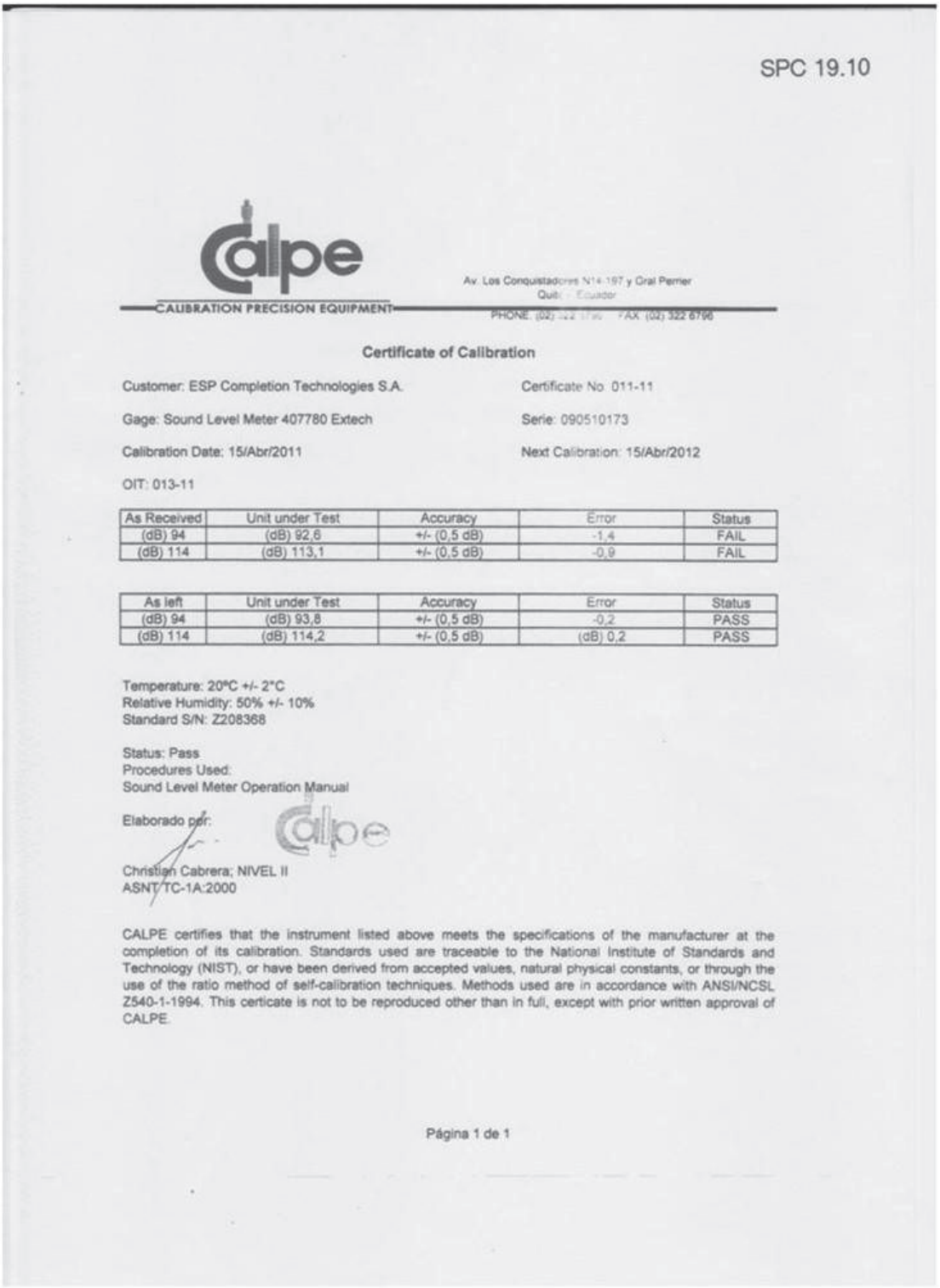
Elaborado por:

Christian Cabrera; NIVEL II
ASNT TC-1A:2000

CALPE certifies that the instrument listed above meets the specifications of the manufacturer at the completion of its calibration. Standards used are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), or have been derived from accepted values, natural physical constants, or through the use of the ratio method of self-calibration techniques. Methods used are in accordance with ANSI/NCSL Z540-1-1994. This certicate is not to be reproduced other than in full, except with prior written approval of CALPE.

Página 1 de 1

Figura AIV.13. Certificado de calibración del sonómetro integrador marca Extech Instruments modelo 407780 de serie 090510173 desde 30-Mar-2010 hasta 30-Mar-2011



SPC 19.10

CALIBRATION PRECISION EQUIPMENT

Av. Los Conquistadores N14-197 y Gral Perrier
Quito - Ecuador
PHONE: (02) 322 [illegible] FAX: (02) 322 6796

Certificate of Calibration

Customer: ESP Completion Technologies S.A.

Certificate No: 011-11

Gage: Sound Level Meter 407780 Extech

Serie: 090510173

Calibration Date: 15/Abr/2011

Next Calibration: 15/Abr/2012

OIT: 013-11

As Received	Unit under Test	Accuracy	Error	Status
(dB) 94	(dB) 92,6	+/- (0,5 dB)	-1,4	FAIL
(dB) 114	(dB) 113,1	+/- (0,5 dB)	-0,9	FAIL

As left	Unit under Test	Accuracy	Error	Status
(dB) 94	(dB) 93,8	+/- (0,5 dB)	-0,2	PASS
(dB) 114	(dB) 114,2	+/- (0,5 dB)	(dB) 0,2	PASS

Temperature: 20ºC +/- 2°C
Relative Humidity: 50% +/- 10%
Standard S/N: Z208368

Status: Pass
Procedures Used:
Sound Level Meter Operation Manual

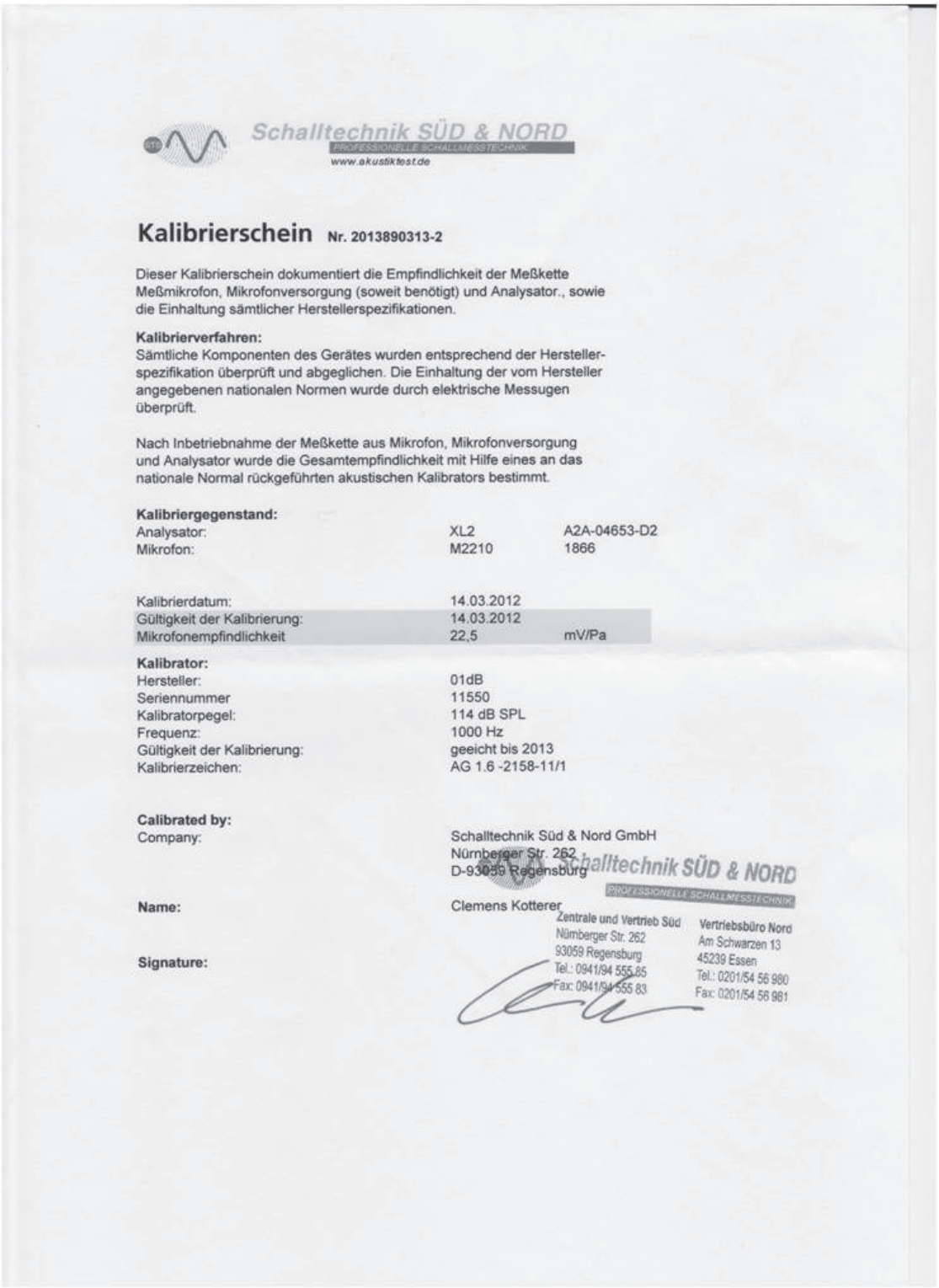
Elaborado por:

Christian Cabrera; NIVEL II
ASNT TC-1A:2000

CALPE certifies that the instrument listed above meets the specifications of the manufacturer at the completion of its calibration. Standards used are traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST), or have been derived from accepted values, natural physical constants, or through the use of the ratio method of self-calibration techniques. Methods used are in accordance with ANSI/NCSL Z540-1-1994. This certicate is not to be reproduced other than in full, except with prior written approval of CALPE.

Página 1 de 1

Figura AIV.14. Certificado de calibración del sonómetro integrador marca Extech Instruments modelo 407780 de serie 090510173 desde 15-Abr-2011 hasta 15-Abr-2012



Schalltechnik SÜD & NORD
PROFESSIONELLE SCHALLMESSTECHNIK
www.akustiktest.de

Kalibrierschein Nr. 2013890313-2

Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Empfindlichkeit der Meßkette Meßmikrofon, Mikrofonversorgung (soweit benötigt) und Analysator., sowie die Einhaltung sämtlicher Herstellerspezifikationen.

Kalibrierverfahren:
Sämtliche Komponenten des Gerätes wurden entsprechend der Herstellerspezifikation überprüft und abgeglichen. Die Einhaltung der vom Hersteller angegebenen nationalen Normen wurde durch elektrische Messugen überprüft.

Nach Inbetriebnahme der Meßkette aus Mikrofon, Mikrofonversorgung und Analysator wurde die Gesamtempfindlichkeit mit Hilfe eines an das nationale Normal rückgeführten akustischen Kalibrators bestimmt.

Kalibriergegenstand:

Analysator:	XL2	A2A-04653-D2
Mikrofon:	M2210	1866
Kalibrierdatum:	14.03.2012	
Gültigkeit der Kalibrierung:	14.03.2012	
Mikrofonempfindlichkeit	22,5	mV/Pa

Kalibrator:

Hersteller:	01dB
Seriennummer	11550
Kalibratorpegel:	114 dB SPL
Frequenz:	1000 Hz
Gültigkeit der Kalibrierung:	geeicht bis 2013
Kalibrierzeichen:	AG 1.6 -2158-11/1

Calibrated by:
Company: Schalltechnik Süd & Nord GmbH
Nürnberger Str. 262
D-93059 Regensburg

Schalltechnik SÜD & NORD
PROFESSIONELLE SCHALLMESSTECHNIK

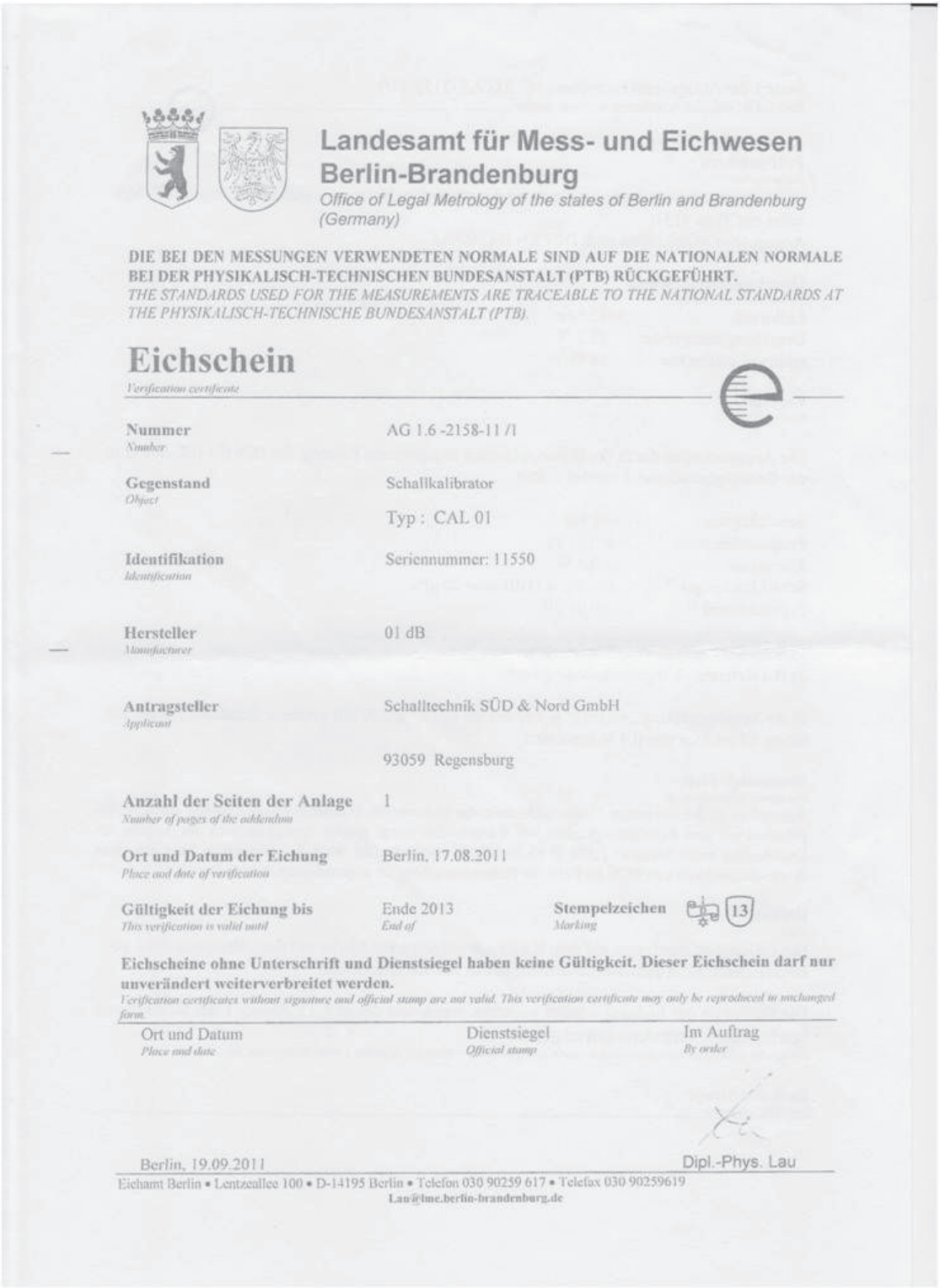
Name: Clemens Kotterer

Signature:

Zentrale und Vertrieb Süd
Nürnberger Str. 262
93059 Regensburg
Tel.: 0941/94 555 85
Fax: 0941/94 555 83

Vertriebsbüro Nord
Am Schwarzen 13
45239 Essen
Tel.: 0201/54 56 980
Fax: 0201/54 56 981

Figura AIV.15. Certificado de calibración del sonómetro integrador marca NTi Audio modelo XL2 Handheld audio and acustic analyzer (Analizador acústico y de audio) de serie AZA-04653-D2 desde 14-Mar-2012 hasta 14-Mar-2013. Página 1 de 3



Landesamt für Mess- und Eichwesen
Berlin-Brandenburg
Office of Legal Metrology of the states of Berlin and Brandenburg (Germany)

DIE BEI DEN MESSUNGEN VERWENDETEN NORMALE SIND AUF DIE NATIONALEN NORMALE BEI DER PHYSIKALISCH-TECHNISCHEN BUNDESANSTALT (PTB) RÜCKGEFÜHRT.
THE STANDARDS USED FOR THE MEASUREMENTS ARE TRACEABLE TO THE NATIONAL STANDARDS AT THE PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT (PTB).

Eichschein
Verification certificate

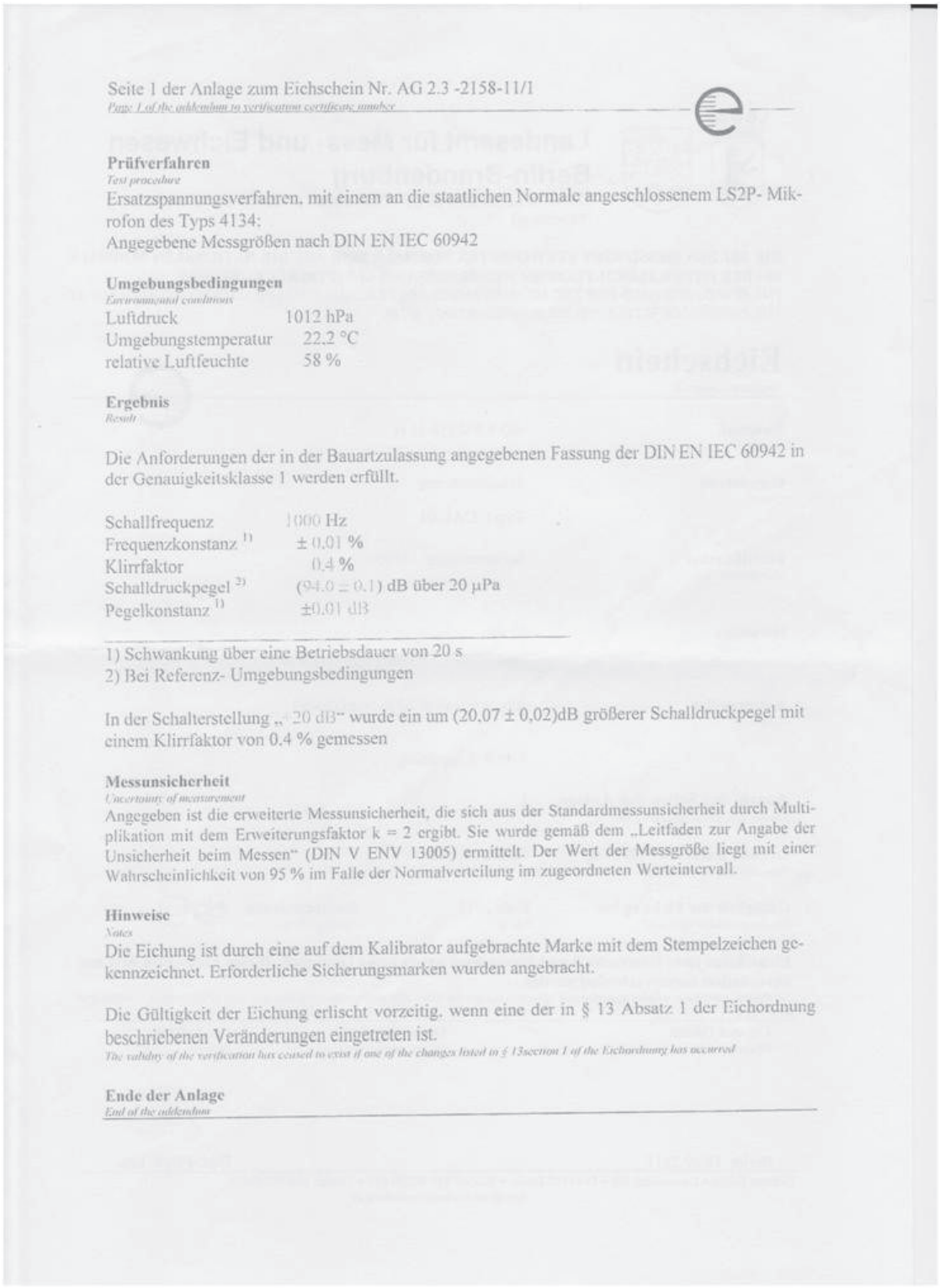
Nummer *Number*	AG 1.6 -2158-11 /1
Gegenstand *Object*	Schallkalibrator Typ : CAL 01
Identifikation *Identification*	Seriennummer: 11550
Hersteller *Manufacturer*	01 dB
Antragsteller *Applicant*	Schalltechnik SÜD & Nord GmbH 93059 Regensburg
Anzahl der Seiten der Anlage *Number of pages of the addendum*	1
Ort und Datum der Eichung *Place and date of verification*	Berlin, 17.08.2011
Gültigkeit der Eichung bis *This verification is valid until*	Ende 2013 *End of*
Stempelzeichen *Marking*	13

Eichscheine ohne Unterschrift und Dienstsiegel haben keine Gültigkeit. Dieser Eichschein darf nur unverändert weiterverbreitet werden.
Verification certificates without signature and official stamp are not valid. This verification certificate may only be reproduced in unchanged form.

Ort und Datum *Place and date*	Dienstsiegel *Official stamp*	Im Auftrag *By order*
Berlin, 19.09.2011		Dipl.-Phys. Lau

Eichamt Berlin • Lentzeallee 100 • D-14195 Berlin • Telefon 030 90259 617 • Telefax 030 90259619
Lau@lme.berlin-brandenburg.de

Figura AIV.16. Certificado de calibración del sonómetro integrador marca NTi Audio modelo XL2 Handheld audio and acustic analyzer (Analizador acústico y de audio) de serie AZA-04653-D2 desde 14-Mar-2012 hasta 14-Mar-2013. Página 2 de 3



Seite 1 der Anlage zum Eichschein Nr. AG 2.3 -2158-11/1
Page 1 of the addendum to verification certificate number

Prüfverfahren
Test procedure
Ersatzspannungsverfahren, mit einem an die staatlichen Normale angeschlossenem LS2P- Mikrofon des Typs 4134:
Angegebene Messgrößen nach DIN EN IEC 60942

Umgebungsbedingungen
Environmental conditions

Luftdruck	1012 hPa
Umgebungstemperatur	22.2 °C
relative Luftfeuchte	58 %

Ergebnis
Result

Die Anforderungen der in der Bauartzulassung angegebenen Fassung der DIN EN IEC 60942 in der Genauigkeitsklasse 1 werden erfüllt.

Schallfrequenz	1000 Hz
Frequenzkonstanz [1]	± 0,01 %
Klirrfaktor	0,4 %
Schalldruckpegel [2]	(94,0 ± 0,1) dB über 20 µPa
Pegelkonstanz [1]	±0,01 dB

1) Schwankung über eine Betriebsdauer von 20 s
2) Bei Referenz- Umgebungsbedingungen

In der Schalterstellung „- 20 dB" wurde ein um (20,07 ± 0,02)dB größerer Schalldruckpegel mit einem Klirrfaktor von 0,4 % gemessen

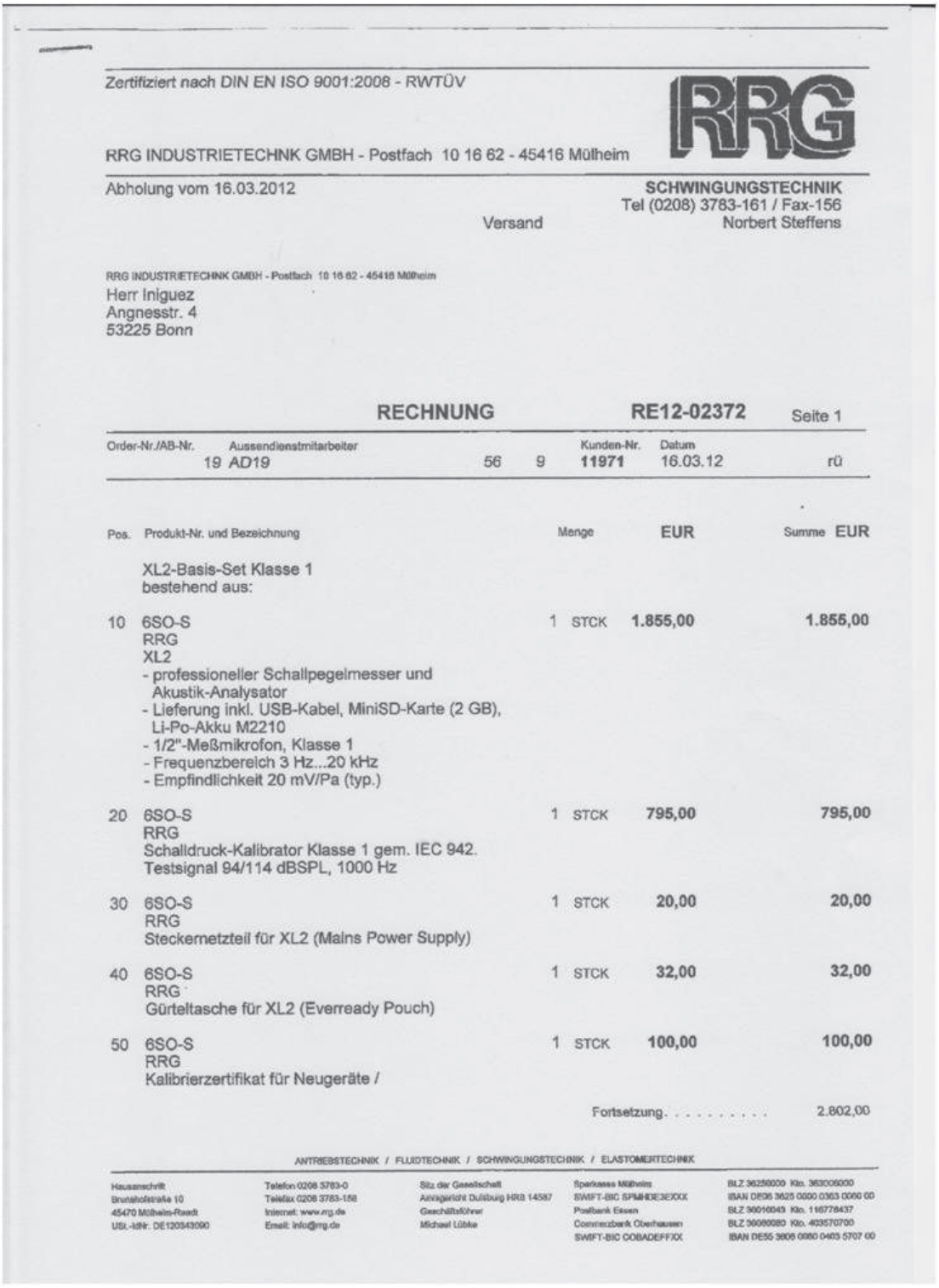
Messunsicherheit
Uncertainty of measurement
Angegeben ist die erweiterte Messunsicherheit, die sich aus der Standardmessunsicherheit durch Multiplikation mit dem Erweiterungsfaktor k = 2 ergibt. Sie wurde gemäß dem „Leitfaden zur Angabe der Unsicherheit beim Messen" (DIN V ENV 13005) ermittelt. Der Wert der Messgröße liegt mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % im Falle der Normalverteilung im zugeordneten Werteintervall.

Hinweise
Notes
Die Eichung ist durch eine auf dem Kalibrator aufgebrachte Marke mit dem Stempelzeichen gekennzeichnet. Erforderliche Sicherungsmarken wurden angebracht.

Die Gültigkeit der Eichung erlischt vorzeitig, wenn eine der in § 13 Absatz 1 der Eichordnung beschriebenen Veränderungen eingetreten ist.
The validity of the verification has ceased to exist if one of the changes listed in § 13section 1 of the Eichordnung has occurred

Ende der Anlage
End of the addendum

Figura AIV.17. Certificado de calibración del sonómetro integrador marca NTi Audio modelo XL2 Handheld audio and acustic analyzer (Analizador acústico y de audio) de serie AZA-04653-D2 desde 14-Mar-2012 hasta 14-Mar-2013. Página 3 de 3



Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2008 - RWTÜV

RRG INDUSTRIETECHNK GMBH - Postfach 10 16 62 - 45416 Mülheim

Abholung vom 16.03.2012

Versand

SCHWINGUNGSTECHNIK
Tel (0208) 3783-161 / Fax-156
Norbert Steffens

RRG INDUSTRIETECHNK GMBH - Postfach 10 16 62 - 45416 Mülheim
Herr Iniguez
Angnesstr. 4
53225 Bonn

RECHNUNG **RE12-02372** Seite 1

Order-Nr./AB-Nr.	Aussendienstmitarbeiter			Kunden-Nr.	Datum	
19 AD19		56	9	11971	16.03.12	rü

Pos.	Produkt-Nr. und Bezeichnung	Menge	EUR	Summe EUR
	XL2-Basis-Set Klasse 1 bestehend aus:			
10	6SO-S RRG XL2 - professioneller Schallpegelmesser und Akustik-Analysator - Lieferung inkl. USB-Kabel, MiniSD-Karte (2 GB), Li-Po-Akku M2210 - 1/2"-Meßmikrofon, Klasse 1 - Frequenzbereich 3 Hz...20 kHz - Empfindlichkeit 20 mV/Pa (typ.)	1 STCK	1.855,00	1.855,00
20	6SO-S RRG Schalldruck-Kalibrator Klasse 1 gem. IEC 942. Testsignal 94/114 dBSPL, 1000 Hz	1 STCK	795,00	795,00
30	6SO-S RRG Steckernetzteil für XL2 (Mains Power Supply)	1 STCK	20,00	20,00
40	6SO-S RRG Gürteltasche für XL2 (Everready Pouch)	1 STCK	32,00	32,00
50	6SO-S RRG Kalibrierzertifikat für Neugeräte /	1 STCK	100,00	100,00
		Fortsetzung.		2.802,00

ANTRIEBSTECHNIK / FLUIDTECHNIK / SCHWINGUNGSTECHNIK / ELASTOMERTECHNIK

Hausanschrift
Brunshofstraße 10
45470 Mülheim-Raadt
USt.-IdNr. DE120343090

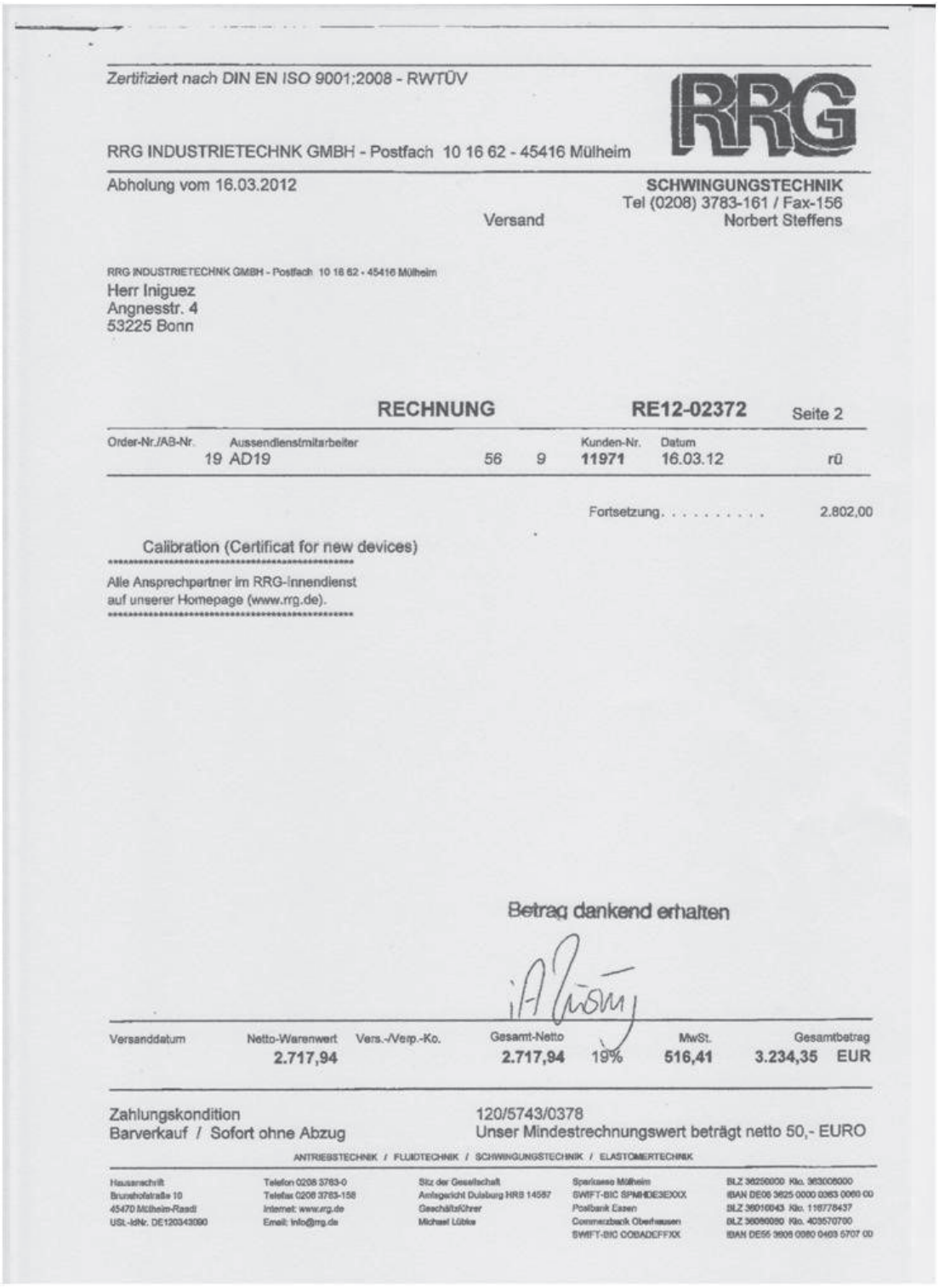
Telefon 0208 3783-0
Telefax 0208 3783-156
Internet: www.rrg.de
Email: info@rrg.de

Sitz der Gesellschaft
Amtsgericht Duisburg HRB 14587
Geschäftsführer
Michael Löbke

Sparkasse Mülheim
SWIFT-BIC SPMHDE3EXXX
Postbank Essen
Commerzbank Oberhausen
SWIFT-BIC COBADEFFXX

BLZ 36250000 Kto. 363006000
IBAN DE06 3625 0000 0363 0060 00
BLZ 36010043 Kto. 116778437
BLZ 36080080 Kto. 403570700
IBAN DE55 3608 0080 0403 5707 00

Figura AIV.18. Factura del sonómetro integrador marca NTi Audio modelo XL2 Handheld audio and acustic analyzer (Analizador acústico y de audio) de serie AZA-04653-D2. Página 1 de 2



Zertifiziert nach DIN EN ISO 9001:2008 - RWTÜV

RRG INDUSTRIETECHNK GMBH - Postfach 10 16 62 - 45416 Mülheim

Abholung vom 16.03.2012

Versand

SCHWINGUNGSTECHNIK
Tel (0208) 3783-161 / Fax-156
Norbert Steffens

RRG INDUSTRIETECHNK GMBH - Postfach 10 16 62 - 45416 Mülheim
Herr Iniguez
Angnesstr. 4
53225 Bonn

RECHNUNG **RE12-02372** Seite 2

Order-Nr./AB-Nr.	Aussendienstmitarbeiter			Kunden-Nr.	Datum	
19 AD19		56	9	11971	16.03.12	rü

Fortsetzung. 2.802,00

Calibration (Certificat for new devices)

Alle Ansprechpartner im RRG-Innendienst
auf unserer Homepage (www.rrg.de).

Betrag dankend erhalten

Versanddatum	Netto-Warenwert	Vers.-/Verp.-Ko.	Gesamt-Netto		MwSt.	Gesamtbetrag
	2.717,94		2.717,94	19%	516,41	3.234,35 EUR

Zahlungskondition
Barverkauf / Sofort ohne Abzug

120/5743/0378
Unser Mindestrechnungswert beträgt netto 50,- EURO

ANTRIEBSTECHNIK / FLUIDTECHNIK / SCHWINGUNGSTECHNIK / ELASTOMERTECHNIK

Hausanschrift
Brunshofstraße 10
45470 Mülheim-Raadt
USt.-IdNr. DE120343090

Telefon 0208 3783-0
Telefax 0208 3783-158
Internet: www.rrg.de
Email: info@rrg.de

Sitz der Gesellschaft
Amtsgericht Duisburg HRB 14587
Geschäftsführer
Michael Lübke

Sparkasse Mülheim
SWIFT-BIC SPMHDE3EXXX
Postbank Essen
Commerzbank Oberhausen
SWIFT-BIC COBADEFFXX

BLZ 36250000 Kto. 363006000
IBAN DE06 3625 0000 0363 0060 00
BLZ 36010043 Kto. 119778437
BLZ 36080080 Kto. 403570700
IBAN DE55 3608 0080 0403 5707 00

Figura AIV.18. Factura del sonómetro integrador marca NTi Audio modelo XL2 Handheld audio and acustic analyzer (Analizador acústico y de audio) de serie AZA-04653-D2. Página 2 de 2

ANEXO V

CÁLCULO DE LA INCERTIDUMBRE

Este procedimiento es conforme a la Guía ISO/IEC 98-3 para determinar la incertidumbre expandida del nivel de exposición al ruido ponderado A, normalizado para una jornada laboral de 8 horas (Lex, 8 h) o del valor medido del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, $L_{pA,\,eqT}$ (Indecopi, 2010, p. 41).

- **Paso 1:**

Si son varias mediciones, se debe sumar logarítmicamente (Indecopi, 2010, p. 39).

- **Paso 2:**

Calcular la incertidumbre estándar de los valores medidos se debe utilizar la siguiente ecuación AV.1 (Indecopi, 2010, p. 49).

$$\mu_1^2 = \sqrt{\frac{1}{(\mathbf{N-1})}}\left[\sum_{\mathbf{n=1}}^{\mathbf{N}} (\mathbf{Lp, A, eq\ Tn} - \bar{\mathbf{L}}\mathbf{p, A, eq\ T})^{\mathbf{2}}\right] \qquad \text{[AV.1]}$$

Donde:

$\mathbf{Lp, A, eq\ Tn}$ = Es el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, para la medición n del nivel del ruido de la labor-trabajo.

$\bar{\mathbf{L}}\mathbf{p, A, eq\ T}$ = Es la media aritmética de N mediciones de la labor-trabajo del nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, como se muestra en la ecuación AV.2

$$\bar{\mathbf{L}}\mathbf{p, A, eq\ T} = \frac{\mathbf{1}}{(\mathbf{N})}\sum_{\mathbf{n=1}}^{\mathbf{N}} \mathbf{Lp, A, eq\ Tn} \qquad \text{[AV.2]}$$

N = Es el número total de mediciones de la labor-trabajo

- **Paso 3:**

Una vez obtenido el valor de μ_1, se debe utilizar la siguiente Tabla para obtener el valor de la contribución a la incertidumbre c1 μ_1, de las mediciones del nivel de ruido de una labor-trabajo y de una jornada completa, en decibeles, aplicable a un conjunto de N valores medidos, **Lp, A, eq Tn**, de la incertidumbre estándar μ_1, como se muestra en la Tabla AV.1 (Indecopi, 2010, p. 49).

Tabla AV.1. Contribución a la incertidumbre c1 μ_1

Contribución a la incertidumbre $c_i u_i$ de los valores medidos $L_{Aeq,Tn}$ (dB)												
N	Incertidumbre estándar, u_i											
	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
3	0,6	1,6	3,1	5,2	8,0	11,5	15,7	20,6	26,1	32,2	39,0	46,5
4	0,4	0,9	1,6	2,5	3,6	5,0	6,7	8,6	10,9	13,4	16,1	19,2
5	0,3	0,7	1,2	1,7	2,4	3,3	4,4	5,6	6,9	8,5	10,2	12,1
6	0,3	0,6	0,9	1,4	1,9	2,6	3,3	4,2	5,2	6,3	7,6	8,9
7	0,2	0,5	0,8	1,2	1,6	2,2	2,8	3,5	4,3	5,1	6,1	7,2
8	0,2	0,5	0,7	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,4	5,2	6,1
9	0,2	0,4	0,7	1	1,3	1,7	2,1	2,6	3,2	3,9	4,6	5,4
10	0,2	0,4	0,6	0,9	1,2	1,5	1,9	2,4	2,9	3,5	4,1	4,8
12	0,2	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	2,9	3,5	4,0
14	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5
16	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8	1,1	1,3	1,6	2,0	2,3	2,7	3,2
18	0,1	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	2,9
20	0,1	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3	2,6
25	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,7	2,0	2,3
30	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0

(Indecopi, 2010, p. 50)

El valor de la incertidumbre estándar μ_1, se ubica en función de la abscisa horizontal "X" superior y en la abscisa vertical "Y", se debe ubicar la N mediciones, para obtener el valor de la contribución a la incertidumbre c1 μ_1 (Indecopi, 2010, p. 48).

- **Paso 4:**

Los coeficientes de sensibilidad c_2 y c_3, para la incertidumbre debida a la instrumentación y a la incertidumbre debido a la selección imperfecta de la posición de medición, respectivamente son los siguientes para $c_2 = 1$, para $c_3 = 1$, entonces $c_2 = c_3 = 1$ (Indecopi, 2010, p. 48).

- **Paso 5:**

Se debe calcular la incertidumbre estándar μ_2, debido a la instrumentación, la misma que se obtiene de acuerdo al equipo utilizado para las mediciones de ruido, como lo muestra los datos de la Tabla AV.2 (Indecopi, 2010, p. 60).

Tabla AV.2. Incertidumbre estándar μ_2

Tipo de instrumento	Desviación estándar, u_2, en dB
Sonómetro de clase 1	0,7
Sonómetro de clase 2	1,5
Dosímetro personal	1,5

(Indecopi, 2010, p. 51)

- **Paso 6:**

Se debe calcular la incertidumbre estándar μ_3, debida a la posición de medición, la misma que tiene un valor fijo de 1,0 dBA (Indecopi, 2010, p. 52).

- **Paso 7:**

Se debe calcular la incertidumbre estándar combinada, para el nivel de exposición al ruido ponderado A, $L_{EX,8h}$ μ ($L_{EX,8h}$), se tiene que calcular a partir de los valores

numéricos de todas las contribuciones a la incertidumbre de todas las mediciones, utilizando la siguiente ecuación AV.3 (Indecopi, 2010, p. 48).

$$\mu^2\left(L_{EX,8h}\right) = c_1^2\mu_1^2 + c_2^2(\mu_2^2 + \mu_3^2)$$

[AV.3]

- **Paso 8:**

Se debe calcular finalmente, la incertidumbre expandida U ($L_{EX,8h}$), se utilizará el valor de 1,65 y la siguiente ecuación AV.4 (Indecopi, 2010, p. 48).

U = 1,65 × μ dBA [AV.4]

ANEXO VI

DESCRIPCIÓN DEL MARCO LEGAL

A continuación de desarrolla todo el marco legal:

- **Asamblea Nacional Constituyente, 2008, "Constitución Política de la República del Ecuador", Quito, Ecuador**

La Constitución Ecuatoriana aprobada en el año 2008 en el artículo 66 manifiesta que: "EI derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza."

El artículo 326, numeral 5 señala: "Toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio, que garantice su salud, integral, seguridad, higiene y bienestar"

En referencia a los derechos laborales la constitución expresa entre otros, lo siguiente: "Los derechos laborales son irrenunciables e intangibles. Será nula toda estipulación en contrario" (artículo 326, numeral 2).

"En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales, reglamentarias o contractuales en materia laboral, estas se aplicaran en el sentido más favorable a las personas trabajadoras" (artículo 326, numeral 3).

En el Art. 14.- se manifiesta lo siguiente: "Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, sumak kawsay"

En el Art. 32.- se manifiesta lo siguiente "La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el

derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir".
En el Art. 83.- manifiesta que "Son deberes y responsabilidades de las ecuatorianas y los ecuatorianos, sin perjuicio de otros previstos en la Constitución y la ley, en el literal 6 "respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible".

- **Congreso Nacional, 2005, "Código del Trabajo", Registro oficial suplemento N° 167, Quito, Ecuador**

Dentro del título 1, Capítulo IV De las obligaciones del empleador y del trabajador Art. 42.- Obligaciones del empleador.- Son obligaciones del empleador: Numeral 2 "Instalar las fábricas, talleres, oficinas y demás lugares de trabajo, sujetándose a las medidas de prevención, seguridad e higiene del trabajo y demás disposiciones legales y reglamentarias, tomando en consideración, además, las normas que precautelan el adecuado desplazamiento de las personas con discapacidad".

Dentro del Capítulo V De la prevención de los riesgos, de las medidas de seguridad e higiene, de los puestos de auxilio, y de la disminución de la capacidad para el trabajo Art. 410.- Obligaciones respecto de la prevención de riesgos.- Los empleadores están obligados a asegurar a sus trabajadores condiciones de trabajo que no presenten peligro para su salud o su vida.
Los trabajadores están obligados a acatar las medidas de prevención, seguridad e higiene determinadas en los reglamentos y facilitadas por el empleador. Su omisión constituye justa causa para la terminación del contrato de trabajo.

Art. 432.- Normas de prevención de riesgos dictadas por el IESS.- En las empresas sujetas al régimen del seguro de riesgos del trabajo, además de las reglas sobre prevención de riesgos establecidas en este capítulo, deberán observarse también las disposiciones o normas que dictare el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social.

Art. 434.- Reglamento de higiene y seguridad.- En todo medio colectivo y permanente de trabajo que cuente con más de diez trabajadores, los empleadores están obligados a elaborar y someter a la aprobación del Ministerio de Trabajo y Empleo por medio de la Dirección Regional del Trabajo, un reglamento de higiene y seguridad, el mismo que será renovado cada dos años.

Art. 435.- Atribuciones de la Dirección Regional del Trabajo.- La Dirección Regional del Trabajo, por medio del Departamento de Seguridad e Higiene del Trabajo, velará por el cumplimiento de las disposiciones de este capítulo, atenderá a las reclamaciones tanto de empleadores como de obreros sobre la transgresión de estas reglas, prevendrá a los remisos, y en caso de reincidencia o negligencia, impondrá multas de conformidad con lo previsto en el artículo 628 de este Código, teniendo en cuenta la capacidad económica del transgresor y la naturaleza de la falta cometida.

Art. 436, Suspensión de labores y cierre de locales.- "El Ministerio de Trabajo y Empleo podrá disponer la suspensión de actividades o el cierre de los lugares o medios colectivos de labor, en los que se atentare o afectare a la salud y seguridad e higiene de los trabajadores, o se contraviniere a las medidas de seguridad e higiene dictadas, sin perjuicio de las demás sanciones legales".

Art. 628.- Caso de violación de las normas del Código del Trabajo.- Las violaciones de las normas de este Código, serán sancionadas en la forma prescrita en los artículos pertinentes y, cuando no se haya fijado sanción especial, el Director Regional del Trabajo podrá imponer multas de hasta doscientos dólares de los Estados Unidos de América, sin perjuicio de lo establecido en el artículo 95 del Código de la Niñez y Adolescencia.

Los jueces y los inspectores del trabajo podrán imponer multas hasta de cincuenta dólares de los Estados Unidos de América.

Para la aplicación de las multas, se tomarán en cuenta las circunstancias y la gravedad de la infracción, así como la capacidad económica del trasgresor. Nota: Por Decreto Legislativo No. 8, publicado en Registro Oficial Suplemento 330 de 6 de Mayo del 2008, se reforma tácitamente el máximo de las multas impuestas por el Director Regional de Trabajo, entre tres y veinte salarios mínimos unificados.

- **Consejo Andino de Ministros de Relaciones Exteriores, 2004. "Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo", Decisión 584 del Acuerdo de Cartagena, Guayaquil, Ecuador**

CAPÍTULO III Gestión de la seguridad y salud en los centros de trabajo – Obligaciones de los empleadores

Artículo 11.- En todo lugar de trabajo se deberán tomar medidas tendientes a disminuir los riesgos laborales. Estas medidas deberán basarse, para el logro de este objetivo, en directrices sobre sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo y su entorno como responsabilidad social y empresarial.

b) Identificar y evaluar los riesgos, en forma inicial y periódicamente, con la finalidad de planificar adecuadamente las acciones preventivas, mediante sistemas de vigilancia epidemiológica ocupacional específicos u otros sistemas similares, basados en mapa de riesgos;
c) Combatir y controlar los riesgos en su origen, en el medio de transmisión y en el trabajador, privilegiando el control colectivo al individual. En caso de que las medidas de prevención colectivas resulten insuficientes, el empleador deberá proporcionar, sin costo alguno para el trabajador, las ropas y los equipos de protección individual adecuados;
d) Programar la sustitución progresiva y con la brevedad posible de los procedimientos, técnicas, medios, sustancias y productos peligrosos por aquellos que produzcan un menor o ningún riesgo para el trabajador;
e) Diseñar una estrategia para la elaboración y puesta en marcha de medidas de prevención, incluidas las relacionadas con los métodos de trabajo y de producción, que garanticen un mayor nivel de protección de la seguridad y salud de los trabajadores;

Artículo 12.- Los empleadores deberán adoptar y garantizar el cumplimiento de las medidas necesarias para proteger la salud y el bienestar de los trabajadores, entre otros, a través de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Artículo 32.- Sanciones: Cuando una violación grave de las normas vigentes constituya un peligro inminente para la salud y seguridad de los trabajadores, del mismo lugar de trabajo y su entorno, la autoridad competente podrá ordenar la paralización total o parcial de las labores en el lugar de trabajo, hasta que se subsanen las causas que lo motivaron o, en caso extremo, el cierre definitivo del mismo.

- **Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2003, "Texto Unificado de Legislación Secundaria, TULAS", 2da. Edición, Libro VI, Anexo 5, Quito, Ecuador**

Esta norma establece lo siguiente:

- "Los niveles permisibles de ruido en el ambiente provenientes de fuentes fijas".
- "Los límites permisibles de emisiones de ruido desde vehículos automotores".
- "Los valores permisibles de niveles de vibración en edificaciones".
- "Los métodos y procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido".
- "No se podrán exceder los siguientes valores de los niveles de presión sonora equivalente, NPSeq (dBA), estos valores se obtendrán de la emisión de una fuente fija emisora de ruido".
- Dentro de esta norma, se especifica "la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija, corrección por nivel de ruido de fondo, requerimientos de reporte".

4.1 Límites máximos permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas
4.1.1 Niveles máximos permisibles de ruido.
Los niveles de presión sonora equivalente, NPSeq, expresados en decibeles, en ponderación con escala A, que se obtengan de la emisión de una fuente fija emisora de ruido, no podrán exceder los valores que se fijan en la Tabla 1.

ambiental de acuerdo al tipo de zona según uso del suelo y en dos horarios distintos", como lo muestran los datos presentados en la Tabla AVI.1

Tabla AVI.1. Límites máximos permisibles de ruido ambiental

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DEL SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE: NPSeq (dBA)	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona de Equipamientos y Protección	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial Múltiple	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Industrial 1	60	50
Zona Industrial 2	65	55
Zona Industrial 3, 4, 5	70	60

(Ministerio del Ambiente, 2003, p. 420)

Art. 4.1.1.8 Medidas de prevención y mitigación de ruidos:

a) “Los procesos industriales y máquinas, que produzcan niveles de ruido de 85 decibeles A o mayores, determinados en el ambiente de trabajo, deberán ser aislados adecuadamente, a fin de prevenir la transmisión de vibraciones hacia el exterior del local. El operador o propietario evaluará aquellos procesos y máquinas que, sin contar con el debido aislamiento de vibraciones, requieran de dicha medida”.
b) “En caso de que una fuente de emisión de ruidos desee establecerse en una zona en que el nivel de ruido excede, o se encuentra cercano de exceder, los valores máximos permisibles descritos en esta norma, la fuente deberá proceder a las medidas de atenuación de ruido aceptadas generalmente en la práctica de ingeniería, a fin de alcanzar cumplimiento con los valores estipulados en esta norma. Las medidas podrán consistir, primero, en reducir el nivel de ruido en la fuente, y segundo, mediante el control en el medio de propagación de los ruidos desde la fuente hacia el límite exterior o lindero del local en que funcionará la fuente. La aplicación de una o ambas

medidas de reducción constará en la respectiva evaluación que efectuará el operador u propietario de la nueva fuente".

Art. 4.1.2 De la medición de niveles de ruido producidos por una fuente fija

- **Congreso Nacional, 2004, "Ley de Gestión Ambiental", Ley N° 37, Registro Oficial Suplemento 418, Quito, Ecuador**

Esta ley establece lo siguiente:

Art 9.-, literal j: "El Ministerio del Ambiente coordinará con los organismos competentes y sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes".

- **Congreso Nacional, 2006, "Ley Orgánica de Salud", Ley N° 67, Registro Oficial Suplemento N° 423, Quito, Ecuador**

Esta ley establece lo siguiente:

Art. 7.-, literal c) "Vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación"

Art. 113.- "Toda actividad laboral, productiva, industrial, comercial, recreativa y de diversión; así como las viviendas y otras instalaciones y medios de transporte, deben cumplir con lo dispuesto en las respectivas normas y reglamentos sobre prevención y control, a fin de evitar la contaminación por ruido, que afecte a la salud humana".

Art. 118.- "Los empleadores protegerán la salud de sus trabajadores, dotándoles de información suficiente, equipos de protección, vestimenta apropiada, ambientes

seguros de trabajo, a fin de prevenir, disminuir o eliminar los riesgos, accidentes y aparición de enfermedades laborales".

- **República del Ecuador. 1986.** ***Reglamento de Seguridad y Salud de los trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo: Decreto Ejecutivo 2393, Registro Oficial 565 de 17 de Noviembre de 1986.*** **Quito, Ecuador**

Este reglamento establece lo siguiente:

En el Art. 53, literal 4), comenta sobre las condiciones generales ambientales de ventilación, temperatura y humedad, en donde se manifiesta textualmente lo siguiente:
"En los procesos industriales donde existan o se liberen contaminantes físicos, químicos o biológicos, la prevención de riesgos para la salud se realizará evitando en primer lugar su generación, su emisión en segundo lugar, y como tercera acción su transmisión, y solo cuando resultaren técnicamente imposibles las acciones precedentes, se utilizarán los medios de protección personal, o la exposición limitada a los efectos del contaminante. "

En el Art. 55, literal 3 y 4), manifiesta textualmente lo siguiente:
" Las máquinas que produzcan ruidos o vibraciones se ubicarán en recintos aislados si el proceso de fabricación lo permite, y serán objeto de un programa de mantenimiento adecuado que aminore en lo posible la emisión de tales contaminantes físicos", "se prohíbe instalar máquinas o aparatos que produzcan ruidos o vibraciones, adosados a paredes o columnas. Excluyéndose los dispositivos de alarma o señales acústicas. "

En el Art. 55 literal 6), manifiesta textualmente lo siguiente: "Se fija como límite máximo de presión sonora el de 85 decibeles escala A del sonómetro, medidos en el lugar en donde el trabajador mantiene habitualmente la cabeza, para el caso de ruido continuo con 8 horas de trabajo. No obstante, los puestos de trabajo que

demanden fundamentalmente actividad intelectual, o tarea de regulación o de vigilancia, concentración o cálculo, no excederán de 70 decibeles de ruido".

En el Art. 55 literal 7), manifiesta textualmente lo siguiente: "Para el caso de ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibeles con el filtro "A" en posición lenta, que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición, como lo muestran los datos de la Tabla AVI.2

Tabla AVI.2. Tiempo de exposición por jornada/hora

Nivel Sonoro (dBA (A - lento)	Tiempo de exposición por jornada/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0,25
115	0,125

(República del Ecuador, 1986, p. 25)

En la anterior Tabla en donde se indican distintos niveles sonoros con sus respectivos tiempos máximos de exposición por horas, corresponden a exposiciones continuas equivalentes en que la dosis de ruido diaria (D) es igual a 1.

Para ruidos continuos intermitentes, se debe considerarse el efecto combinado de aquellos niveles sonoros que son iguales o que excedan de 85 dBA, para lo cual se debe calcular la Dosis de Ruido Diaria (D), de acuerdo a la siguiente fórmula y no debe ser mayor de 1, como se presenta en la ecuación AV.1

$$D = \frac{C1}{T1} + \frac{C2}{T2} + \frac{C3}{T3} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \frac{Cn}{Tn} \qquad \text{[AVI.1]}$$

Donde:

C = Tiempo total de exposición a un nivel sonoro específico.

T = Tiempo total permitido a ese nivel.

Adicional en este mismo artículo 7, manifiesta sobre el ruido de impacto, que es "aquél cuya frecuencia de impulso no sobrepasa de un impacto por segundo y aquél cuya frecuencia sea superior, se considera continuo".

"Los niveles de presión sonora máxima de exposición por jornada de trabajo de 8 horas dependerá del número total de impactos en dicho período", como lo muestra los datos presentados en la Tabla AVI.3.

Tabla AVI.3. Número de impulsos o impactos por jornada de 8 horas y su nivel de presión sonora máxima dBA

Número de Impulsos o impactos por jornada de 8 horas	Nivel de presión sonora máxima (dBA)
100	140
500	135
1000	130
5000	125
10000	120

(República del Ecuador, 1986, p. 26)

- **Reglamento de Prevención de la Contaminación Ambiental por Ruido. A.M. No. 7789. RO/ 560 de 12 de Noviembre de 1990**

Este reglamento establece lo siguiente:

Art. 7.- "Los ruidos y vibraciones producidas por máquinas, equipos o herramientas industriales se evitarán o reducirán: En primer lugar en su generación, en segundo término en su emisión y finalmente en su propagación en los locales de trabajo".

Art. 17.- "Para efectos de prevenir y controlar la contaminación ambiental por ruido proveniente de otras fuentes fijas, tales como talleres, fábricas, comercios, etc., no

se deberán producir ruidos que excedan los niveles y horarios establecidos en el Manual Operativo".

Art. 20.- "Los procesos industriales y máquinas que produzcan ruido sobre los 85 dBA en el ambiente de los talleres, deberán ser aislados adecuadamente y se protegerán paredes y suelos con materiales no conductores de sonido. Las máquinas se instalarán sobre plataformas aisladas y mecanismos de disminución de la vibración, reduciendo la exposición al menor número de trabajadores y durante el tiempo indispensable".

Art. 21.- "Es responsabilidad del empresario o dueño de la industria aplicar las medidas técnicas, administrativas y normativas recomendadas por los organismos competentes a fin de controlar el ruido".

- **República del Ecuador. 2001.** ***Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador: Decreto 1215, Registro Oficial N° 265.*** **Quito, Ecuador**

Este reglamento establece lo siguiente:

Art. 22. - Límites de ruido. - Los límites permisibles para emisión de ruidos estarán sometidos a lo dispuesto en la siguiente Tabla AVI.4.

Tabla AVI.4. Tiempo de exposición por jornada/hora

Duración diaria por horas	Nivel de Ruido (dBA)
16	80
8	85
4	90
2	95
1	100
0,5	105
0,25	110

(República del Ecuador., 2001, pág. 55)

- **Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo, 2011 c, "Resolución N° C.C. 390", Quito, Ecuador**

Este reglamento, en el artículo 51, "establece la obligatoriedad de implementar un sistema de gestión de Seguridad y Salud en el trabajo", dentro de este sistema se detalla en el literal b) "la implementación de la gestión técnica que implica la identificación de factores de riesgo, medición de factores de riesgo, evaluación de factores de riesgo, control operativo integral y vigilancia ambiental y de la salud".

- **Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). Seguro General de Riesgos del Trabajo. Resolución 957, 2005, "Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo", Quito, Ecuador**

Este reglamento, en el artículo 1, establece la obligatoriedad de implementar un sistema de gestión de Seguridad y Salud en el trabajo, dentro de este sistema se detalla en el literal b) la implementación de la gestión técnica que implica la identificación de factores de riesgo, evaluación de factores de riesgo, control de factores de riesgo y seguimiento de medidas de control.

Artículo 4. Manifiesta textualmente lo siguiente:
"El Servicio de Salud en el Trabajo tendrá un carácter esencialmente preventivo y podrá conformarse de manera multidisciplinaria. Brindará asesoría al empleador, a los trabajadores y a sus representantes en la empresa en los siguientes rubros":
a) "Establecimiento y conservación de un medio ambiente de trabajo digno, seguro y sano que favorezca la capacidad física, mental y social de los trabajadores temporales y permanentes".

Artículo 5. Manifiesta textualmente lo siguiente:
"El Servicio de Salud en el Trabajo deberá cumplir con las siguientes funciones":
b) "Proponer el método para la identificación, evaluación y control de los factores de riesgos que puedan afectar a la salud en el lugar de trabajo".

- **Municipio del Distrito Metropolitano de Quito. Dirección Metropolitana Ambiental, 2008, "Normas Técnicas para la aplicación de la codificación del título V, "de la prevención y control del medio ambiente", Resolución Nº 0002-DMA-2008, Quito, Ecuador**

Esta norma establece lo siguiente:

En el numeral 5, Límites máximos permitidos, literal 5.1. "Establece el nivel de ruido máximo permisible en fuentes fijas no podrá transgredir los horarios ni exceder los niveles máximos expresados en dBA(A)", estos los límites máximos permitidos están de acuerdo al tipo de zona según el uso del suelo, en dos horarios distintos (06H00 am a 20H00 pm y de 20H00 pm a 06H00 am), como lo muestra los datos presentados en la Tabla AVI.5

Tabla AVI.5 Nivel de Presión Sonora Equivalente de acuerdo al tipo de zona

TIPO DE ZONA SEGÚN USO DEL SUELO	NIVEL DE PRESIÓN SONORA EQUIVALENTE: NPSeq (dBA)	
	DE 06H00 A 20H00	DE 20H00 A 06H00
Zona de Equipamientos y Protección	45	35
Zona Residencial	50	40
Zona Residencial Múltiple	55	45
Zona Comercial	60	50
Zona Industrial 1	60	50
Zona Industrial 2	65	55
Zona Industrial 3, 4, 5	70	60

(Dirección Metropolitana Ambiental, 2008, Pág. 14)

A continuación, se detallan, los tipos de zonas mencionadas en la Tabla AVI.5:

- ✓ **Zona de Equipamientos y Protección**

"Equipamientos se refiere al suelo destinado a actividades e instalaciones que generen bienes y servicios que posibiliten la recreación, cultura, salud, educación,

transporte, servicios públicos e infraestructura. Uso de Protección Ecológica, es el suelo destinado al mantenimiento o recuperación de ecosistemas por razones de calidad ambiental y de equilibrio ecológico".

- ✓ **Zona Residencial Múltiple**

"Corresponde a áreas de centralidad en las que coexisten residencia, comercio, industria de bajo y mediano impacto, servicios y equipamientos compatibles o condicionados".

- ✓ **Zona Industrial 2**

"Industria de tipología de mediano impacto ambiental".

- ✓ **Zona Industrial 3, 4, 5**

"Industria de tipología de alto impacto, peligrosa y mixta".

En el art. 6, manifiesta sobre los requisitos para la medición y en el art. 7 manifiesta la medición de ruido de fuentes fijas.

- ➢ **Consejo del Distrito Metropolitano de Quito, 2005, "La ordenanza sustitutiva del Título V, Del Medio Ambiente, Libro II del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito", Quito, Ecuador**

Esta ordenanza municipal, establece lo siguiente:
Dentro de esta ordenanza municipal, en la sección III De la emisión de ruido por fuentes fijas, en el art. II.362, "el Municipio Metropolitano de Quito, a través de la Dirección Metropolitana de Medio Ambiente y de las unidades ambientales zonales

dentro de sus ámbitos de competencia, realizará los estudios e investigaciones necesarias para":

Literal I.- "los efectos molestos y peligrosos en las personas, producidos por la contaminación generada por emisiones de ruido".
Literal II.- "la planeación, los programas, reglamentos, las normas que deban ponerse en práctica para prevenir y controlar las causas de la contaminación originada por la emisión de ruido".
En el art. II. 363, establece, "los responsables de las fuentes emisoras de ruido, deberán proporcionar a las autoridades competentes la información que se les requiera, respecto a la emisión de ruido contaminante, de acuerdo con las disposiciones en el capítulo II, de la prevención y control de la contaminación producida por ruido".

ANEXO VII

RESULTADOS DE AUDIOMETRÍAS

A continuación se presentan solo 4 de 21 resultados de audiometrías de personal de fabricación, las mismas que son anónimas, valoradas por el Dr. Enrique Yerovi Garcés con código MAT-484-CMP-1363 a través del Consorcio Biodilab.

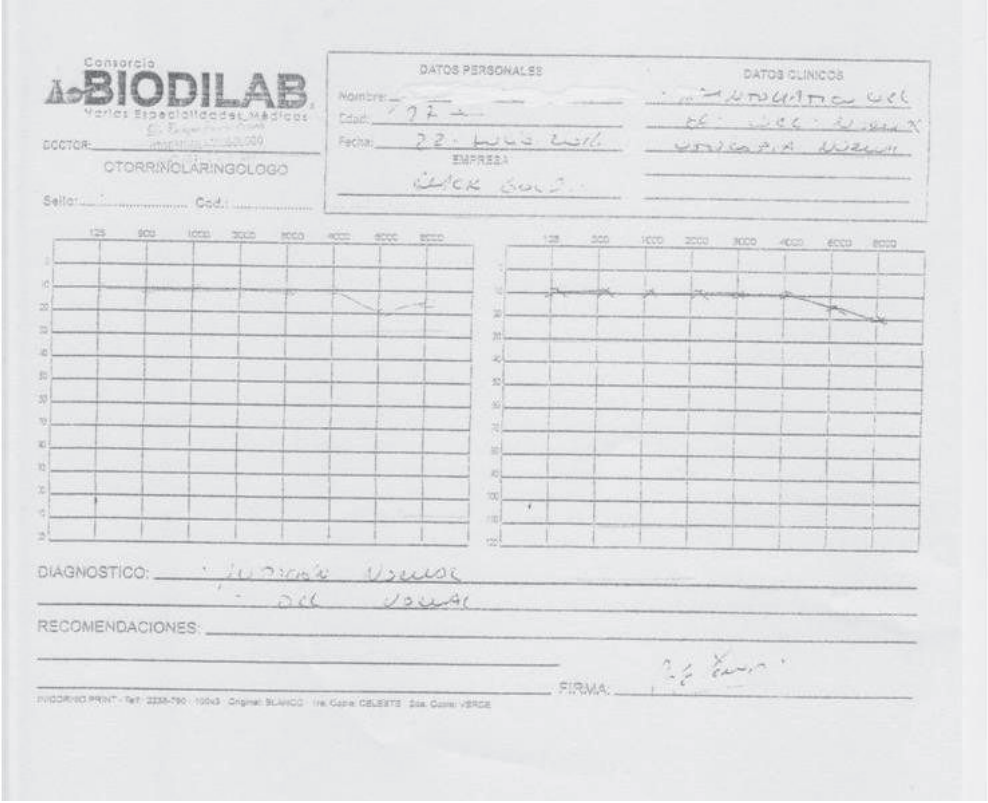


Figura AVII.1. Resultado audiométrico practicado a un trabajador de 27 años

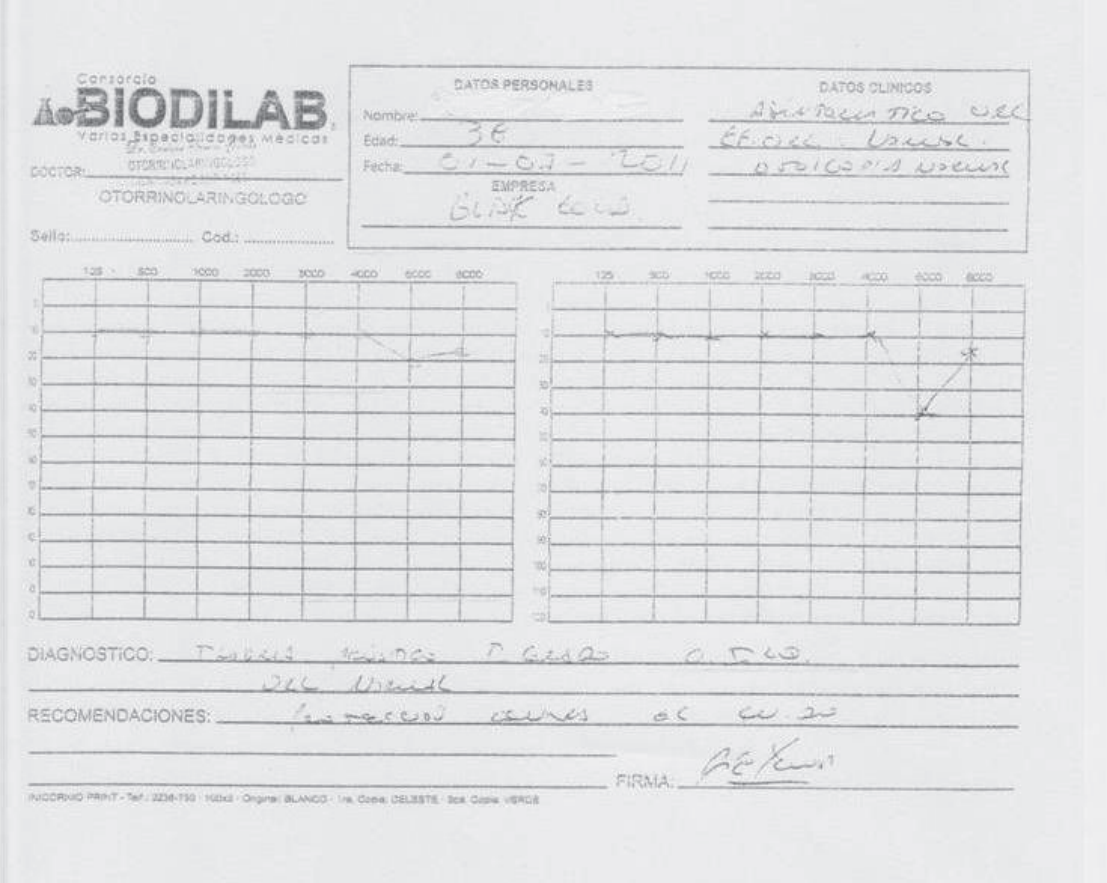


Figura AVII.2. Resultado audiométrico practicado a un trabajador de 38 años

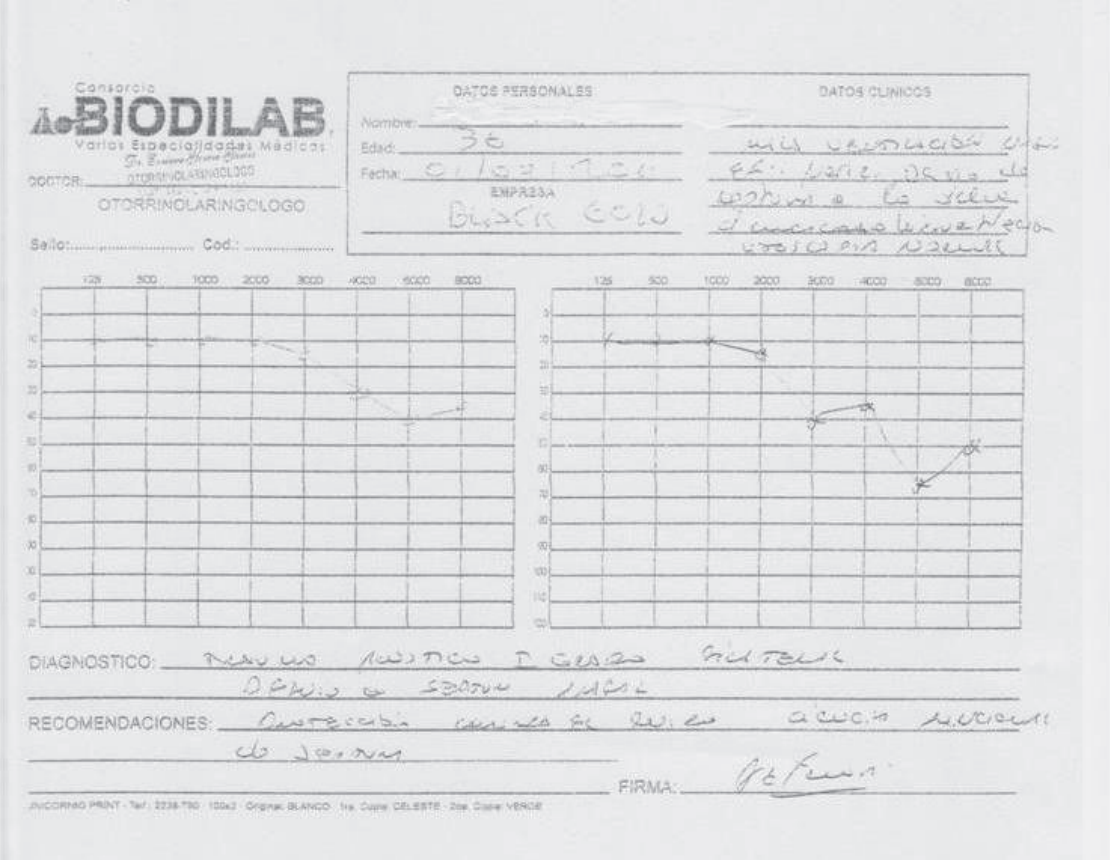


Figura AVII.3. Resultado audiométrico practicado a un trabajador de 38 años

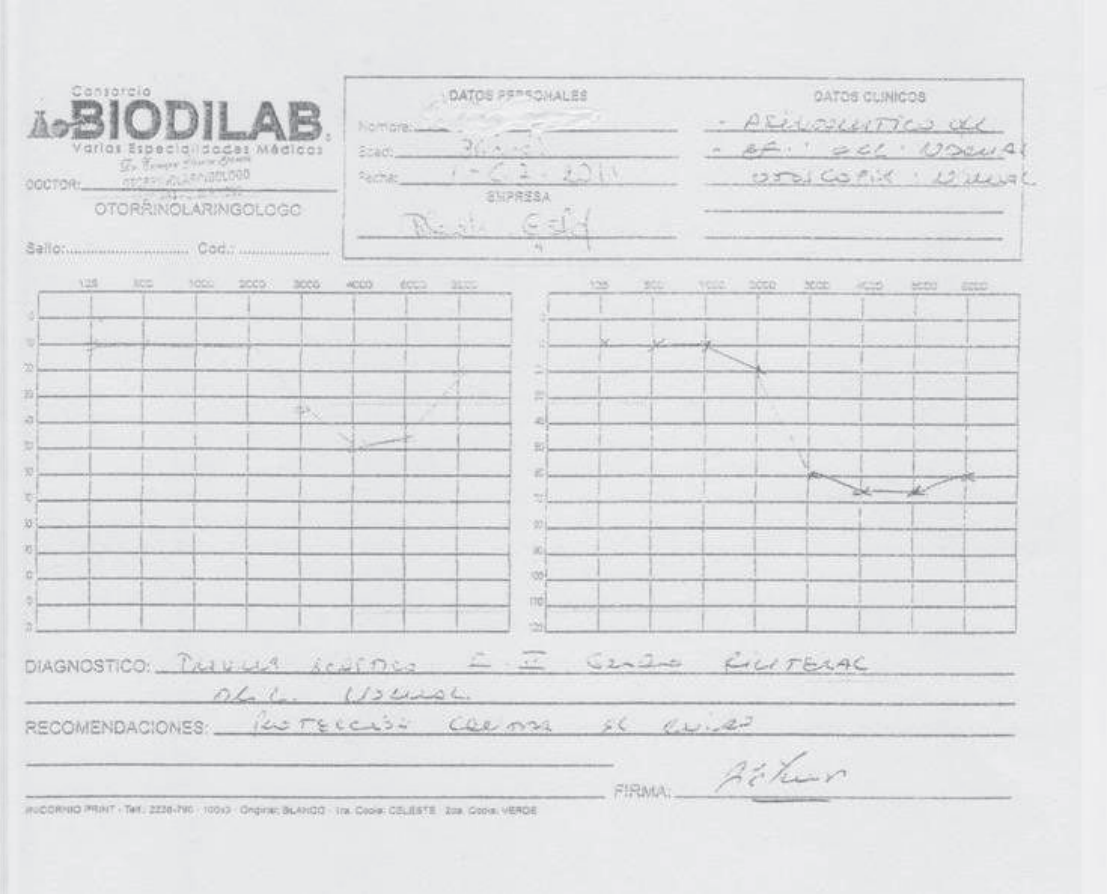


Figura AVII.4. Resultado audiométrico practicado a un trabajador de 36 años

ANEXO VIII

FICHAS TÉCNICAS DEL MATERIAL ACÚSTICO

FONAC
MATERIALES ACUSTICOS

fonoabsorbentes

Baffles

Fonoabsorbentes para control de ruido ambiental

Descripción del producto:

Los Baffles Acústicos Fonac tienen una elevada absorción sonora producto de su propia capacidad fonoabsorbente más y el incremento que surge de las reflexiones de onda entre sus caras absorbentes enfrentadas.
Especialmente desarrolladas para responder a diversos requerimientos en acústica arquitectónica y control de ruido industrial, ofrecen la opción más conveniente para la reducción de niveles sonoros no deseados en recintos de grandes dimensiones.
Al mismo tiempo logran la disminución de los tiempos de reverberación, cubriendo las necesidades de acondicionamiento acústico-ambiental.

Campo de aplicación:

Desarrollados para resolver problemas acústicos en diversos lugares como gimnasios, patios escolares, clubes, salas industriales y shoppings; resultan la solución ideal para los casos de tratamiento en espacios con techos parabólicos.
También la configuración en baffles es muy corriente en el sector de la industria alimentaria, plantas embotelladoras, de embalaje y en general allí donde los tratamientos individuales máquina a máquina son inviables.

Ventajas y beneficios:

Los tratamientos acústicos con los Baffles Fonoabsorbentes Fonac representan reducciones de entre 3 a 6 dB (A) de atenuación sonora y variaciones sustanciales del tiempo de reverberación.
Los Baffles Acústicos Fonac son fáciles de instalar y superan la performance de un cielorraso acústico tradicional. Por su liviandad, se suspenden fácilmente de cualquier tipo de estructura de techo por medio de alambres tensados horizontalmente.
Pueden integrarse perfectamente con los sistemas de iluminación o de aire acondicionado.

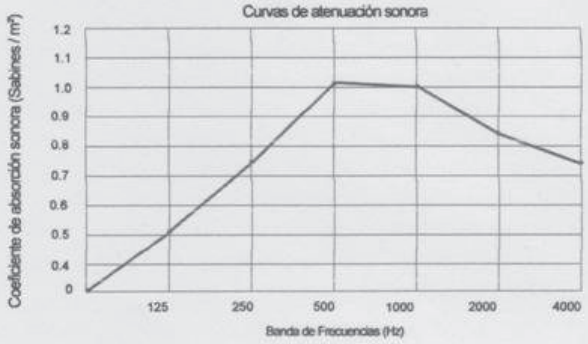
Figura AVIII.1. Ficha técnica fonoabsorbente para control de ruido ambiental. Página 1 de 2

FONAC®

Baffles

fonoabsorbentes

Prestación acústica



Ensayos de absorción sonora realizados en el Laboratorio de Acústica y Luminotécnica (LAL), de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires.

Coeficiente de absorción sonora en sabines/m²

Bandas de Frecuencias (Hz)					
125	250	500	1000	2000	4000
0,52	0,75	1,05	1,00	0,85	0,75

Especificaciones Técnicas

Dimensiones	1,20 x 0,60 m
Espesor nominal	50 mm
Densidad absorbente sobre modelo	32 kg/m³
Peso de cada Baffle	Aprox. 1 kg

Esquemas de Instalación

Con distribución paralela

Con distribución cuadrada

Con distribución cruzada

Importante:
- Los datos en el presente documento son indicativos y se refieren a ensayos de laboratorio bajo condiciones de norma.
- Debido a los componentes y proceso de fabricación, podrían observarse variaciones de tonalidad aún en materiales de una misma partida.
- Por cualquier aclaración o ampliación consulte a nuestro departamento de atención al cliente.

Condiciones de almacenamiento:
- Los materiales FONAC deben almacenarse en lugar seco, protegidos de la humedad y de la acción directa o indirecta del sol.
- Preservar el material en su envase hasta su uso.

Para mayor información:
soporte@sonoflex.com

SONOFLEX
Especialistas en confort acústico

En Argentina www.sonoflex.com
En Chile www.sonoflex.cl

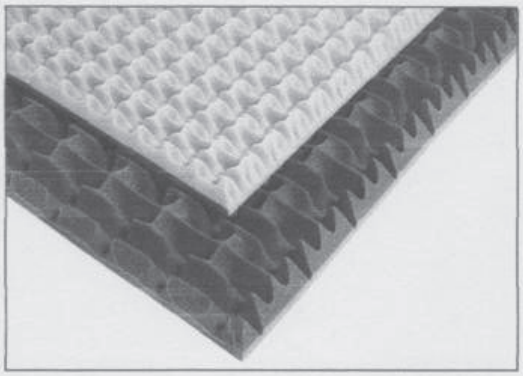
Figura AVIII.2. Ficha técnica fonoabsorbente para control de ruido ambiental. Página 2 de 2

FONAC®
MATERIALES ACUSTICOS

fonoabsorbentes

Economy

Placas Fonoabsorbentes con cuñas anecoicas.



Descripción del producto:

Fonoabsorbentes fabricados con espuma de poliuretano polieter con terminación de cuñas anecoicas de exclusivo diseño, preparadas para obtener la máxima prestación acústica en sonido profesional.
FONAC® Eco es la línea más económica de los productos **FONAC®**, de muy buena prestación, costo accesible y tratado con retardante de llamas.

Campo de aplicación:

Son utilizadas como revestimiento a la vista para el tratamiento acústico en paredes o techos; especialmente indicadas para el tratamiento de ambientes ruidosos en general.
Es recomendada para sitios de bajo riesgo de fuego, tratamientos temporarios o instalaciones provisorias. Al instalarlos se logra disminuir los niveles de ruido interno creando lugares más íntimos y relajados.
Los usos propuestos en la presente ficha técnica son indicativos y están sujetos al criterio del profesional a cargo, en todos los casos se deberá verificar la normativa local al respecto.

Ventaja y beneficios:

Alto coeficiente de absorción sonora. Bajo costo. Buena terminación en forma de cuñas anecoicas. Mayor resistencia a la tracción. Agradable estética. Se fijan fácilmente con adhesivo de contacto **FONAC®**. Pueden ser pintadas. Livianas, fáciles de transportar e instalar. Se cortan de forma muy sencilla. No desprenden partículas nocivas. No se desgranan. No toman olor.

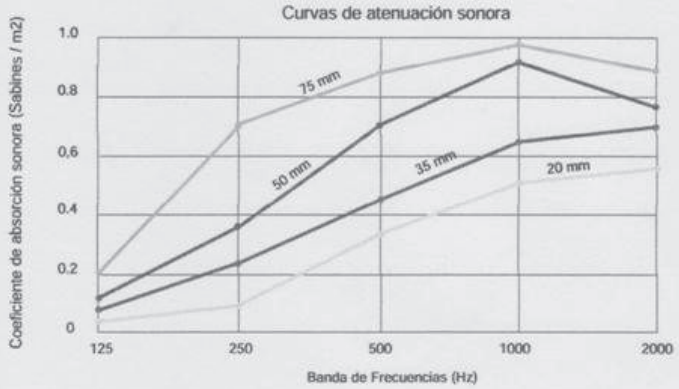
Figura AVIII.3. Ficha técnica placas fonoabsorbente con cuñas anecoicas. Página 1 de 2

FONAC®

Economy

fonoabsorbentes

Prestación acústica



Ensayos de absorción sonora realizados en el Centro de Investigación en Acústica - CINAC, del Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, por el método de la cámara reverberante.

Coeficiente de absorción sonora en sabines/m²

Espesor	Bandas de Frecuencias (Hz)				
(mm)	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
20	0.05	0.10	0.32	0.50	0.57
35	0.11	0.24	0.43	0.64	0.68
50	0.13	0.38	0.70	0.91	0.76
75	0.20	0.67	0.86	0.98	0.88

Características Técnicas

Densidad (kg/m³)	28
Resist. Tracción (kg/cm²)	84
Flamabilidad*	IRAM 13257

* Solicitar ensayos a pedidos@sonoflex.com

Presentación

Dimensiones (cm)	61 x 61 - 61 x 122
Superficie Vista	Cuñas anecoicas
Espesor Nominal (mm)	20 - 35 - 50 - 75
Color Base	Grafito - beige
Tolerancia	+/- 5%

Importante:

- Los datos en el presente documento son indicativos y se refieren a ensayos de laboratorio bajo condiciones de norma.
- Debido a los componentes y proceso de fabricación, podrían observarse variaciones de tonalidad aún en materiales de una misma partida.
- Por cualquier aclaración o ampliación consulte a nuestro departamento de atención al cliente.

Condiciones de almacenamiento:

- Los materiales FONAC deben almacenarse en lugar seco, al abrigo de la humedad y protegidos de la acción directa o indirecta del sol.
- Preservar el material en su envase hasta su uso.
- Altura máxima por pallet: 12 bultos.

Para mayor información:
atencionalcliente@sonoflex.com

SONOFLEX
Especialistas en confort acústico

En Argentina www.sonoflex.com
En Chile www.sonoflex.cl

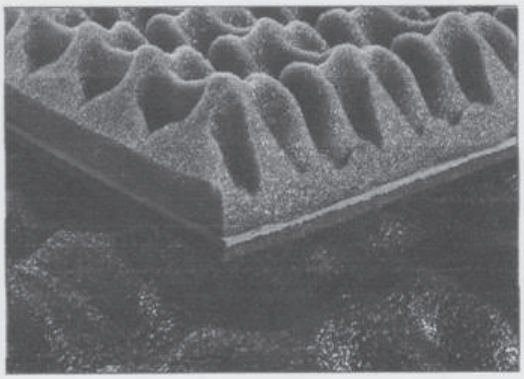
Figura AVIII.4. Ficha técnica placas fonoabsorbente con cuñas anecoicas. Página 2 de 2

FONAC®
MATERIALES ACUSTICOS

composites

Composite Conformado

Placas doble función: aislación y absorción sonora.



Descripción del Producto:

Revestimiento acústico de elevada prestación, para reforzar la aislación y a la vez absorber los sonidos dentro de un recinto. Material compuesto con una capa fonoabsorbente de espuma de poliuretano poliéster con teminación de cuñas anecoicas, una barrera aislante de vinilo de alta densidad y una tercera capa de desacople con espuma de poliuretano poliéter.
Se presenta en sus dos versiones, sin revestimiento o con terminación en el exclusivo film PU.

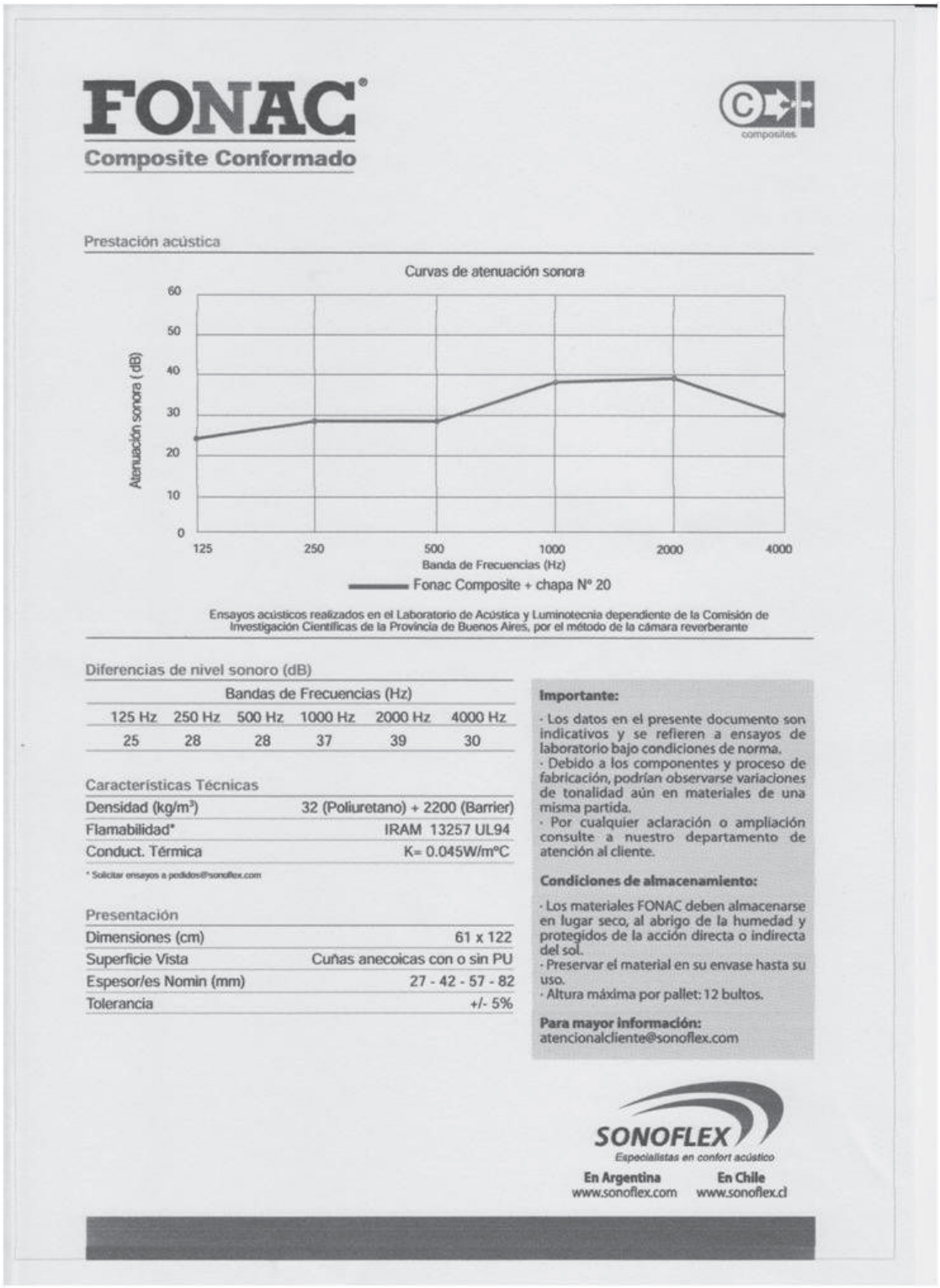
Campo de aplicación:

Se lo utiliza para el tratamiento acústico en particiones débiles de tabiques o cielorrasos; en encabinado de máquinas, compresores y motores, en embarcaciones y en todo ambiente donde sea necesario atenuar el nivel sonoro interior y a la vez evitar su propagación.
Los usos propuestos en la presente ficha técnica son indicativos y están sujetos al criterio del profesional a cargo, en todos los casos se deberá verificar la normativa local al respecto.

Ventajas y beneficios:

Absorción y aislación en un único producto. Excelente terminación estética. Se pegan fácilmente con adhesivo de contacto **FONAC®**. Fáciles de transportar e instalar. No toman olor. Excelente coeficiente de aislación acústica. Temperatura de trabajo: -10° C a 80° C. No fluye. No se derrite. No gotea. No mancha. No se quiebra. No necesita estar instalado entre otros materiales placas o paneles. Se corta fácilmente. No desprende partículas nocivas. No se desgrana.
Ventajas adicionales del vinilo de alta densidad: mayor resistencia a la tracción, al corte y a las deformaciones. Prácticante inerte a los agentes químicos. Insoluble a la mayoría de los solventes orgánicos. Material no contaminante. No contiene sustancias volátiles.

Figura AVIII.5. Ficha técnica placas doble función aislación y absorción sonora. Página 1 de 2



FONAC®

Composite Conformado

composites

Prestación acústica

Curvas de atenuación sonora

Ensayos acústicos realizados en el Laboratorio de Acústica y Luminotecnia dependiente de la Comisión de Investigación Científicas de la Provincia de Buenos Aires, por el método de la cámara reverberante

Diferencias de nivel sonoro (dB)

Bandas de Frecuencias (Hz)					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
25	28	28	37	39	30

Características Técnicas

Densidad (kg/m³)	32 (Poliuretano) + 2200 (Barrier)
Flamabilidad*	IRAM 13257 UL94
Conduct. Térmica	K= 0.045W/m°C

* Solicitar ensayos a pedidos@sonoflex.com

Presentación

Dimensiones (cm)	61 x 122
Superficie Vista	Cuñas anecoicas con o sin PU
Espesor/es Nomin (mm)	27 - 42 - 57 - 82
Tolerancia	+/- 5%

Importante:

· Los datos en el presente documento son indicativos y se refieren a ensayos de laboratorio bajo condiciones de norma.
· Debido a los componentes y proceso de fabricación, podrían observarse variaciones de tonalidad aún en materiales de una misma partida.
· Por cualquier aclaración o ampliación consulte a nuestro departamento de atención al cliente.

Condiciones de almacenamiento:

· Los materiales FONAC deben almacenarse en lugar seco, al abrigo de la humedad y protegidos de la acción directa o indirecta del sol.
· Preservar el material en su envase hasta su uso.
· Altura máxima por pallet: 12 bultos.

Para mayor información:
atencionalcliente@sonoflex.com

SONOFLEX

Especialistas en confort acústico

En Argentina www.sonoflex.com **En Chile** www.sonoflex.cl

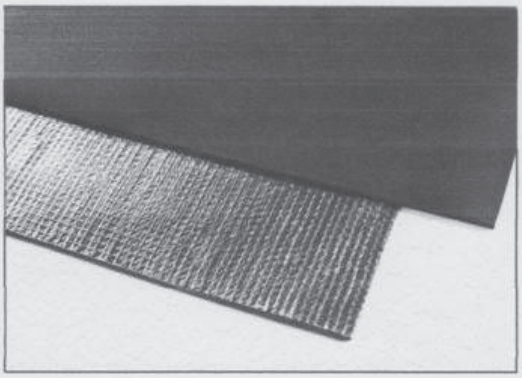
Figura AVIII.6. Ficha técnica placas doble función aislación y absorción sonora. Página 2 de 2

FONAC®
MATERIALES ACUSTICOS

aislantes

Bicapa

Aislante acústico multipropósito con capa de desacople.



Descripción del producto:

Aislante acústico multipropósito compuesto por una lámina de vinilo de alta densidad al que se le fusiona una espuma de poliuretano poliéter que actúa como desacople. Posee un elevado índice de aislación sonora para un amplio rango de frecuencias.
Es provisto con terminación en color verde o con aluminio reforzado.

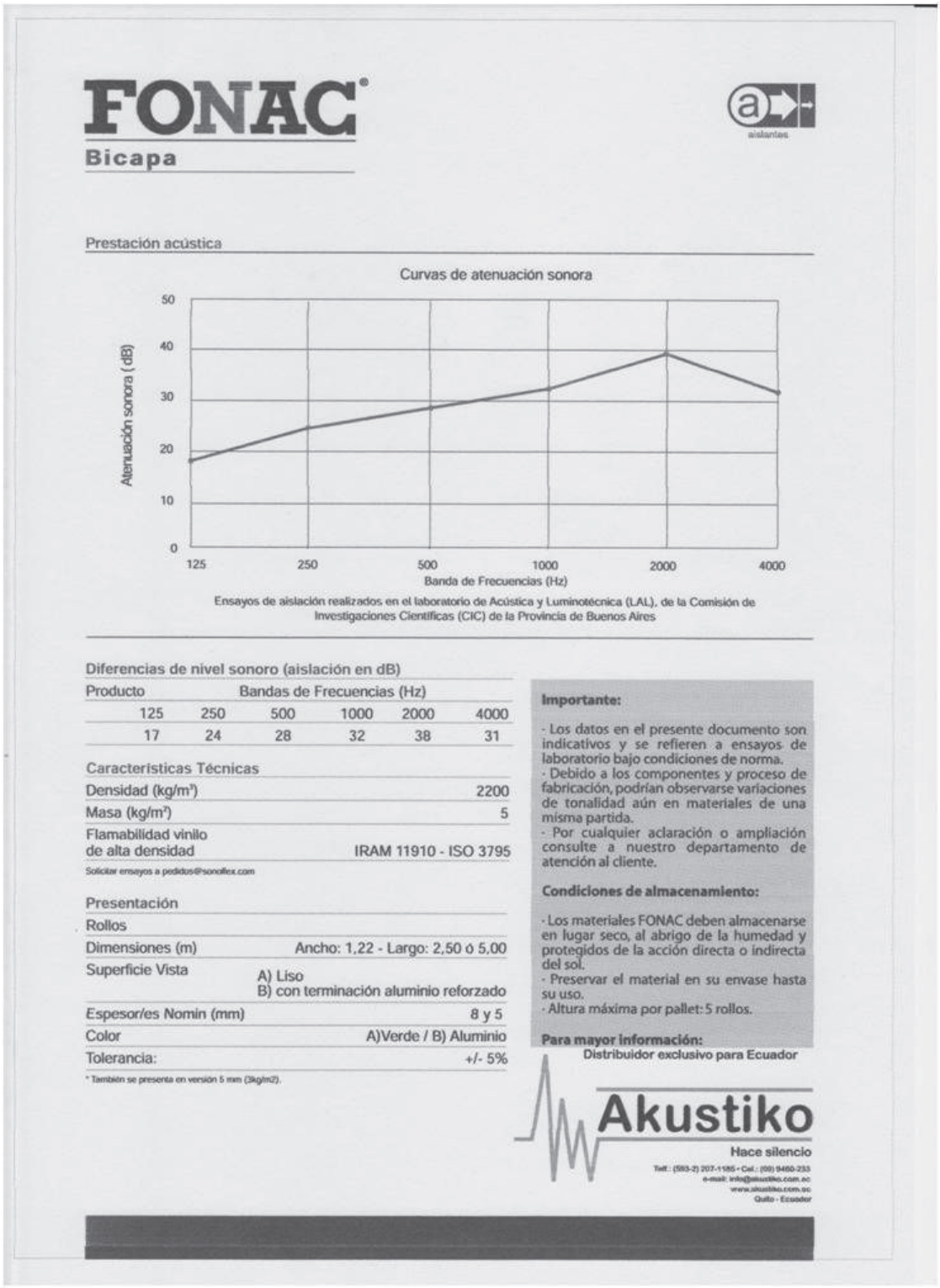
Campo de aplicación:

El **FONAC® Bicapa** reduce la transmisión de ruido. En encabinados de máquinas, motores y compresores y para revestir cañerías que transmiten ruido así como en: particiones acústicamente débiles por donde se transmite el ruido de un ambiente a otro, paredes delgadas livianas, refuerzo de tabiques divisorios y construcciones en seco.
Los usos propuestos en la presente ficha técnica son indicativos y están sujetos al criterio del profesional a cargo, en todos los casos se deberá verificar la normativa local al respecto.

Ventajas y beneficios:

Excelente aislación acústica con mínimo espesor. Temperatura de trabajo: -10º C a 80º C . No fluye. No se derrite. No gotea. No mancha. No se quiebra. Rápida y fácil instalación. No necesita estar instalado entre otros materiales placas o paneles. Se puede pegar con adhesivo de contacto **FONAC®**. Se corta fácilmente. No desprende partículas nocivas. No se desgrana. Imputrescible. Lavable. Ventajas adicionales del vinilo de alta densidad: mayor resistencia a la tracción, al corte y a las deformaciones. Prácticamente inerte a los agentes químicos. Insoluble a la mayoría de los solventes orgánicos. Material no contaminante. No contiene sustancias volátiles.

Figura AVIII.7. Ficha técnica aislante acústico multipropósito con capa de desacople.
Página 1 de 2



FONAC

Bicapa

aislantes

Prestación acústica

Curvas de atenuación sonora

Ensayos de aislación realizados en el laboratorio de Acústica y Luminotécnica (LAL), de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires

Diferencias de nivel sonoro (aislación en dB)

Producto	Bandas de Frecuencias (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
	17	24	28	32	38	31

Características Técnicas

Densidad (kg/m³)	2200
Masa (kg/m²)	5
Flamabilidad vinilo de alta densidad	IRAM 11910 - ISO 3795

Solicitar ensayos a pedidos@sonoflex.com

Presentación

Rollos	
Dimensiones (m)	Ancho: 1,22 - Largo: 2,50 ó 5,00
Superficie Vista	A) Liso B) con terminación aluminio reforzado
Espesor/es Nomin (mm)	8 y 5
Color	A)Verde / B) Aluminio
Tolerancia:	+/- 5%

* También se presenta en versión 5 mm (3kg/m2).

Importante:

- Los datos en el presente documento son indicativos y se refieren a ensayos de laboratorio bajo condiciones de norma.
- Debido a los componentes y proceso de fabricación, podrían observarse variaciones de tonalidad aún en materiales de una misma partida.
- Por cualquier aclaración o ampliación consulte a nuestro departamento de atención al cliente.

Condiciones de almacenamiento:

- Los materiales FONAC deben almacenarse en lugar seco, al abrigo de la humedad y protegidos de la acción directa o indirecta del sol.
- Preservar el material en su envase hasta su uso.
- Altura máxima por pallet: 5 rollos.

Para mayor información:

Distribuidor exclusivo para Ecuador

Akustiko

Hace silencio

Telf.: (593-2) 207-1185 - Cel.: (09) 9460-233
e-mail: info@akustiko.com.ec
www.akustiko.com.ec
Quito - Ecuador

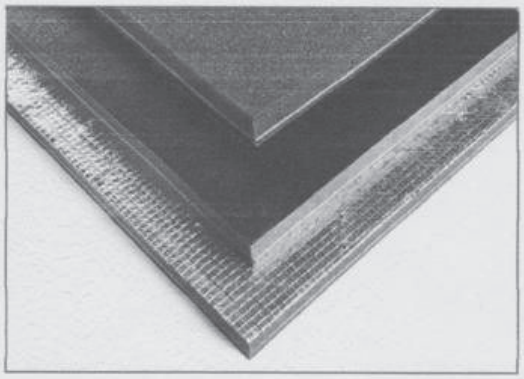
Figura AVIII.8. Ficha técnica aislante acústico multipropósito con capa de desacople. Página 2 de 2

FONAC®
MATERIALES ACUSTICOS

composites

Composite Liso

Placas doble función: aislación y absorción sonora.



Descripción del producto:

Revestimiento acústico de elevada prestación, para reforzar la aislación y a la vez absorber los sonidos dentro del recinto. Material compuesto por una capa lisa fonoabsorbente de espuma de poliuretano poliéster, una barrera aislante de vinilo de alta densidad y una tercera capa de desacople en espuma de poliuretano poliéter.

Se produce en tres versiones: sin revestimiento, revestidos con el exclusivo film PU ó con terminación de aluminio reforzado. Estas dos últimas versiones lo hacen lavable, antiadherente y apto para obtener la máxima prestación acústica en ambientes húmedos, sucios o donde se requiera de especiales condiciones de higiene y asepsia.

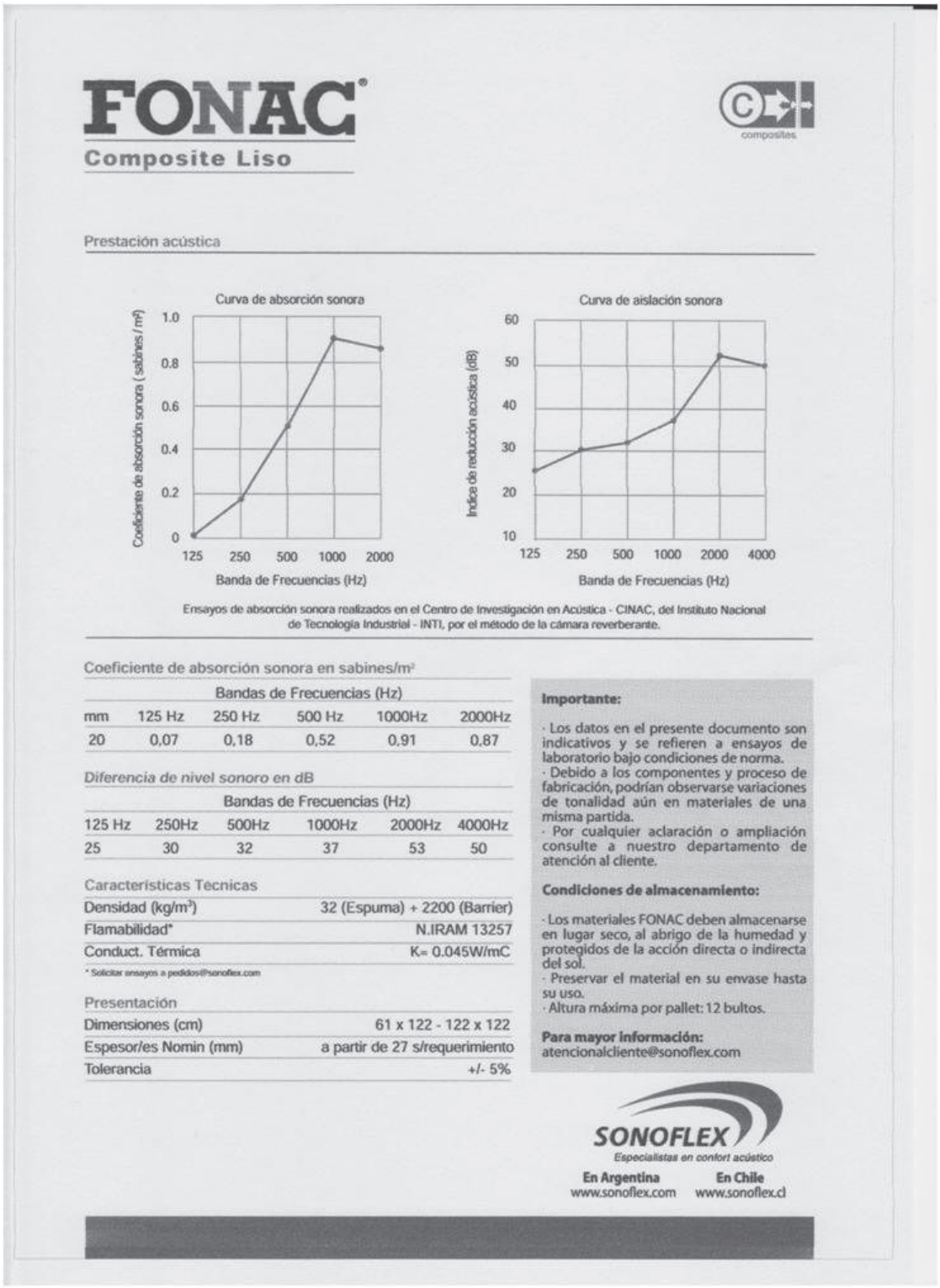
Campo de aplicación:

Se lo utiliza para el tratamiento acústico en encabinados de máquinas, compresores y motores, en embarcaciones y en todo ambiente donde sea necesario atenuar el nivel sonoro interior y a la vez evitar la propagación.
Los usos propuestos en la presente ficha técnica son indicativos y están sujetos al criterio del profesional a cargo, en todos los casos se deberá verificar la normativa local al respecto.

Ventajas y beneficios:

Abosorción y aislación en un único producto. Excelente terminación estética. Se pegan fácilmente con adhesivo de contacto **FONAC®**. Livianas, fáciles de transportar e instalar. No sueltan partículas nocivas. No toman olor. Excelente coeficiente de aislación acústica con mínimo espesor. Temperatura de trabajo: -10° C a 80° C. No fluye. No se derrite. No gotea. No mancha. No se quiebra. No necesita estar instalado entre otros materiales, placas o paneles. Se corta fácilmente. Ventajas adicionales del vinilo de alta densidad: mayor resistencia a la tracción, al corte y a las deformaciones. Prácticante inerte a los agentes quimicos. Insoluble a la mayoría de los solventes orgánicos. Material no contaminante. No contiene sustancias volátiles.

Figura AVIII.9. Ficha técnica placa doble función aislación y absorción sonora. Página 1 de 2



FONAC

Composite Liso

composites

Prestación acústica

Curva de absorción sonora

Curva de aislación sonora

Ensayos de absorción sonora realizados en el Centro de Investigación en Acústica - CINAC, del Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI, por el método de la cámara reverberante.

Coeficiente de absorción sonora en sabines/m²

	Bandas de Frecuencias (Hz)				
mm	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000Hz	2000Hz
20	0,07	0,18	0,52	0,91	0,87

Diferencia de nivel sonoro en dB

	Bandas de Frecuencias (Hz)				
125 Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
25	30	32	37	53	50

Características Técnicas

Densidad (kg/m³)	32 (Espuma) + 2200 (Barrier)
Flamabilidad*	N.IRAM 13257
Conduct. Térmica	K= 0.045W/mC

* Solicitar ensayos a pedidos@sonoflex.com

Presentación

Dimensiones (cm)	61 x 122 - 122 x 122
Espesor/es Nomin (mm)	a partir de 27 s/requerimiento
Tolerancia	+/- 5%

Importante:

· Los datos en el presente documento son indicativos y se refieren a ensayos de laboratorio bajo condiciones de norma.
· Debido a los componentes y proceso de fabricación, podrían observarse variaciones de tonalidad aún en materiales de una misma partida.
· Por cualquier aclaración o ampliación consulte a nuestro departamento de atención al cliente.

Condiciones de almacenamiento:

· Los materiales FONAC deben almacenarse en lugar seco, al abrigo de la humedad y protegidos de la acción directa o indirecta del sol.
· Preservar el material en su envase hasta su uso.
· Altura máxima por pallet: 12 bultos.

Para mayor información:
atencionalcliente@sonoflex.com

SONOFLEX
Especialistas en confort acústico

En Argentina www.sonoflex.com
En Chile www.sonoflex.cl

Figura AVIII.10. Ficha técnica placa doble función aislación y absorción sonora. Página 2 de 2

FONAC
MATERIALES ACÚSTICOS

aislantes

Barrier

Aislante
acústico
multipropósito.

Descripción del producto:

Aislante acústico multipropósito hecho en vinilo de alta densidad. Posee un elevado índice de aislación sonora para un amplio rango de frecuencias, por ser un material compacto y de gran masa. El **FONAC® Barrier** se presenta en placas para cielorrasos armados o suspendidos y en rollos para paredes, tabiques y cerramientos de oficinas.

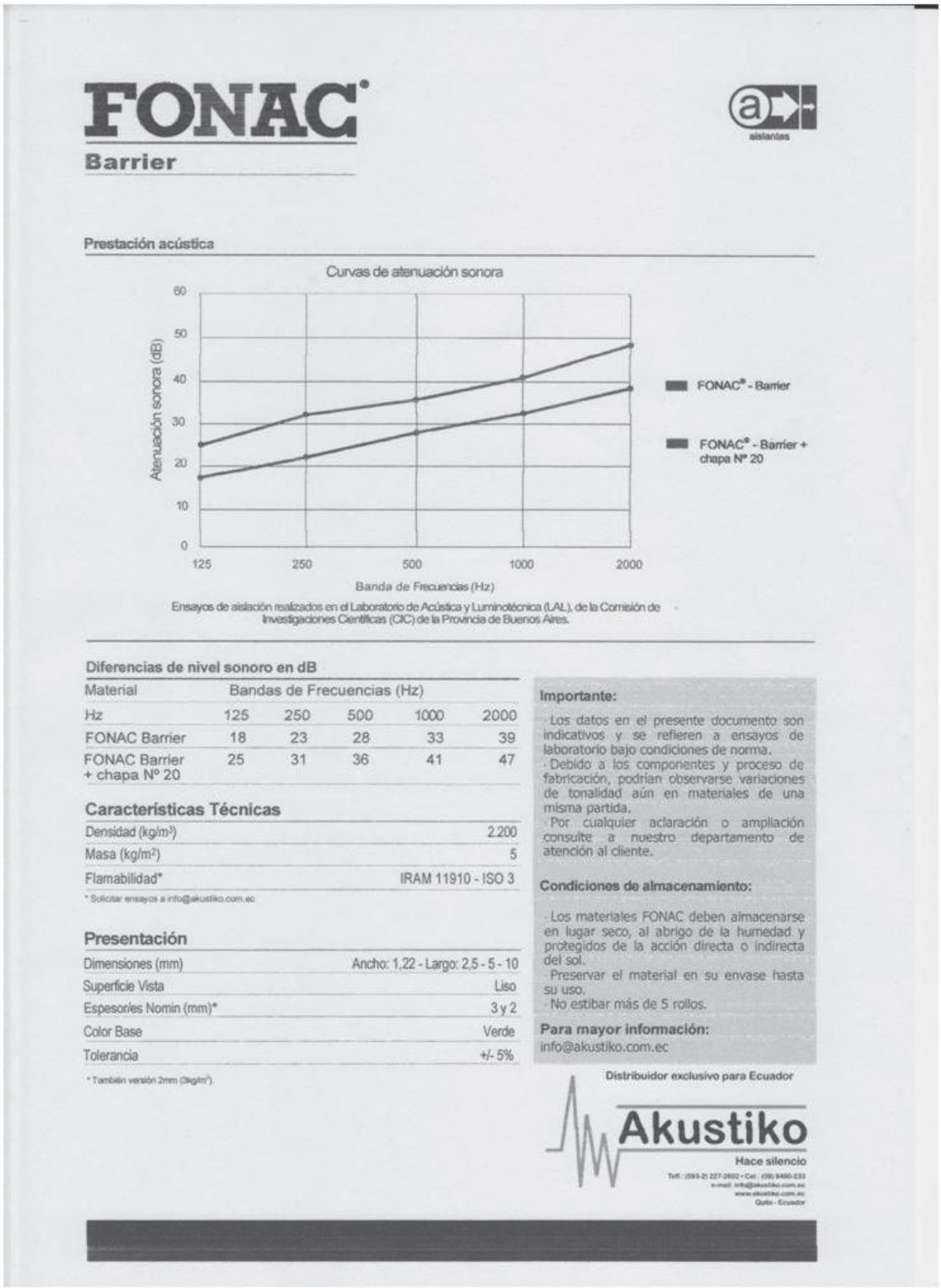
Campo de aplicación:

La construcción de tabiquería divisoria entre locales, sea construida en placa de yeso, ladrillo hueco, tableros de madera o de metal, en general carece de la aislación acústica necesaria. La aplicación de *FONAC® Barrier* brinda una excelente solución, reforzando la aislación en estas particiones acústicamente débiles, disminuyendo la transmisión de los ruidos de un ambiente a otro.
FONAC® Barrier se instala rápida y fácilmente sobre una de las caras del tabique o sobre ambas si se requiere una aislación más exigente.
Indicado para hoteles, teatros, cines, salas de ensayo, restaurantes, locutorios, clínicas, consultorios, oficinas, salas de reunión, etc.
Se aplica en: pantallas acústicas, refuerzo de tabiques divisorios, paredes delgadas livianas, muros de ladrillo hueco, construcciones en seco, sobre cielorrasos livianos, revestimientos de tuberías, encabinado de máquinas, etc.
Los usos propuestos en la presente ficha técnica son indicativos y están sujetos al criterio del profesional a cargo, en todos los casos se deberá verificar la normativa local al respecto.

Ventajas y beneficios:

Excelente aislación acústica con mínimo espesor. Ocupa menos de 3 mm. Rápida y fácil instalación. Se corta fácilmente. Costo accesible. Tempertura de trabajo: -10° C a 80° C. No fluye. No se derrite. No gotea. No mancha. No se quiebra. No necesita estar instalado entre otros materiales, placas ó paneles. Se puede pegar con adhesivo de contacto **FONAC®**. No desprende partículas nocivas. No se desgrana. Imputrescible. Lavable. Ventajas adicionales del vinilo de alta densidad: mayor resistencia a la tracción, al corte y a las deformaciones. Prácticamente inerte a los agentes químicos. Insoluble a la *mayoría de los solventes orgánicos. Material no contaminante. No contiene sustancias volátiles.*

Figura AVIII.11. Ficha técnica aislamiento acústico multipropósito. Página 1 de 2



FONAC®
Barrier

aislantes

Prestación acústica

Curvas de atenuación sonora

Ensayos de aislación realizados en el Laboratorio de Acústica y Luminotécnica (LAL), de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires.

Diferencias de nivel sonoro en dB

Material	Bandas de Frecuencias (Hz)				
Hz	125	250	500	1000	2000
FONAC Barrier	18	23	28	33	39
FONAC Barrier + chapa Nº 20	25	31	36	41	47

Características Técnicas

Densidad (kg/m³)	2.200
Masa (kg/m²)	5
Flamabilidad*	IRAM 11910 - ISO 3

* Solicitar ensayos a info@akustiko.com.ec

Presentación

Dimensiones (mm)	Ancho: 1,22 - Largo: 2,5 - 5 - 10
Superficie Vista	Liso
Espesores Nomin (mm)*	3 y 2
Color Base	Verde
Tolerancia	+/- 5%

* También versión 2mm (3kg/m²).

Importante:

- Los datos en el presente documento son indicativos y se refieren a ensayos de laboratorio bajo condiciones de norma.
- Debido a los componentes y proceso de fabricación, podrían observarse variaciones de tonalidad aún en materiales de una misma partida.
- Por cualquier aclaración o ampliación consulte a nuestro departamento de atención al cliente.

Condiciones de almacenamiento:

- Los materiales FONAC deben almacenarse en lugar seco, al abrigo de la humedad y protegidos de la acción directa o indirecta del sol.
- Preservar el material en su envase hasta su uso.
- No estibar más de 5 rollos.

Para mayor información:
info@akustiko.com.ec

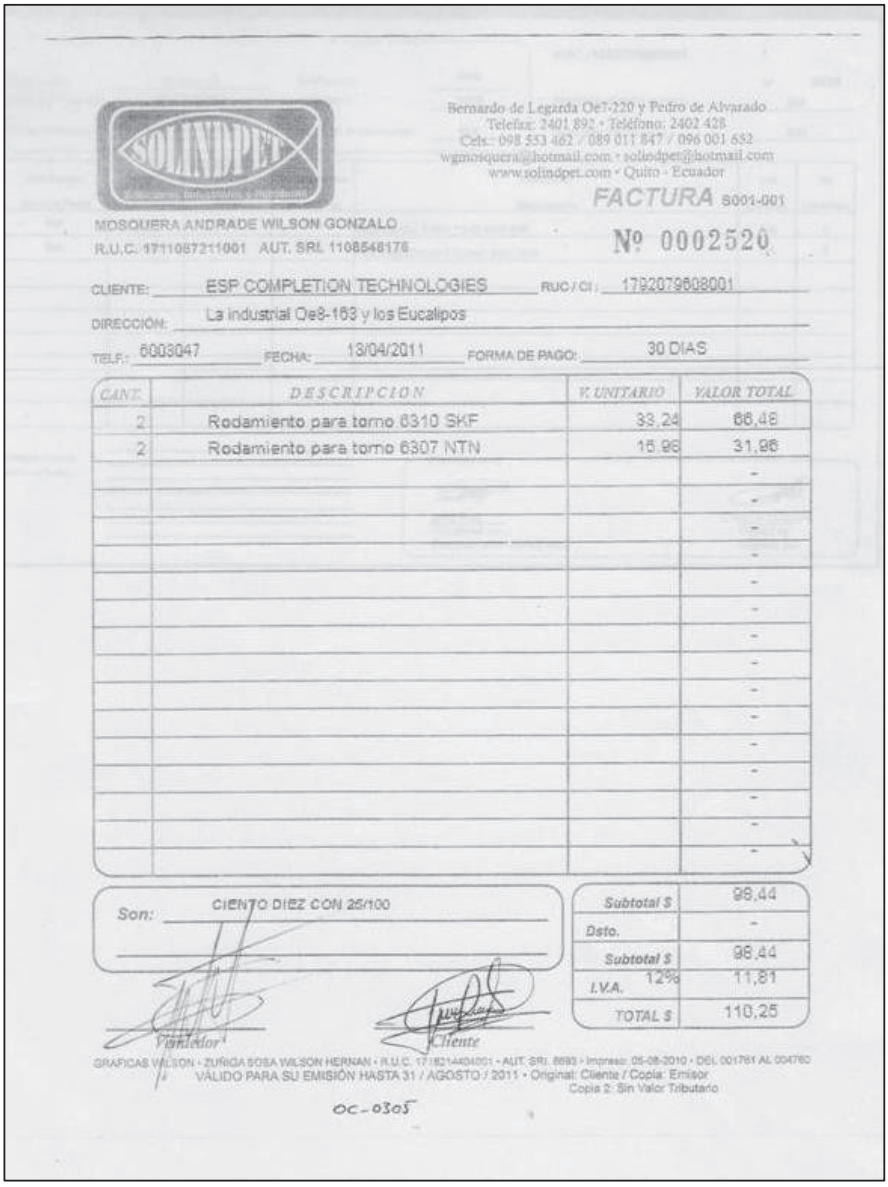
Distribuidor exclusivo para Ecuador

Akustiko
Hace silencio

Figura AVIII.12. Ficha técnica aislamiento acústico multipropósito. Página 2 de 2

ANEXO IX

COPIAS DE FACTURAS DE LA EMPRESA ESP COMPLETION TECHNOLOGIES S.A., CON RESPECTO A LA COMPRA DE ENGRANAJES Y RODAMIENTOS PARA MANTENIMIENTO EQUIPOS



SOLINDPET

Bernardo de Legarda Oe7-220 y Pedro de Alvarado
Telefax: 2401 892 • Teléfono: 2402 428
Cdes.: 098 553 462 / 089 011 847 / 096 001 652
wgmosquera@hotmail.com • solindpet@hotmail.com
www.solindpet.com • Quito - Ecuador

MOSQUERA ANDRADE WILSON GONZALO
R.U.C. 1711057211001 AUT. SRI. 1108548176

FACTURA 001-001
Nº 0002520

CLIENTE: ESP COMPLETION TECHNOLOGIES RUC / CI: 1792079608001
DIRECCIÓN: La industrial Oe8-163 y los Eucalipos
TELF.: 6003047 FECHA: 13/04/2011 FORMA DE PAGO: 30 DIAS

CANT.	DESCRIPCION	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
2	Rodamiento para torno 6310 SKF	33,24	66,48
2	Rodamiento para torno 6307 NTN	15,98	31,96
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-

Son: CIENTO DIEZ CON 25/100

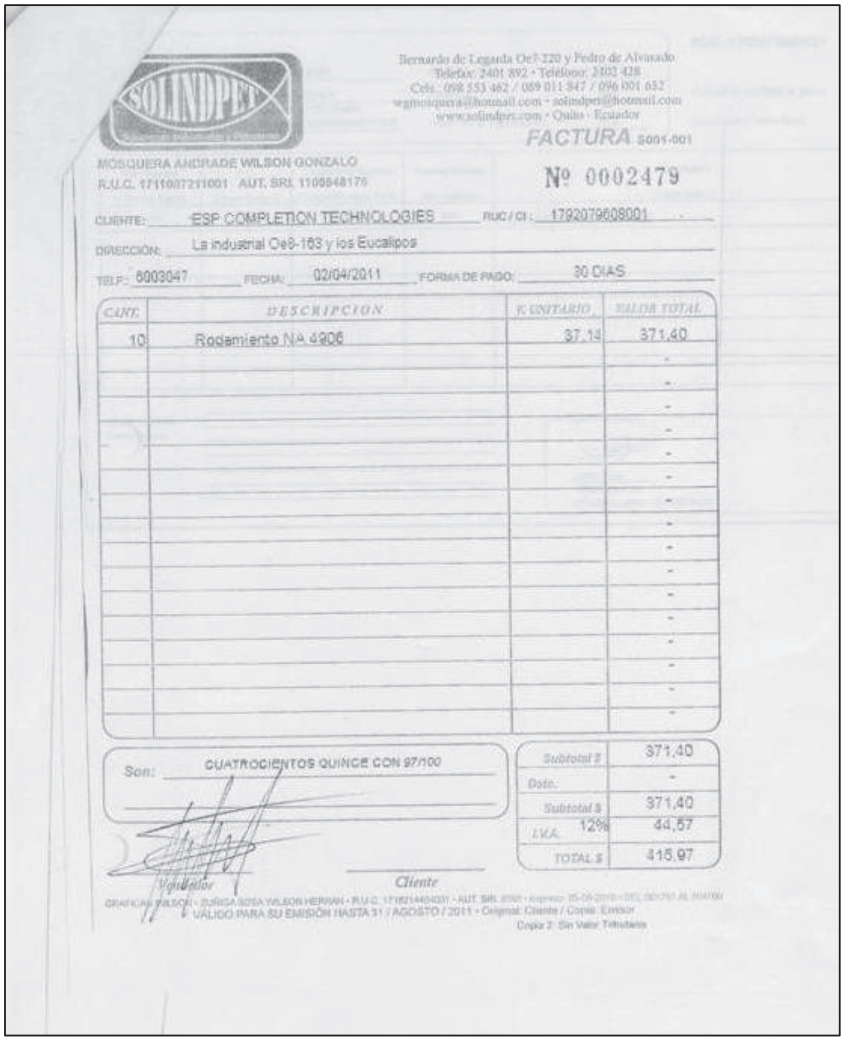
Subtotal $	98,44
Dsto.	-
Subtotal $	98,44
I.V.A. 12%	11,81
TOTAL $	110,25

Vendedor Cliente

GRAFICAS WILSON - ZUÑIGA SOSA WILSON HERNAN - R.U.C. 1718214404001 - AUT. SRI: 8693 - Imprenta: 05-08-2010 - DEL 001751 AL 004750
VÁLIDO PARA SU EMISIÓN HASTA 31 / AGOSTO / 2011 - Original: Cliente / Copia: Emisor
Copia 2: Sin Valor Tributario

OC-0305

Figura AIX.1. Copia de factura de compra de rodamientos torno 1



SOLINDPET

Bernardo de Legarda Oe7-220 y Pedro de Alvarado
Telefax: 2401 892 • Teléfono: 2402 428
Cels.: 098 553 462 / 089 011 847 / 096 001 652
wgmosquera@hotmail.com • solindpet@hotmail.com
www.solindpet.com • Quito - Ecuador

FACTURA S001-001

MOSQUERA ANDRADE WILSON GONZALO
R.U.C. 1711007211001 AUT. SRI. 1105548176

Nº 0002479

CLIENTE: ESP COMPLETION TECHNOLOGIES RUC / CI: 1792079608001

DIRECCIÓN: La industrial Oe8-163 y los Eucalipos

TELF.: 6003047 FECHA: 02/04/2011 FORMA DE PAGO: 30 DIAS

CANT.	DESCRIPCION	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
10	Rodamiento NA 4906	37,14	371,40
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-

Son: CUATROCIENTOS QUINCE CON 97/100

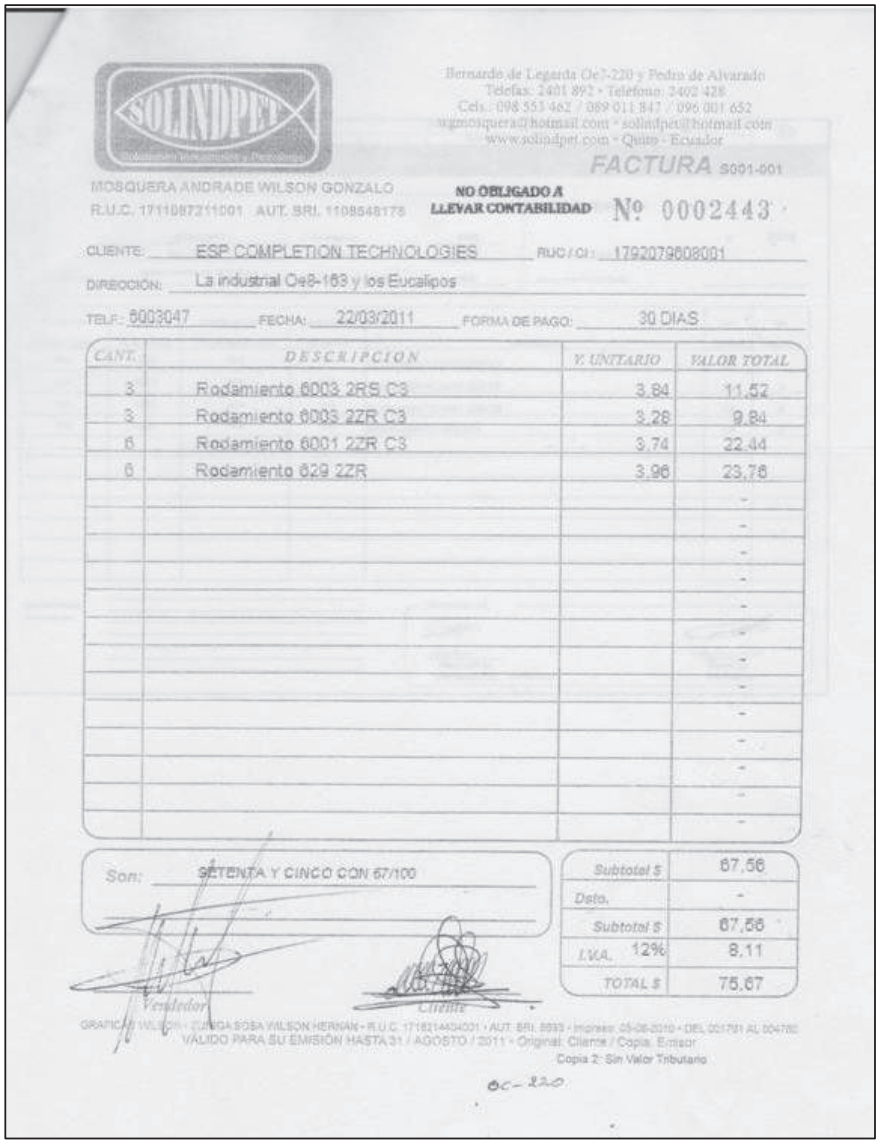
Subtotal $		371,40
Dcto.		-
Subtotal $		371,40
I.V.A.	12%	44,57
TOTAL $		415,97

Vendedor

Cliente

GRAFICAS WILSON - ZUÑIGA SOSA WILSON HERNAN - R.U.C. 1718214404001 - AUT. SRI. [illegible]
VÁLIDO PARA SU EMISIÓN HASTA 31 / AGOSTO / 2011 • Original: Cliente / Copia: Emisor
Copia 2: Sin Valor Tributario

Figura AIX.2. Copia de factura de compra de rodamientos torno 2



SOLINDPET

Bernardo de Legarda Oe7-220 y Pedro de Alvarado
Telefax: 2401 892 • Telefono: 2402 428
Cels.: 098 553 462 / 089 011 847 / 096 001 652
wgmosquera@hotmail.com • solindpet@hotmail.com
www.solindpet.com • Quito - Ecuador

MOSQUERA ANDRADE WILSON GONZALO
R.U.C. 1711087211001 AUT. SRI. 1108548178

NO OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

FACTURA S001-001 Nº 0002443

CLIENTE: ESP COMPLETION TECHNOLOGIES RUC / CI: 1792079608001
DIRECCIÓN: La industrial Oe8-163 y los Eucalipos
TELF: 6003047 FECHA: 22/03/2011 FORMA DE PAGO: 30 DIAS

CANT.	DESCRIPCION	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
3	Rodamiento 6003 2RS C3	3,84	11,52
3	Rodamiento 6003 2ZR C3	3,28	9,84
6	Rodamiento 6001 2ZR C3	3,74	22,44
6	Rodamiento 629 2ZR	3,96	23,76
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-

Son: SETENTA Y CINCO CON 67/100

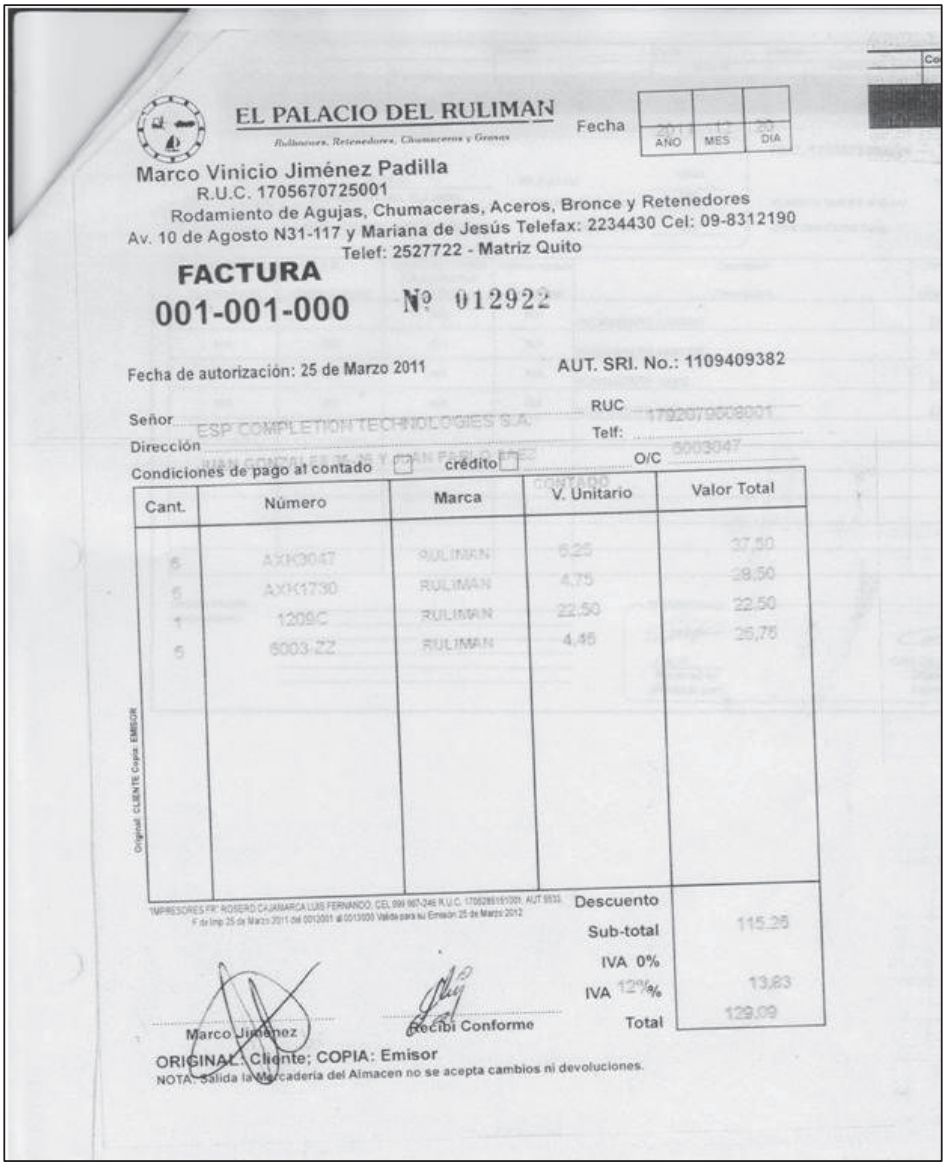
Subtotal $	67,56
Dsto.	-
Subtotal $	67,56
I.V.A. 12%	8,11
TOTAL $	75,67

Vendedor Cliente

GRAFICAS WILSON - CUNGA SOSA WILSON HERNAN • R.U.C. 1716214434001 • AUT. SRI. 8693 • Imprenta: 05-08-2010 • DEL 001701 AL 004700
VALIDO PARA SU EMISIÓN HASTA 31 / AGOSTO / 2011 • Original: Cliente / Copia: Emisor
Copia 2: Sin Valor Tributario

OC-220

Figura AIX.3. Copia de factura de compra de rodamientos torno 3



EL PALACIO DEL RULIMAN

Rulimanes, Retenedores, Chumaceras y Grasas

Fecha 2011 AÑO 12 MES 20 DIA

Marco Vinicio Jiménez Padilla
R.U.C. 1705670725001
Rodamiento de Agujas, Chumaceras, Aceros, Bronce y Retenedores
Av. 10 de Agosto N31-117 y Mariana de Jesús Telefax: 2234430 Cel: 09-8312190
Telef: 2527722 - Matriz Quito

FACTURA

001-001-000 Nº 012922

Fecha de autorización: 25 de Marzo 2011 AUT. SRI. No.: 1109409382

Señor ESP COMPLETION TECHNOLOGIES S.A. RUC 1792079008001
Dirección IVAN GONZALES 25-35 Y JUAN PABLO PEREZ Telf: 6003047
Condiciones de pago al contado ☐ crédito ☐ CONTADO O/C

Cant.	Número	Marca	V. Unitario	Valor Total
6	AXK3047	RULIMAN	6,25	37,50
6	AXK1730	RULIMAN	4,75	28,50
1	1209C	RULIMAN	22,50	22,50
6	6003-ZZ	RULIMAN	4,46	26,76

Original: CLIENTE Copia: EMISOR

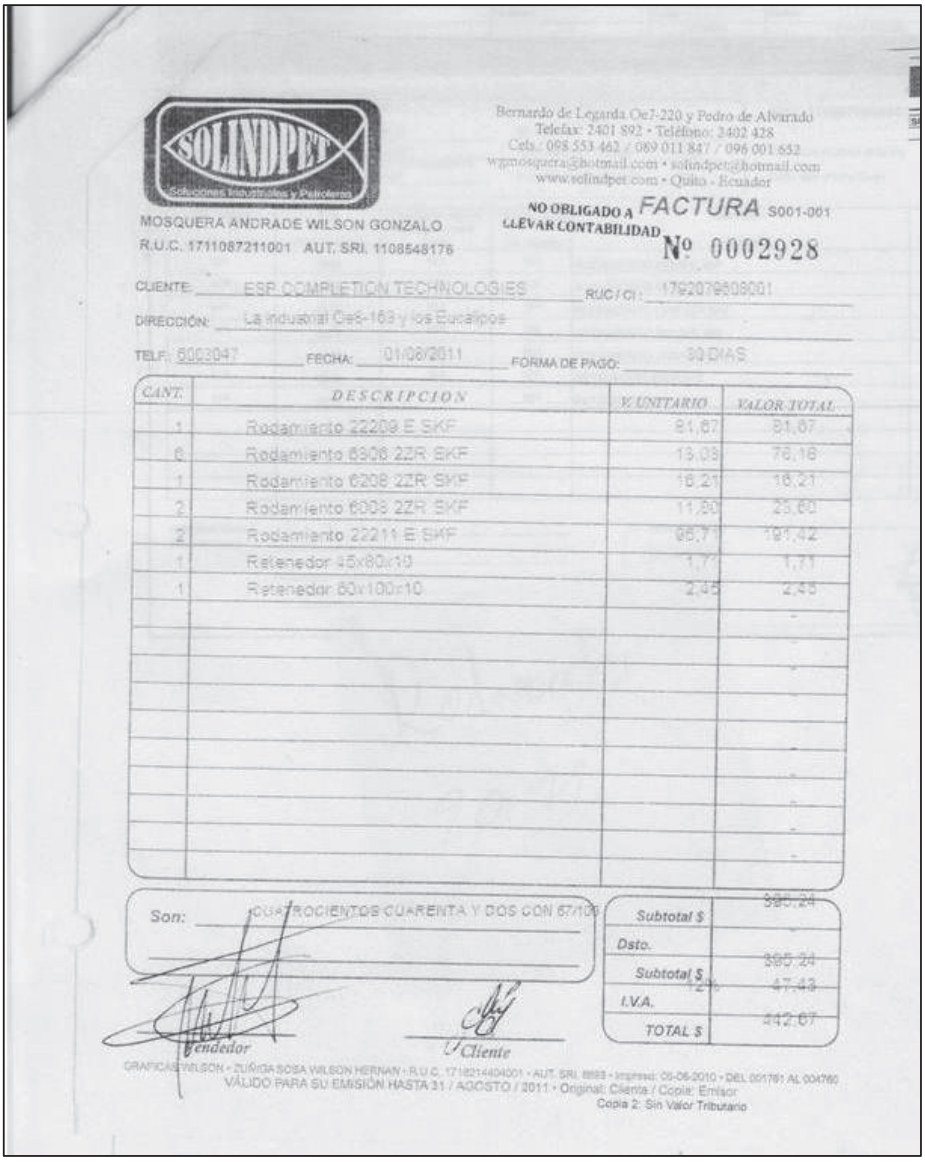
IMPRESORES FR: ROSERO CAJAMARCA LUIS FERNANDO, CEL 099 667-246 R.U.C. 1706286191001, AUT 9533
F de Imp 25 de Marzo 2011 del 001/001 al 001/000 Valida para su Emisión 25 de Marzo 2012

Descuento	
Sub-total	115,26
IVA 0%	
IVA 12%	13,83
Total	129,09

Marco Jiménez Recibí Conforme

ORIGINAL: Cliente; COPIA: Emisor
NOTA: Salida la Mercadería del Almacen no se acepta cambios ni devoluciones.

Figura AIX.4. Copia de factura de compra de rodamientos 3



SOLINDPET
Soluciones Industriales y Petroleras

Bernardo de Legarda Oe7-220 y Pedro de Alvarado
Telefax: 2401 892 • Teléfono: 2402 428
Cels.: 098 553 462 / 089 011 847 / 096 001 652
wgmosquera@hotmail.com • solindpet@hotmail.com
www.solindpet.com • Quito - Ecuador

MOSQUERA ANDRADE WILSON GONZALO
R.U.C. 1711087211001 AUT. SRI. 1108548176

NO OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

FACTURA S001-001
Nº 0002928

CLIENTE: ESP COMPLETION TECHNOLOGIES RUC / CI: 1792079608001
DIRECCIÓN: La Industrial Oe6-163 y los Eucaliptos
TELF: 6003047 FECHA: 01/08/2011 FORMA DE PAGO: 30 DIAS

CANT.	DESCRIPCION	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Rodamiento 22209 E SKF	81,67	81,67
6	Rodamiento 6908 2ZR SKF	13,03	78,18
1	Rodamiento 6208 2ZR SKF	16,21	16,21
2	Rodamiento 6008 2ZR SKF	11,80	23,60
2	Rodamiento 22211 E SKF	95,71	191,42
1	Retenedor 45x80x10	1,71	1,71
1	Retenedor 80x100x10	2,45	2,45

Son: CUATROCIENTOS CUARENTA Y DOS CON 67/100

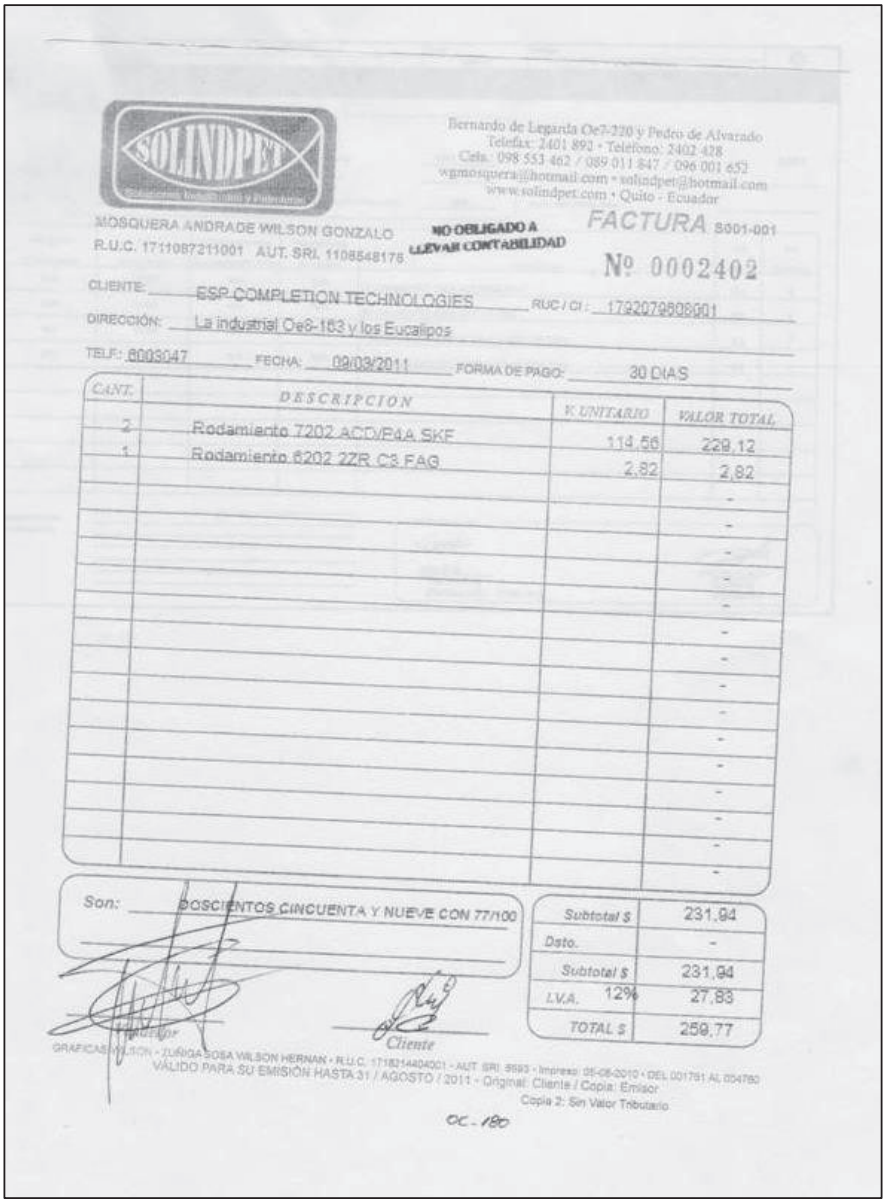
Subtotal $	395,24
Dsto.	-
Subtotal $	395,24
I.V.A. 12%	47,43
TOTAL $	442,67

Vendedor

Cliente

GRAFICAS WILSON - ZUÑIGA SOSA WILSON HERNAN - R.U.C. 1716214404001 - AUT. SRI. 8993 - Imprimió: 05-06-2010 - DEL 001781 AL 004760
VÁLIDO PARA SU EMISIÓN HASTA 31 / AGOSTO / 2011 - Original: Cliente / Copia: Emisor
Copia 2: Sin Valor Tributario

Figura AIX.5. Copia de factura de compra de rodamientos torno 4



SOLINDPET

Bernardo de Legarda Oe3-220 y Pedro de Alvarado
Telefax: 2401 893 • Telefono: 2402 428
Cels.: 098 553 462 / 089 011 847 / 096 001 652
wgmosquera@hotmail.com • solindpet@hotmail.com
www.solindpet.com • Quito - Ecuador

MOSQUERA ANDRADE WILSON GONZALO
R.U.C. 1711087211001 AUT. SRI. 1108548175

NO OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

FACTURA 5001-001
Nº 0002402

CLIENTE: ESP COMPLETION TECHNOLOGIES RUC / CI: 1792079808001
DIRECCIÓN: La industrial Oe6-163 y los Eucalipos
TELF.: 8003047 FECHA: 09/03/2011 FORMA DE PAGO: 30 DIAS

CANT.	DESCRIPCION	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
2	Rodamiento 7202 ACD/P4A SKF	114,56	229,12
1	Rodamiento 6202 2ZR C3 FAG	2,82	2,82
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-
			-

Son: DOSCIENTOS CINCUENTA Y NUEVE CON 77/100

Subtotal $	231,94
Dsto.	-
Subtotal $	231,94
I.V.A. 12%	27,83
TOTAL $	259,77

Cliente

GRAFICAS ILUSION - ZUÑIGA SOSA WILSON HERNAN • R.U.C. 1716214404001 - AUT. SRI: 9593 • Impreso: 05-08-2010 • DEL 001791 AL 004780
VÁLIDO PARA SU EMISIÓN HASTA 31 / AGOSTO / 2011 - Original: Cliente / Copia: Emisor
Copia 2: Sin Valor Tributario

OC - 180

Figura AIX.6. Copia de factura de compra de rodamientos torno 5