

Nos me falaram do que aconteceu FORMA DE PARTICIPACIÓN

Título del Trabajo: Evaluación de la acústica en un ambiente construido, mapeamiento y estimativa del ruido en el sector de estamparía de una industria metalúrgica del polo industrial de Manaus, Brasil.

Nombre y Apellidos: **Ítalo Jorge Tavares Jimenez**

Grado Académico o Científico: Máster en Ing. de Procesos. País: Brasil..

Organización: ITEGAM , BRASIL. E-mail: italojimenez@hotmail.com

Nombre y Apellidos: **Tereza Felipe Rodrigues.**

Grado Académico o Científico: En Turismo

Organización: ITEGAM , BRASIL. E-mail: felipetereza4050@hotmail.com

Nombre y Apellidos: **Iván Rodríguez Rico.**

Grado Académico o Científico: Profesor titular, Dr. Ciencias Técnicas. País: Cuba.

Organización: FQF – UCLV . E-mail: ivanl@uclv.edu.cu

Nombre y Apellidos: **Jandecy Cabral Leite**

Grado Académico o Científico: Máster en Ing. de Producción País: Brasil.

Organización: ITEGAM. E-mail: jandecycabral@hotmail.com

Nombre y Apellidos: **José Antônio Coutinho Bezerra**

Grado Académico o Científico: Ing. Ambiental. País: Brasil.

Organización: ITEGAM.

E-mail:

La presentación del trabajo será en: ___ Conferencia Plenaria Ponencia Oral Póster

Presentaré trabajo en: ___ Agenda 21 Local y Educación Ambiental ___ Desarrollo Sostenible
X Energía, Recursos y Medio Ambiente.

Resumen

En este trabajo se expone los resultados del estudio de la problemática acústica de una industria metal mecánica del polo industrial de Manaus, Brasil. Se analizaron aspectos relacionados con el ambiente industrial tales como los aspectos constructivos, y las maquinarias en el área de conformado (estamparía). Se realizó un mapeo de toda el área de interés y se seleccionaron los puntos de medición de ruido, en tres horarios diferentes, mañana, tarde y noche. Los resultados del análisis estadístico usando el software statgraphics demuestran que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de ruido alcanzados entre los diferentes turnos de trabajo, con valores que sobrepasan los niveles permitidos por la normativa brasileira. El estudio consideró determinar cuáles eran las áreas de mayor afectación comprobándose con las mediciones y los resultados estadísticos, que no existen diferencias entre los valores medios de ruido entre las diferentes áreas internas del proceso. Se proponen a la empresa medidas de intervención para disminuir los niveles de presión sonora (NPS) emitidos por la maquinaria para el ambiente, garantizando mejor calidad de vida para los trabajadores durante la jornada de trabajo industrial.

(*Esta información es solo para el comité Organizador)

El Comité Organizador se reserva el derecho de aceptar o no las ponencias a exponer y no se compromete en garantizar la publicación de los trabajos recibidos fuera de la fecha límite.

NORMAS DE PRESENTACIÓN DE LOS TRABAJOS

Los trabajos deben entregarse en ficheros compatibles con formato de documento abierto, escrito en tipografía Arial, a 11 puntos, a un espacio de interlineado, tamaño carta (8 ½ x 11 ó 21.59 cm. X 27.94 cm.) y márgenes de 2,5 cm. Por cada lado. Utilizando esta plantilla. Extensión de los trabajos: un máximo de 8 a 10 cuartillas

INTRODUCCIÓN

El ambiente industrial propicia diversos problemas relacionados con la acústica debido a su construcción. Relacionado con el aspecto de confort, los proyectos arquitectónicos atribuyen mayor importancia a los aspectos térmicos, ergonómicos y de iluminación, en detrimento en muchos casos, de los aspectos relacionados al tratamiento acústico. Para controlar la exposición a los elevados niveles de presión sonora (NPS), se usan tradicionalmente equipamientos de prevención individual, que funcionan como paliativos, de modo que hay pocas intervenciones en las fuentes de emisión de ruido (maquinarias) y mínima o ninguna preocupación con el ambiente construido, lo que justifica la relevancia de estudios sobre la propagación del sonido en ambientes internos, visto que la maquinaria, mayor fuente de ruido, es también una pieza fundamental de la productividad fabril. La búsqueda de soluciones a problemas relacionados con el confort de edificios industriales es una preocupación cada vez mayor en Brasil.

La discusión sobre el control del ruido ocupacional aborda también factores que pueden tener responsabilidad en el agravamiento de las condiciones reales, tales como la utilización de materiales constructivos inadecuados para la absorción sonora y la falta de directrices de confort acústico que dificulta el control de los NPS en el ambiente.

Para la mejor caracterización y propuestas eficaces para la solución del ruido industrial se pretende crear una relación entre dos herramientas de evaluación del espacio físico: el proceso formal y sistemático de Evaluación de Post Ocupación-APO y el proceso de gerenciamiento del espacio físico buscando el escenario real de las condiciones ambientales por medio de un sistema de gerenciamiento que permite el detalle de las investigaciones.

Para la Asociación Brasileira de Normas Técnicas-ABNT (1987), el concepto de ruido es una mezcla de tonos cuyas frecuencias difieren entre sí, debido al valor inferior para la discriminación (en frecuencia) del oído.

Existe una clasificación según la variación de ruido de acuerdo con la norma ISO2204/1979, también la norma NBR 10152.

- Continuo-ruido con variaciones de niveles despreciables (hasta $\pm 3\text{dB}$) durante el periodo de observación.
- Intermitente-ruido cuyo nivel varía continuamente de un valor apreciable (superior $\pm 3\text{dB}$) durante el periodo de observación.
- Ruido de impacto o impulso –aquel que se presenta en picos de energía acústica de duración inferior a un segundo. La forma de onda de este tipo de ruido es frecuentemente descrita por amplitud y duración, de modo que la amplitud es medida en

el pico máximo y la duración es el tiempo que la onda demora en caer 20 dB de su nivel normal.

Egan (1988) asevera que las principales reacciones y comportamiento de la onda son: la transmisión, la absorción, la reflexión y la difracción. Estas reacciones dependen de las características del material obstáculo de incidencia de la onda esférica, conforme la Figura 1.

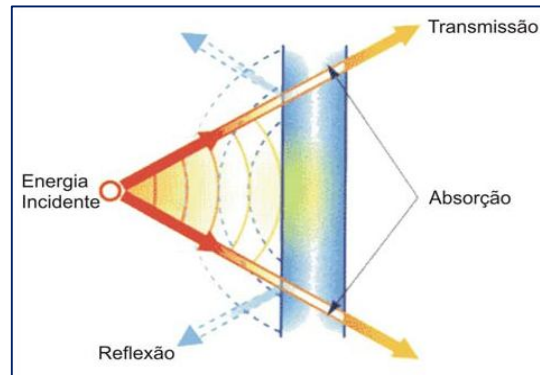


Figura 1 – Esquema del comportamiento de la incidencia de la onda
Fuente: GONÇALVES (2003)

Ruido industrial

La cuestión del ruido en el sector industrial está relacionada directamente a la utilización de maquinas que son herramientas de producción, Nepomuceno (1977) describe el origen del ruido industrial como las vibraciones de los equipamientos en operación, que excitan diversas partes del propio equipamiento o de partes a ellas ligadas.

Para la caracterización de la condición acústica de un ambiente a ser estudiado, es necesario entender que la arquitectura y el sonido son inseparables, ya que el espacio de por sí ya presenta determinada sonoridad.

Nepomuceno (1977) asevera que el ruido industrial es originario de las máquinas que operan en la industria y por supuesto, proviene de las vibraciones de cuerpos, superficies y de máquinas, siendo éstas provocadas por el movimiento de las partes móviles de las máquinas, utensilios y de cualquier objeto que sea excitado por tales vibraciones.

De acuerdo con De Marco (1982) la simple existencia de encerramiento de un recinto, da origen a los sonidos reflectivos e implica el surgimiento de la intensidad reverberante. Desde el punto de vista acústico, será siempre deseable la ocurrencia de ambientes con baja transmisión acústica y reverberación. Los puntos básicos s ser considerados sobre tal aspecto refiéranse a las características acústicas del os materiales de construcción.

Silva et al. (2007) se refieren a la representación de los datos en un mapa acústico de una determinada área que permite visualizar las áreas críticas de un ambiente, determinando los puntos prioritarios para la intervención, caracterizando todo el espacio físico según los niveles sonoros.

El Consejo Nacional de Medio Ambiente (CONAMA), dentro de las resoluciones se enfocan al ruido (Resolución n° 001 de 08 de marzo de 1990), establece que la emisión de sonidos y ruidos de cualquier actividad industrial comercial, social y recreativa, inclusive de las propagandas. Deberá obedecer, lo que dice respecto a los intereses de salud, seguridad y tranquilidad pública, a los patrones del ambiente exterior del recinto, o sea, el sonido producido en el interior del edificio no puede interferir en lo cotidiano externo.

La NBR 10.152 establece los niveles de ruido para el confort acústico en ambientes diversos (ABNT, 1987).

La organización mundial de la Salud-OMS establece 55 dB como nivel máximo de ruido para actividades que necesiten de concentración, y define que por encima de 75 dB comienza a ocurrir el desconfort acústico, o sea para cualquier situación o actividad, el ruido pasa a ser un agente de incomodidad.

La Norma Regulatoria-NR-15 da Portaria 3.214/78 del Ministerio del Trabajo y la NHO-1 (FUNDACENTRO, 2001) utilizan el criterio según el cual un individuo expuesto al ruido diariamente en su jornada de trabajo de 8 horas no debe ultrapasar el NPS de 85 dB.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar los niveles de ruido en la maquinaria y en el medio ambiente (sector de estampería) de una industria metalúrgica, diagnosticar los problemas del ambiente construido e identificar las áreas con mayores NPS.

MATERIAIS E MÉTODOS

El método seguido para obtener los datos en el sector de estampería fueron:

Levantamiento de los aspectos físicos:

Se desarrollo a través de registro fotográfico, mediciones in situ, cuantificación del área ocupada por material, relación de aspectos físicos de la línea de producción .

*Composición externa: El edificio se caracteriza por la diversidad de materiales constructivos. La parte frontal, fondo y laterales del edificio industrial fue construido de concreto y placas de zinc, según la Figura 2



Figura 2 – Placas zincadas y paredes de concreto

Detalles de los materiales:

1 → Planchas de zinc 2 → Paredes de mampostería (bloques de concreto)

*Composición interna: La composición interna del edificio industrial no difiere de las características externas en cuanto a coeficiente de absorción por tener el metal como material predominante, tanto en la estructura del edificio como en la cubierta y en toda la maquinaria de producción, Figura 3



Figura 3 – Estructuras metálicas y cubierta con pantallas de zinc y policarbonato

Detalles de los materiales:

1 → Planchas zincadas 2 → Paredes de mampostería (bloques de concreto)

Materiales:

- Planchas zincadas; paredes de mampostería (bloques de concreto); estructura metálica; elementos metálicos.

Levantamiento de los Niveles de Presión Sonora – NPS: Se utilizó la metodología de GERGES (1992) y NHO1 (FUNDACENTRO, 2001), con un decibelímetro de la Marca INSTRUTHERM Modelo Ñ DEC-416, calibrado con el INSTRUTHERM CAL 1000, para hacer lecturas instantáneas y tomar mediciones en los cuatro lados de cada máquina, conforme la Figura 4.

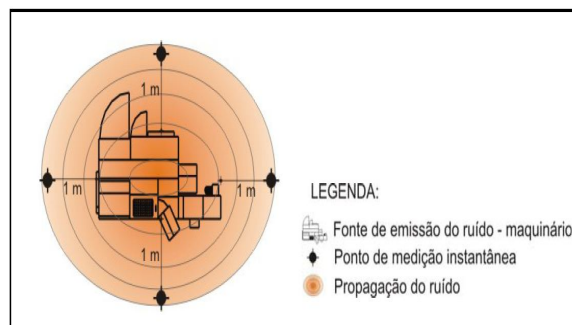
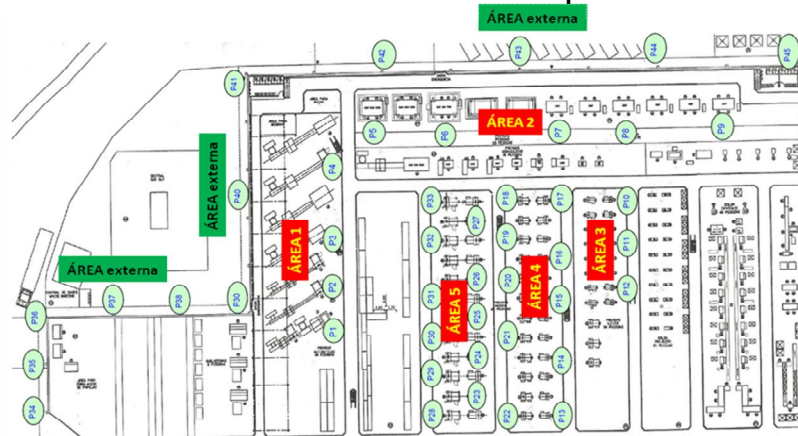


Figura 4–Mediciones instantáneas de ruido

Se mapearon 45 fuentes (Diseño 1) y se realizaron 180 mediciones ejecutadas en tres horarios diferentes: 9:30h, 15:30 y 20:30 h. Esa etapa determinó las principales fuentes de emisión de NPS dentro de la línea de producción y la verificación de cuál es el horario con mayor ruido.



Diseño 1 – Sector de Estamparía - Mapa de las fuentes.

Análisis estadístico de los datos.

Donde:

Muestra 1: MED 1	Mediciones a las 9:30 con las máquinas funcionando
Muestra 2: MED 1 Não	Mediciones a las 9:30 con las máquinas no funcionando
Muestra 3: MED 2	Mediciones a las 15:30 con las máquinas funcionando
Muestra 4: MED 2 Não	Mediciones a las 15:30 con las máquinas no funcionando
Muestra 5: MED 3	Mediciones a las 20:30 con las máquinas funcionando
Muestra 6: MED 3 Não	Mediciones a las 20:30 con las máquinas no funcionando

Se utilizó el software Statgraphics Plus v 5.1 en Español para el análisis de los datos de mediciones de ruido realizadas en el proceso de producción, en tres horarios de trabajo diferentes y con condiciones de funcionamiento o no de las máquinas. Se usó la opción de comparación de muestras de datos múltiples y se obtuvieron opciones numéricas y gráficas.

Se dividió el proceso en 5 áreas de trabajo, A1 hasta A5 y se compararon los niveles de ruido entre las áreas para un mismo horario y para diferentes horarios de trabajo.

Donde:

- Área 1: p1-p4
- Área 2: p5-p9
- Área 3: p10-p12
- Área 4: p17-p22
- Área 5: p23-p33
- Área Ext.: p34-p45

RESULTADOS. DISCUSIÓN

Como las máquinas prensas presentaron NPS en un rango de 85,3 - 94,1 dB fueron identificadas como prioritarias debido a que el motor eléctrico está acoplado directamente al cuerpo metálico de la máquina, que al vibrar causa resonancia agravando más el ruido generado inicialmente por el motor, conforme, la Figura 5. Esa condición se repite en diversas máquinas dentro de la línea de producción.



Figura 5 – Vista parcial de los motores y general del cuerpo metálico de las prensas

Las prensas presentaron un NPS en un rango entre 88,2 – 89,1 dB, a pesar de no tener uso continuo. Cuando están funcionando, generan un alto NPS debido principalmente al ruido de impacto y, por ser una maquinaria antigua, vibra y transmite esta vibración para el piso y equipamientos adyacentes.

Un aspecto observado fue la imposibilidad de aislamiento total de los motores de las prensas debido a su composición física y a la interferencia en la operacionalidad de la producción, lo que agrava mucho más las condiciones acústicas del ambiente como un todo.

A pesar de que todas las prensas poseen amortiguadores de vibración, algunos de estos precisan ser cambiados por no ser funcionales en la operación, conforme se observa en la Figura 6.



Figura 6 – Amortiguador de vibración con baja eficiencia

Los picos (puntas) de aire comprimido usados para la limpieza de los tableros metálicos tanto de las piezas como los de los trabajadores tienen un tiempo de uso muy variable, que puede ser utilizado muchas veces durante la jornada de trabajo, presentan un NPS cercanos a los 110 dB en el momento de su utilización. En ciertos puntos este es utilizado en forma continua, véase Figura 7.



Figura 7 – Pico de aire sin punta adecuada

Fue observado que los carros de transporte de piezas, cajas de almacenamiento y mesas de apoyo al proceso, no poseen forros en su interior.



Figura 8 – Cajas de almacenamiento sin forros.

Análisis estadístico.

Como puede observarse en la figura 9 y en la tabla 1, existen diferencias significativamente grandes entre los niveles de ruido medidos en el proceso cuando están funcionando o no las máquinas, para cualquier horario de trabajo (pares de columnas de valores, MED 1-MED 1 Não; MED 2-MED 2 Não; MED 3-MED 3 Não).

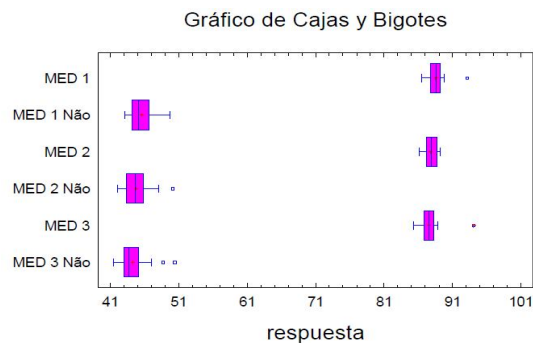


Figura 9 Niveles de ruido medidos en el proceso cuando están funcionando las máquinas o no, para diferentes horarios de trabajo

Los tests de filas multiples, los intervalos LSD (Least significant Differences), se utilizan para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de las otras.

Contraste Múltiple de Rango			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
	Frec.	Media	Grupos homogéneos
MED 3 Não	33	44,2697	X
MED 2 Não	33	44,7606	X
MED 1 Não	33	45,5727	X
MED 3	33	87,5485	X
MED 2	33	87,8212	XX
MED 1	33	88,5242	XX
Contraste		Diferencias	+/- Limites
MED 1 - MED 1 Não		*42,9515	0,765346
MED 1 - MED 2		0,70303	0,765346
MED 1 - MED 2 Não		*43,7636	0,765346
MED 1 - MED 3		*0,975798	0,765346
MED 1 - MED 3 Não		*44,2545	0,765346
MED 1 Não - MED 2		*-42,2485	0,765346
MED 1 Não - MED 2 Não		*0,812121	0,765346
MED 1 Não - MED 3		*-41,9758	0,765346
MED 1 Não - MED 3 Não		*1,30303	0,765346
MED 2 - MED 2 Não		*43,0606	0,765346
MED 2 - MED 3		0,272727	0,765346
MED 2 - MED 3 Não		*43,5515	0,765346
MED 2 Não - MED 3		*-42,7879	0,765346
MED 2 Não - MED 3 Não		0,490909	0,765346
MED 3 - MED 3 Não		*43,2788	0,765346

* indica una diferencia significativa.

Tabla 1 Tests de Filas Múltiples

El asterisco que se encuentra al lado de los 12 pares, Tabla 1, indica que estos muestran diferencias significativas a un nivel de confianza de 95,0 %. En la parte superior de la tabla se identifican 4 grupos homogéneos según el alineamiento del signo X en la columna. Dentro de cada columna, los niveles que tiene signo X forman un grupo de medias entre las cuales no hay diferencias estadísticamente significativas. Las diferencias entre los niveles de ruido, para las máquinas funcionando no son estadísticamente significativas entre las mediciones de la mañana y la tarde (MED 1-MED 2) y entre la tarde y la noche (MED 2-MED 3). O sea, los niveles medios de ruido a cualquier hora están alrededor de los 88 dB, los cuales son altos según la Norma NR-15.

La comparación de dos muestras a un mismo horario de trabajo con las máquinas funcionando o no (Ejemplo MED1-MED1 Não) es reflejado en la Tabla 2:

Mostra 1: MED 1

Mostra 2: MED 1 Não

Contraste Múltiple de Rango			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
	Frec.	Media	Grupos homogéneos
MED 1 Não	33	45,5727	X
MED 1	33	88,5242	X
Contraste		Diferencias	+/- Limites
MED 1 - MED 1 Não		*42,9515	0,73583

* indica una diferencia significativa.

Tabla 2. Mediciones de ruido a una misma hora con las máquinas funcionando o no funcionando

Según el asterisco al lado de los pares, existen diferencias estadísticamente significativas grandes entre los niveles medios de ruido que se alcanzan en el horario de la mañana cuando las máquinas están funcionando o no.

Comparación entre las áreas de trabajo para un mismo horario de trabajo con las máquinas funcionando.

Para el mismo horario de la mañana (MED 1), los valores de ruido están por encima del a norma NR-15 en todas las áreas de trabajo y los valores mínimos medidos también sobrepasan el valor de 85 dB. No hay diferencias diferencias significativas entre las áreas de trabajo en el horario de la mañana, observe la Figura 10 y la Tabla 3.

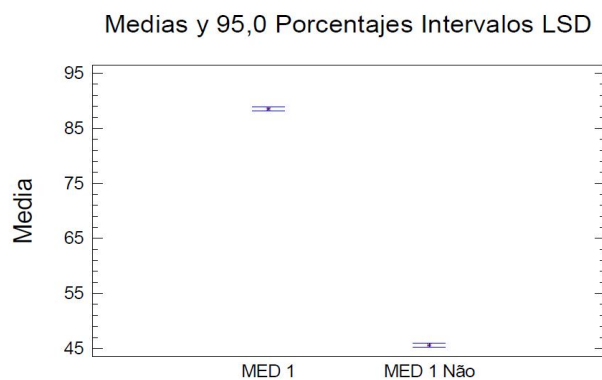


Figure 10. Mediciones de ruido para diferentes áreas en un mismo horario de trabajo con las máquinas funcionando

Resumen Estadístico					
	Frecuencia	Media	Varianza	Desviación típica	Mínimo
Area 1M1	4	88,725	2,86917	1,69386	86,7
Area 2M1	5	88,82	2,357	1,53525	87,6
Area 3M1	3	88,2667	10,2933	3,20832	85,2
Area 4M1	6	89,1667	2,82667	1,68127	87,3
Area 5M1	11	88,3091	0,560909	0,748939	87,2
Total	29	88,6276	2,2085	1,4861	85,2
	Máximo	Rango	Asimetría típ.	Curtosis tipificada	
Area 1M1	90,7	4,0	-0,0621196	-0,185936	
Area 2M1	91,3	3,7	1,27327	0,605122	
Area 3M1	91,6	6,4	0,26265		
Area 4M1	91,5	4,2	0,223867	-0,683066	
Area 5M1	89,8	2,6	0,672859	0,202606	
Total	91,6	6,4	0,737913	0,30049	

Tabla 3. Niveles de ruido en las diferentes áreas de trabajo para las mediciones realizadas en el mismo horario.

De igual forma la comparación de los niveles de ruido dentro de una misma área de trabajo para diferentes horarios demostró que no existen diferencias significativas. Observe la Tabla 4 que refleja este comportamiento para el área 3.

Contraste Múltiple de Rango			
Método: 95,0 porcentaje LSD			
	Frec.	Media	Grupos homogéneos
Area3 M3	3	87,5333	X
Area3 M2	3	88,0667	X
Area 3M1	3	88,2667	X
Contraste		Diferencias	+/- Límites
Area 3M1 - Area3 M2		0,2	3,98246
Area 3M1 - Area3 M3		0,733333	3,98246
Area3 M2 - Area3 M3		0,533333	3,98246

* indica una diferencia significativa.

Tabela 4. Niveles de ruido en área de trabajo 3 para mediciones realizadas en distintos horarios de trabajo.

Mediciones externas de ruido en el proceso.

Se compararon los niveles de ruido exteriores con las máquinas funcionando y en los tres horarios.

Resumen Estadístico					
	Frecuencia	Media	Varianza	Desviación típica	Mínimo
Ext MED1	7	82,5714	42,3557	6,50813	68,7
Ext MED2	7	84,0143	8,5681	2,92713	78,6
Ext MED3	7	73,3143	28,8014	5,3667	66,8
Total	21	79,9667	47,5153	6,89314	66,8
	Máximo	Rango	Asimetría tipi.	Curtois tipificada	
Ext MED1	88,2	19,5	-2,1799	2,48351	
Ext MED2	87,2	8,6	-1,2013	0,503909	
Ext MED3	79,8	13,0	-0,0494558	-1,19699	
Total	88,2	21,4	-1,52957	-0,586752	

Tabla 5. Mediciones externas de ruido

Como refleja la tabla 5, existen diferencias significativas de los niveles de ruido externos entre los horarios de la mañana y la noche (MED1-MED 3) y entre los de la tarde y noche (MED2-MED 3), influenciados por los niveles de ruido internos. Entre los horarios de la mañana y la tarde existen diferencias significativas pero mínimas (-1,44286).

Mediciones externas con y sin funcionamiento de las máquinas para horarios de trabajo diferentes.

Se muestran los resultados gráficos, en todos los casos existen marcadas diferencias significativas.

Resumen Estadístico					
	Frecuencia	Media	Varianza	Desviación típica	Mínimo
Ext MED1	7	82,5714	42,3557	6,50813	68,7
Ext MED1 Não	7	46,3571	4,83286	2,19838	43,1
Total	14	64,4643	374,869	19,3615	43,1
	Máximo	Rango	Asimetría tipi.	Curtois tipificada	
Ext MED1	88,2	19,5	-2,1799	2,48351	
Ext MED1 Não	50,2	7,1	0,566466	0,710728	
Total	88,2	45,1	0,186408	-1,65231	

Figure 11. Mediciones externas con funcionamiento o no de las máquinas en el interior

CONCLUSIONES

El ruido presente en el ambiente de trabajo estudiado está por encima del nivel permitido por las normas y exige por tanto, la adopción de medidas preventivas.

La relación entre el hombre y el ambiente involucra aspectos físicos y funcionales que contribuyen a una armonización simbiótica. En ambientes de tipo industrial, la calidad de vida es un aspecto fundamental e influye directamente en la productividad del individuo. De esta forma, el desempeño del ambiente desde el punto de vista funcional, debe contribuir para que las actividades sean desarrolladas con calidad y eficiencia.

No existen diferencias significativas entre los niveles medios de ruido medidos en diferentes áreas de trabajo y entre horarios de trabajo diferentes, con valores que sobrepasan las normas. El ruido medido en las áreas externas al proceso, está influenciado por el ambiente de trabajo en el interior del proceso analizado.

El confort acústico, objeto de este trabajo, es uno de los aspectos más importantes y relevantes en la calidad de vida de los usuarios, así como para la productividad industrial. Se concluye que las características arquitectónicas no contribuyen positivamente al confort acústico, las fuentes de ruido generan altos NPS que se agravan con el tiempo de reverberación elevado proveniente de las características físicas del ambiente. Por tanto es necesario el tratamiento acústico y aislamiento de algunos puntos críticos.

RECOMENDACIONES.

Se sugieren maneras de disminuir el ruido de las máquinas como por ejemplo, el aislamiento total o parcial de las fuentes de ruido. El control de ruido por aislamiento es una solución práctica y viable para la reducción del ruido de una maquinaria que ya está instalada y en funcionamiento, pero cada caso debe ser estudiado buscando la mejor alternativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10152 – **Níveis de ruído para conforto acústico**. São Paulo, 1987.
- DE MARCO, C. S. **Elementos de acústica arquitetônica**. São Paulo: Nobel, 1982.
- DO VALLE, C. E. **Qualidade Ambiental ISO 14000**. 4 ed. São Paulo: Editora: Senac, 2002.
- EGAN, M. D. **Architectural Acoustics**. Ed. MCGRAW-HILL: New York – EUA, 1988.
- GERGES, S. N. Y. **Ruído : fundamentos e controle**. Florianópolis: UFSC, 1992.
- GONÇALVES, C.G.O. **O ruído, as alterações auditivas e o trabalho**: estudo de casos em indústrias metalúrgicas de Piracicaba. Tese doutorado. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Faculdade de Ciências Médicas. Campinas – SP. 2003.
- NEPOMUCENO, L. X. **Acústica**. Edgard Blucher, São Paulo; 1977.
- NHO1 – **Normas de Higiene Ocupacional**. Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído. Procedimento Técnico. FUNDACENTRO, 2001.
- SILVA, A.A.; COSTA, E.A. da. **Avaliação da surdez ocupacional**. Revista da Associação de Medicina Brasileira. V. 44, N. 1. ISSN 0104-4230. 1998, p.65-68.
- SILVA, L. T.; RODRIGUES, D. S.; RAMOS, R. A. R.; MENDES, J. F. G. **Avaliação de zonas de criticidade acústica**. Instituto Geográfico Português. Disponível em: <http://www.igeo.pt> acessado em 15 jun. 2011.